

УДК 631.452

ОБЩИЕ ИТОГИ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОБЛЕМЫ ПЛОДОРОДИЯ ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ ПОЧВЫ (по данным 90-летнего опыта МСХА)

А. М. ЛЫКОВ, А. Ф. САФОНОВ, В. Д. ПОЛИН

90-летие длительного многофакторного стационара Тимирязевской академии дает прекрасный повод для очередного критического анализа проблемы плодородия пахотных почв, вообще, и дерново-подзолистых, в частности.

Исследования проблемы плодородия почв имеют длительную и поучительную историю, однако ее актуальность не только не снижается во времени, но, наоборот, становится все более острой и злободневной. В последнее десятилетие мощным толчком к системному исследованию проблемы плодородия стало становление новой трансдисциплинарной биологической науки «Экология», особенно утвердившейся в период «Экологического двадцатилетия» (1972-1992) [2, 4, 6-8, 12].

Длительные полевые эксперименты всегда привлекали исследователей, и это вполне понятно. Повторяемое в течение многих лет дози-

рованное агротехническое воздействие, изменяющиеся во времени погодные условия, динамичные технологические, экологические и экономические требования спрессовывают полученную информацию, изменяют ее качественно, позволяют отбросить второстепенные, незначительные детали и с большей достоверностью подойти к сущностной основе сложнейшего свойства почвы.

С учетом сегодняшних экологических, «надземледельческих» императивов, основываясь на концепции В. В. Докучаева о природных зонах, т. е. интегральном системном взаимодействии всех факторов продуктивности растений в условиях конкретного поля (местообитания), исследователи все чаще говорят об определенной ограниченности и условности понятия «плодородие почвы» и необходимости характеристики всего природного комплекса — о локальном взаимодействии факторов жизни растений на

определенном пространстве и в течение определенного времени, максимальном по эффективности для того или иного фитоценоза. Данное взаимодействие лучше всего понятно при системном биогеоценотическом анализе конкретного местообитания. Благодаря исследованиям В. Н. Сукачева [11], компоненты биогеоценозов определены достаточно четко, чего нельзя сказать, к сожалению, о количественных и качественных параметрах их взаимодействия [1—3].

При грамотном рассмотрении биогеоценотического метаболизма, по нашему мнению, следует исходить из факторного анализа, к счастью, достаточно разработанного и понятного. Все факторы жизни растений (космические и земные) присутствуют либо в почве, либо в метеорологических элементах, либо поступают в продукционный процесс через приемы интенсификации земледелия. Зеленые растения как компонент биогеоценоза ассимилируют эти факторы и создают органическое вещество урожая. Несмотря на чрезвычайную сложность процесса фотосинтеза, с технологической точки зрения можно сформулировать следующие принципы наукоемкого земледелия.

1. Космические факторы по существу не подлежат зем-

ледельческому управлению, к ним необходима абсолютная адаптация (приспособление), прежде всего через специализацию земледелия.

2. Факторы жизни растений, содержащиеся в почве, прежде чем поступить в растения подвергаются разнообразнейшим превращениям, биологическим и биокосным, протекающим исключительно на экосистемной, многоуровневой, общеэкологической основе.

3. Факторы жизни растений, поступающие в продукционную систему через приемы интенсификации земледелия, также вовлекаются в биогеоценотический метаболизм через экосистемные превращения.

Вся агробиогеоценотическая система настолько сложна, непрерывна и бесконечна, что говорить о плодородии только почвы можно весьма относительно, а сам этот термин требует к себе критического отношения. Несмотря на вышесказанное в практическом земледелии до настоящего времени по вполне понятным причинам простоты и эмпирического знания объективная сущность плодородия биогеоценозов (ландшафтов, местообитаний, рабочих полей) отождествляется исключительно с плодородием почвы. Такое положение, вполне приемлемое на начальных уровнях развития

агрономии, в настоящее время требует серьезного уточнения.

Вместе с тем, конечно, не следует преуменьшать роль того, что почва является узловым компонентом биогеоценозов, зеркалом ландшафта, фундаментом биосферы и в этой связи упрощенное понимание плодородия биогеоценозов, сведение его к плодородию почвы в практическом земледелии до поры до времени допустимо. Тем более, что в большинстве случаев лимитирующими урожай культур факторами оказываются те, которые имеют почвенное происхождение или действуют через почву.

Таким образом, даже самый общий анализ продукционного процесса в земледелии позволяет считать установившееся понятие «плодородие почвы» не реальной способностью почвы создавать урожай растений, а лишь потенциальной способностью участвовать в создании урожая в рамках метаболизма агробиогеоценоза.

В современном земледельческом понимании плодородие почвы — способность служить средой обитания культурных растений, источником и главным посредником в обеспечении растений водой и элементами почвенного питания, соответствовать совершенным ресурсосберегающим технологиям возде-

лывания полевых культур и быть устойчивой в отношении всех факторов деградации. Как категория экспериментальной агрономии плодородие — объективное, измеряемое, экспериментально воспроизводимое свойство почвы с конкретными количественными параметрами, различающимися в зависимости от естественных факторов почвообразования и производственной деятельности земледельца.

Одновременно плодородие — относительное свойство почвы, что проявляется в неодинаковых требованиях к нему различных полевых культур. Исходное положение для воспроизводства почвенного плодородия — технологическая модель плодородия, представляющая собой экспериментально установленное, теоретически обоснованное сочетание факторов плодородия почв, находящихся в тесной прямой положительной корреляции с величиной урожая при прочих равных условиях его получения (климат, растение, время, производственная деятельность человека). Естественнонаучная основа теории воспроизводства плодородия почвы — закон возврата — частное проявление всеобщего закона сохранения вещества и энергии.

Исходя из сказанного выше, изложим общие выводы,

полученные в 90-летнем полевом стационаре МСХА, методика проведения которого содержится в ряде работ [8, 9]. Важнейшим фактором воспроизводства органического вещества интенсивно используемой дерново-подзолистой почвы является культура растений. Растения — единственно реальный источник первичного органического вещества в системе почва — растение — человек. Большая часть органического вещества, созданного растениями, отчуждается с поля. В почву поступают корневые и пожнивные остатки. Кроме того, значительная часть урожая возвращается в поле с органическими удобрениями.

Зерновые культуры (озимая рожь, овес, ячмень) и лен по влиянию на гумусированность почвы можно условно объединить в одну группу растений, однако при возделывании озимой ржи в почву поступает заметно больше фитомассы, что способствует более значительному положительному изменению гумусового баланса. Подвижность органического вещества невысокая, преобладают гумусовые вещества, в молекулах которых велика доля алифатических структур. Под яровыми зерновыми и льном гумусовый баланс менее благоприятный, возрастает подвижность органическо-

го вещества почвы. Под картофелем — культурой интенсивного типа — воспроизводство органического вещества почвы идет значительно медленнее, гумусированность почвы заметно ниже не только в слое 0—20 см, но и в слое 20—40 см. Подвижность органического вещества почвы в этом случае возрастает. Коэффициенты цветности свидетельствуют о более сложном типе строения гумусовых веществ, их большей химической зрелости.

Чередование полевых культур в экспериментальном плодосменном севообороте с наличием чистого пара не является действенным положительным приемом: от регулирования гумусированности почвы. Процессы новообразования — разложения органического вещества почвы резко ускоряются, и в результате при общем повышении урожайности культур дефицит гумусового баланса может быть значительно больше, чем при выращивании бессменных культур.

Резюмируя материалы о количественных изменениях органического вещества в почвах длительного опыта, необходимо подчеркнуть полное соответствие данных, полученных в последние годы и в более ранних исследованиях [7, 8, 9]. Длительное возделывание однолетних по-

левых культур без внесения удобрений и при систематическом применении минеральных туков не обеспечивает бездефицитного баланса гумуса почвы. Ежегодное внесение навоза 10-20 т/га создает положительный баланс органического вещества почвы в слое 0~40 см.

В севообороте общая подвижность гумусовых веществ значительно выше, чем в бессменных посевах. Этот факт подтверждает тезис о значительно большей интенсивности процессов синтеза — разрушения органического вещества почвы в севообороте. Как правило, подвижность гумусовых веществ в слое 20~40 см выше, чем в слое 0—20 см.

Культурные растения при длительном возделывании в бессменных посевах и в севообороте поддерживают высокий уровень биологической активности почвы за счет непрерывного поступления корневых выделений и растительных остатков. Озимая рожь больше активизирует микробиологические и ферментативные процессы в почве, чем ячмень.

В почве севооборота больше численность микроорганизмов и активность полифенолоксидазы и пероксидазы, но по другим показателям биологической активности почва севооборота приближается или уступает бессмен-

ным посевам озимой ржи и ячменя.

Мощным фактором активизации биологических процессов в почве являются удобрения. Длительное их применение способствует повышению численности микроорганизмов и нитрификационной способности почвы. Более разностороннее влияние на биологическую активность почвы оказывают органические удобрения, которые, кроме указанных выше показателей биологической активности, повышают интенсивность дыхания почвы и активность некоторых ферментов. Самая высокая биологическая активность почвы отмечена в варианте совместного внесения минеральных и органических удобрений на фоне известкования. Известкование не только усиливает микробиологическую и ферментативную деятельность, но и приводит к качественным изменениям трансформационных процессов. Об этом свидетельствует уменьшение соотношения между количеством выделившейся углекислоты и количеством поглощенного кислорода.

Возрастающее применение в современном земледелии экономически наиболее эффективных тяжелых тракторов и сельскохозяйственных машин, новые технологичес-

кие принципы механической обработки почвы предъявляют и более высокие, чем прежде, требования к физическим свойствам почвы.

Оптимальное использование почвы потребует в ближайшее время не только всемерного улучшения ее физических свойств, но и прогнозирования этих свойств в условиях принятой системы земледелия, предвидения их изменений на перспективу.

Наши исследования касались главным образом физико-механических и технологических свойств почвы. Вместе с тем понимание динамики этих свойств в ряде случаев невозможно без знания гранулометрического и агрегатного состава почвы, плотности, строения пахотного слоя. Поэтому освещение результатов исследования этих свойств, важных самих по себе, предпосылается анализу физико-механических и технологических свойств почвы.

Исследования показывают, что длительное унавоживание почвы в длительном опыте ТСХА не привело к заметному изменению такой важной характеристики почвы, как гранулометрический состав. Последний для почвы длительного опыта отличается очень низким содержанием физической глины ($<0,01$ мм) и илистой фракции ($<0,001$ мм). Из механи-

ческих элементов в почве длительного опыта преобладают фракции песка (1,0 — 0,05 мм) и крупной пыли (0,05 — 0,01 мм); почвенная разновидность опытного участка — легкий песчано-пылеватый суглинок. Результаты анализов почвенных образцов, взятых с целинной межи, граничащей с опытным участком, также не свидетельствуют о заметном изменении гранулометрического состава почвы (отмечена лишь тенденция к повышению фракций физической глины и ила). Заметим, что содержание гумуса в целинной почве превышает содержание органического вещества в унавоживаемой почве. Кроме того, происхождение и характер гумусовых веществ этой почвы, обязанных многолетней травянистой растительности, несколько иные. Тем не менее общая картина гранулометрического состава аналогична таковому унавоживаемой почвы и в целом существенно не отличается от гранулометрического состава почвы других вариантов опыта. Сравнение наших данных с материалами, опубликованными С. И. Ильменевым (1938) и А. А. Шаймухаметовой (1963), показывает, что гранулометрический состав почвы длительного опыта ТСХА во времени не испытал достоверно установлен-

ных изменений, что свидетельствует о малом влиянии агротехнических приемов на гранулометрический состав почвы и позволяет считать его сугубо генетическим, качественным признаком почвы.

Обогащение дерново-подзолистой почвы органическим веществом способствует улучшению агрегатного состава почвы, повышению водпрочности макроструктуры. Более гумусированные почвы бессменной ржи и севооборотного поля имели более прочную структуру не только в слое 0—20 см, но и в слое 20-40 см. Коэффициент корреляции между содержанием в почве гумуса и наличием водопрочных макроагрегатов составил + 0,65.

Результаты микроагрегатного анализа показали, что микроагрегаты почвы бессменного пара и контрольного варианта бессменного картофеля не полностью водопрочны, о чем можно судить по величинам коэффициента дисперсности (по Н. А. Качинскому) и фактора структурности (по Фагелеру). В почве других вариантов, лучше обеспеченной органическим веществом, микроструктура находится полностью в водопрочном состоянии.

В интенсивном земледелии имеет значение не только водпрочность макро- и микроагрегатов, но и более полная

структурно-механическая характеристика (прежде всего микроагрегатов), их прочностные свойства. Вскрыть внутреннюю природу прочностных свойств микроагрегатов позволяют реологические исследования.

Установлено, что дерново-подзолистые почвы при влажности нижней границы текучести проявляют тиксотропно-дилатантные свойства. При увеличении влажности грубодисперсные частицы разрушают коагуляционно-тиксотропные структуры и наблюдается проявление псевдопластичности свойств. Внесение навоза ослабляет дилатантность системы и усиливает проявление коагуляционного структурообразования. Характер формирования структурных связей в почве под действием удобрений оказывает влияние на состояние ее микроструктуры и агрегированность.

Слабая оструктуренность дерново-подзолистой почвы длительного опыта ТСХА в значительной степени определила плотное сложение пахотного слоя почвы. Как показали исследования, с помощью механической обработки можно создать благоприятное строение пахотного слоя. Однако устойчивость его зависит от гумусированности почвы.

Так, низкогумусированная почва бессменного пара, несмотря на интенсивную обработку, отличается плотным сложением и большой плотностью. Исключительно важное значение органического вещества в поддержании благоприятного для возделывания растений строения почвы подтверждают результаты неоднократных определений плотности почвы межи. Как правило, ее равновесное значение соответствует оптимальной для развития растений плотности почвы.

Средние данные по четырем срокам определения плотности почвы показывают средней тесноты отрицательную связь этого показателя с содержанием в почве гумуса (коэффициент корреляции — 0,63). Величина равновесной плотности снижается по мере повышения гумусированности почвы; это положение имеет большое практическое значение при обработке почвы и создании условий, позволяющих переходить к системам оптимальной и минимальной обработки почвы.

Проведенные нами экспериментальные исследования показывают, что при одинаковой влажности и гранулометрическом составе почвы решающим фактором регулирования в широком интервале физико-механических и

технологических свойств пахотной дерново-подзолистой почвы является содержание в ней органического вещества. Земледельческие приемы, изменяя количественно режим и баланс органического вещества, оказывают тем самым влияние и на физико-механические и технологические свойства почвы.

Отдельные физико-механические и технологические свойства почвы находятся в постоянном взаимодействии между собой. Поэтому больше оснований говорить о совокупном проявлении названных свойств почвы. Последнее может быть оценено условно рассчитанным показателем — агрофизическим баллом почвы.

Поскольку физико-механические и технологические свойства почвы оказывают положительное влияние на рост растений и приемы обработки почвы только в определенном интервале их значений, то состояние, удовлетворительное или неудовлетворительное, следует воспринимать критически.

Средний балл физико-механических свойств легкосуглинистой дерново-подзолистой почвы длительного опыта ТСХА не достигает уровня хорошей оценки (80—100 баллов). По вариантам удобрений, обусловившим разную

гумусированность и окультуренность почвы, заметны существенные различия.

Применение навоза и навоза + NPK, обусловившее положительный баланс гумуса почвы, обеспечивает и лучшие физико-механические свойства почвы и соответственно наивысший агрофизический балл. Самый низкий балл (12,7) свойствен почве неудобренной деланки бесменного пара. Наиболее высокий балл отличает почву бесменной ржи. В севооборотном поле физико-механические свойства почвы и агрофизический балл несколько хуже, чем под бесменными рожью и картофелем.

Расчеты показали наличие прямой положительной корреляции между содержанием в почве гумуса и величиной агрофизического балла ($r = +0,81$). Уравнение прямой для определения агрофизического балла по гумусированности почвы имеет вид $y = 68,6x - 20,2$.

Таким образом, зависимость между содержанием в дерново-подзолистой интенсивно используемой почве органического вещества и ее физико-механическими и технологическими свойствами многосторонняя и имеет, как правило, строго определенное математическое выражение (в большинстве случа-

ев по типу уравнений линейной регрессии). Этот факт важен не только с точки зрения направленного улучшения физико-механических и технологических свойств почвы путем обогащения ее органическим веществом, но и дает возможность быстро и без выполнения дорогостоящих анализов определять состояние физико-механических свойств почвы, интервалы ее физической спелости расчетным путем. Последнее позволяет в лучшие агротехнические сроки и при высоком качестве осуществлять приемы механической обработки почвы. Кроме того, на основе прогнозирования физико-механических свойств почвы становится возможным рациональное агрегатирование почвообрабатывающих машин.

В длительном опыте ТСХА содержание подвижных форм фосфора и калия в пахотном слое под культурами ниже, чем в бесменном пару. Эти различия обусловлены потреблением фосфора и калия на создание урожая. Среди изучаемых культур наибольшее содержание фосфора отмечено под ячменем и картофелем по фону извести, наименьшее — под картофелем, калиелюбивой культурой. Значительное влияние на содержание фосфора в почве как в пару, так

и под бессменными культурами оказывает известкование. Однако содержание калия остается без заметных изменений. В посевах севооборота эти показатели мало различались в вариантах без известкования и с известкованием.

Изменение содержания изучаемых элементов питания в подпахотном слое почвы в основном обуславливается выращиваемой культурой. В севообороте подвижных форм фосфора и калия в слое 20-40 см меньше, чем в бессменных посевах.

Использование одних фосфорных и калийных удобрений и в сочетании с другими удобрениями ведет к увеличению содержания фосфора и калия в слое 0-40 см почвы. Самое большое количество фосфора накапливается в почве при совместном внесении фосфорных и калийных удобрений. Содержание калия во всех вариантах с внесением калийных удобрений было почти одинаковым.

Урожайность сельскохозяйственных культур во многом зависит от наличия в почве подвижных форм микроэлементов. В наших исследованиях обеспеченность растений цинком высокая, медью — низкая, марганцем — от средней до высокой, кобальтом — низкая.

Влияние культур на подвижность микроэлементов

было заметным. Наибольшее действие на их содержание оказывало известкование. В этом случае содержание цинка, меди, марганца уменьшалось, а кобальта не изменялось. Удобрения практически не влияли на содержание подвижных форм цинка, меди и кобальта. Подвижность марганца возрастала при внесении азотных удобрений вследствие их подкисляющего действия. В почве севооборота содержание цинка, меди, марганца было несколько ниже, чем под бессменными культурами, а кобальта — выше.

В условиях интенсивной химизации земледелия важное значение приобретает совершенствование системы контроля за накоплением в почве и растительной продукции токсичных элементов.

В длительном опыте ТСХА установлено, что на соответствующие деланки опыта с суперфосфатом с 1912 по 1984 г. внесено около 236 кг стронция на 1 га. Содержание обменного стронция и кальция определяли по профилю почв на глубину до 100 см атомно-абсорбционным методом. В вариантах без удобрений в пахотном слое оно составило 0,35% емкости обмена этих почв, или $1,82 \cdot 10^{-2}$ мг-экв на 100 г. Резкой разницы в содержании стронция по слоям почвы не обнаружено, но отмечена

большая его аккумуляция в пахотном слое и на глубине залегания иллювиального горизонта — в слое 60-80 см. При внесении NPK этот показатель в пахотном слое почвы увеличился в 1,2 раза, в слоях 20-40 и 40-60 см — соответственно в 1,8 и 2,8 раза. Очевидно, повышение кислотности почвы под действием минеральных удобрений приводит к усилению подвижности стронция и переносу его в нижележащие горизонты.

Совместное применение минеральных и органических удобрений, а также известкование способствуют увеличению содержания обменного стронция в пахотном слое почвы. При внесении NPK на фоне органических удобрений и известкования стронций в значительных количествах накапливается не только в пахотном, но и в подпахотных горизонтах до глубины 60 см. Во всех изучаемых вариантах содержание обменного стронция в корнеобитаемом слое почвы (0-100 см) при длительном применении суперфосфата увеличилось в среднем в 1,6 раза.

Чем больше соотношение кальция и стронция в почве, тем меньше вероятность значительного накопления стронция в растениях. Отношение Ca : Sr в пахотном слое контрольных делянок равня-

лось 190. При длительном внесении суперфосфата на неизвесткованных и известкованных почвах (варианты NPK и NPK + навоз) отношение Ca : Sr в корнеобитаемом слое уменьшилось соответственно в 2 и 1.6 раза. При систематическом внесении NPK по фону известки данное отношение в пахотном слое почвы оставалось, примерно, на уровне контроля, однако ниже по профилю до глубины 60 см оно было заметно меньше за счет увеличения содержания стронция под влиянием суперфосфата.

Динамика урожаев по вариантам опыта в разные его периоды свидетельствует о том, что по мере совершенствования агротехники урожайность озимой ржи, картофеля, овса (с 1973 г. ячменя) и льна постоянно повышалась. Это наблюдалось как на удобренных, так и на неудобренных делянках при возделывании культур в севообороте и бессменно.

Первый вывод из анализа урожайных данных при длительном применении удобрений — сохраняющаяся в течение 90 лет высокая стабильная эффективность минеральных удобрений и навоза на легкосуглинистой дерново-подзолистой почве в бессменных культурах и в плодосменном севообороте, причем максимальные уро-

жаи большинства культур характерны для севооборота.

При сравнении разных систем удобрения (минеральной, навозной и навозно-минеральной) установлено, что эффективность питательных элементов, вносимых в форме минеральных туков или навоза, примерно, одинаковая. Более высокая эффективность в варианте НРК + + навоз объясняется более высокой суммарной нормой удобрений.

Абсолютная и относительная доли удобрений среди факторов, участвующих в формировании урожаев, за 90 лет опыта не только не снижаются (как это можно было бы ожидать вследствие отрицательного побочного влияния удобрений, а также их кумулятивного эффекта), а даже возрастают.

Повышающееся влияние удобрений на урожаи культур в опыте не может быть объяснено только увеличением их норм. Основные причины этого явления в том, что климатические и почвенные условия Нечерноземной зоны благоприятны для высокой эффективности удобрений во времени. Кроме того, при длительном воздействии удобрений и извести повышается плодородие дерново-подзолистой почвы и на этой основе улучшается использование растениями возраста-

ющих норм удобрений. Однако окупаемость единицы удобрений прибавкой урожая достоверно снижается с увеличением норм удобрений.

Установленный в длительном опыте ТСХА факт повышения эффективности минеральных удобрений на более плодородных почвах имеет принципиальное значение, поскольку подтверждает возрастающее значение плодородия почвы в интенсивном земледелии. Расширенное воспроизводство плодородия в современных условиях становится обязательным условием расширенного воспроизводства в земледелии вообще.

Что касается роли периодического известкования, применяемого в длительном опыте с 1949 г., то она была значительной для большинства культур в течение всего рассматриваемого периода опыта. Так, для бессменной озимой ржи прибавка урожая от извести составила от 32,5% в контроле до 40,2% в варианте навоз + НРК, в севообороте — от 14,3 до 30,0%. Высокая эффективность известкования выявлена в посевах льна и клевера. Для культуры картофеля, особенно бессменной, эффективность известкования невелика.

Наибольшие абсолютные прибавки урожая от удобрений получены в посадках картофеля — высокоинтен-

сивной культуры, меньшие — в посевах зерновых и льна.

Рациональное использование возрастающих норм удобрений зависит не только от действия рассмотренных выше факторов, но и в значительной степени от биологических особенностей культур, от их интенсивности. Так, максимальная доля прибавки урожаев от интенсивного применения удобрений (четвертый период опыта) для озимой ржи составила 40,7%, картофеля — 96,6, ячменя — 76,3, льна — 38,0%. Эти данные могут быть использованы при разработке нормативов возможного повышения урожаев культур за счет удобрений и соответственно затрат на удобрения.

Большое практическое и теоретическое значение имеет установление порядка и степени действия на урожай полевых культур в разных почвенно-климатических условиях отдельных элементов питания, а следовательно, определение эффективности разных видов удобрений. Ортогональность схемы длительного опыта ТСХА позволяет обоснованно решить эту задачу с использованием статистической обработки данных об урожае.

В посевах озимой ржи в севообороте и при бессменном возделывании, как правило, до последнего периода опы-

та наибольший эффект давал фосфор, на втором месте в севообороте стоял калий, при бессменной культуре — калий или азот, на третьем — соответственно азот или азот и калий. В последний период порядок действия отдельных элементов питания значительно изменился: для севооборота — $K > N > P$, для бессменной культуры — $N > K > P$. Для картофеля в севообороте и при бессменной культуре наиболее эффективен калий, затем в большинстве случаев следует фосфор, а в последний период — азот. Для льна в севообороте в большинстве периодов в первом минимуме был калий, при бессменной культуре в начале опыта — азот, в третий период — фосфор, в четвертый — калий.

Таким образом, в конкретных условиях длительного опыта ТСХА были получены данные, отличающиеся от результатов исследований других авторов: азот в этом опыте в большинстве случаев не был самым дефицитным элементом питания, а на первом месте по эффективности оказались фосфор и калий. Наиболее вероятными причинами такого положения являются высокая минерализующая способность легкой суглинистой почвы опыта и низкое содержание в ней фосфора и калия. Кроме того,

необходимо иметь в виду наличие в севообороте полей чистого пара и клевера, что в значительной мере способствует обеспечению растений доступным азотом. С другой стороны, низкие урожаи при бессменном возделывании культур и специфические экологические условия могут, вероятно, обусловить существенные изменения порядка действия питательных элементов.

При оценке роли севооборота необходимо указать на два аспекта: эффективность севооборота в первую и последние ротации (во времени) и эффективность севооборота при разных уровнях химизации земледелия. В длительном опыте подтверждается бесспорный положительный эффект севооборота для всех возделываемых растений, хотя степень его воздействия на урожай зависит от требовательности культур к чередованию.

ЛИТЕРАТУРА

1. Демина Т. А. Экология природопользования, охрана окружающей среды. М.: Высшая школа, 1996. — 2. Добровольский Е. Д., Никитин И. В. Функции почв в

биоценозе и экосистемах. М.: Наука, 1990. — 3. Дылис Н. В. Учение о биогеоценозе и его проблема. М.: Знание, 1975. — 4. Еськов А. М., Новиков М. Н., Лыков А. М. К агроэколого-экономической оценке органического вещества почвы. Вестн. с.-х. науки, 2001, № 1. — 5. Кирюшин В. И. Экологические основы земледелия. М.: Колос, 1996. — 6. Лыков А. М. Гумус и плодородие почвы. М.: Моск. рабочий, 1985. — 7. Лыков А. М., Васильева Д. В. и др. Влияние длительного интенсивного применения удобрений, известкования и севооборота на урожайность полевых культур. — Изв. ТСХА, 1985, вып. 4, с. 33—41. — 8. Лыков А. М., Сафонов А. Ф. и др. Влияние бессменных культур, севооборота и удобрений на плодородие легкосуглинистой дерново-подзолистой почвы. — Изв. ТСХА, 1986, вып. 2. — 9. Полин В. Д. Автореф. канд. дис. М., Фонды МСХА, 1995. — 10. Поморцева В. В., Плотникова Т. А. Гумус и почвообразование. Л.: Наука, 1980. — 11. Сукачев В. Н. Основы теории фитоценологии. Избр. тр., т. 1. М.: Наука, 1972. — 12. Тейт О. Л. Органическое вещество почвы. М.: Мир, 1991.