

УДК 631.8

СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ АГРОХИМИИ

Б. А. ЯГОДИН

(Кафедра агрономической и биологической химии)

Современная агрохимия является теоретической биологической и химической дисциплиной с прямыми выходами в практику сельскохозяйственного производства. Через изучение функциональной роли отдельных элементов питания и их сочетаний в обмене веществ она тесно связана с физиологией и биохимией растений. Основы сближения агрохимии и биохимии растений были заложены Д. Н. Прянишниковым.

Агрохимия в настоящее время по праву занимает центральное положение среди агрономических дисциплин, так как применение удобрений является самым эффективным средством развития и совершенствования растениеводства. Значение агрохимии усиливается в связи с тем, что она изучает в сумме все воздействия и приемы выращивания растений. Эта наука базируется на развитии физиологии и биохимии растений, почвоведения, земледелия и растениеводства, широко применяет методы других биологических и сельскохозяйственных дисциплин, а в последние десятилетия — физико-химические методы исследований и математические методы моделирования отдельных процессов, использование ЭВМ.

Главная задача агрохимии — управление круговоротом и балансом химических элементов в системе почва — растение. Современный агрохимик должен понимать свою конечную задачу в определении точных параметров круговорота всех биогенных элементов с учетом зон выращивания и специфики различных сельскохозяйственных растений и их сортов при разных заданных уровнях продуктивности.

Осуществление Продовольственной программы и резкое увеличение производства сельскохозяйственной продукции возможны только на основе постоянного повышения продуктивности каждого гектара земли на базе научно обоснованных рекомендаций по выращиванию сельскохозяйственных культур, что реализуется в индустриальных технологиях [1].

Интенсивная технология возделывания сельскохозяйственных культур — это создание оптимальных уровней всех факторов, участвующих в формировании урожая, и их благоприятного сочетания. Получение максимального экономически выгодного урожая базируется на использовании лучших сортов, обеспечении необходимых физических и химических свойств почв, сбалансированности питания в период всей вегетации, применении регуляторов роста и интегрированной системы защиты растений при обязательном, своевременном и качественном выполнении всех агротехнических работ.

Одним из основных регулируемых факторов, используемых для целенаправленного управления ростом и развитием растений с целью создания высокого урожая хорошего качества, является минеральное питание. Регулирование других основных факторов роста — света, тепла и влаги — широко применяется в условиях закрытого грунта. В полевых условиях, как правило, приходится лишь приспосабливаться к определенному уровню солнечной радиации, подбирая соответствующие культуры и сорта, а также приемы агротехники. Регулировать влажность можно только при искусственном орошении и осушении [8].

В практике сельскохозяйственного производства более сбалансированное питание растений достигается путем применения удобрений, усг-

ранения недостатка или избытка тех или иных элементов. Из этого следует, что в области теории важнейшей агрохимической проблемой является решение вопросов управления продуктивностью растений и качеством получаемой растительной продукции путем обеспечения оптимального уровня минерального питания в течение всей вегетации и в связи с этим разработка методов оперативной диагностики. Сложность решения данной проблемы заключается в необходимости точного учета изменяющихся потребностей растений в элементах питания в период роста, учета наследственных возможностей культивируемых сортов и постоянно изменяющегося комплекса почвенно-климатических факторов жизнеобеспечения растений.

Одним из основных направлений решения данной проблемы является изучение взаимодействия и взаимного влияния факторов внешней среды, количественного соотношения и качественного состава элементов питания на их поступление в растения. В свою очередь, элементный состав растений в разные фазы их развития определяет ход всех процессов жизнедеятельности, динамике накопления биомассы и особенности формирования урожая. Важным для определения норм и доз удобрений является контроль за динамикой усвоения питательных веществ на основе данных химического анализа растений и результатов изучения взаимосвязи между химическим составом растений по периодам вегетации и уровнем урожая. Это позволяет также осуществлять коррекцию питания растений в течение всего вегетационного периода. Отсюда ясна важность разработки и постоянного применения методов почвенной и растительной диагностики питания растений. Внедрение растительной диагностики минерального питания в практику сельского хозяйства позволит лучше использовать минеральные удобрения [2]. Только на основе глубокого изучения механизма поступления элементов минерального питания и тщательного учета постоянно изменяющихся потребностей растений в питательных веществах можно разработать алгоритм оптимизации минерального питания растений за счет внесения минеральных удобрений. Однако при оптимизации минерального питания следует учитывать не только непосредственно внесенные с минеральными удобрениями элементы, но и влияние одних элементов питания на содержание других.

В последние десятилетия сделаны значительные успехи в изучении механизма поступления элементов минерального питания в растения. Определена роль клеточных мембран и переносчиков. Но полученные результаты не были в должной мере использованы в процессе изучения взаимодействия элементов при их поглощении растениями. Актуальность данного вопроса очевидна. Так, повышение уровня азотного питания до оптимального увеличивает поступление фосфора, калия, кальция, магния, меди, железа, марганца и цинка. Избыток фосфора снижает поглощение меди, железа и марганца. Поступление в растения аммония вызывает усиленное поглощение фосфора. Сильное воздействие на поступление питательных веществ оказывает уровень содержания ионов калия; этот элемент снижает поступление в растения кальция и магния.

Повышение эффективности азота, фосфора и калия в большей мере зависит от обеспеченности растений микроэлементами. Особенно важно изучить действие отдельных макро- и микроэлементов на проницаемость мембран клеток поглощающей системы растений. Например, марганец способствует избирательному поглощению ионов из внешней среды; при его исключении резко изменяется содержание макро- и микроэлементов в растениях. Марганец улучшает передвижение фосфора из стареющих листьев в молодые. Кобальт, по-видимому, участвует в изменении проницаемости плазмалеммы, значительно усиливает поступление в растения азота и других элементов. Молибден влияет на поглощение растениями фосфора за счет участия в метаболизме азота и может значительно улучшать обеспеченность растений данным элементом. Увеличивает поступление азота также применение меди и бора. Цинк изменяет проницаемость мембран для калия и магния. У цинкдефицитных растений отмечается повышенная концентрация неорганического фосфора [6]. Таким образом,

микроэлементы, участвуя во многих процессах жизнедеятельности растений, выполняют существенные регуляторные функции в поступлении элементов минерального питания в растения.

В ряде регионов нашей страны получение высоких урожаев надлежащего качества лимитируется недостатком в почве микроэлементов, обусловленным как незначительным валовым запасом, так и слабой их доступностью растениям [3].

В условиях интенсивной химизации систематическое повышение урожаев сельскохозяйственных культур сопровождается увеличением выноса всех элементов минерального питания, включая микроэлементы, что усиливает потребность в применении микроудобрений на почвах с недостаточным их содержанием.

Дефицит отдельных микроэлементов в почвах не позволяет получить полную отдачу от применения основных удобрений — азотных, фосфорных и калийных, а также от осуществления других мероприятий, направленных на повышение урожая, — приемов агротехники, мелиорации, введения более продуктивных сортов и т. д. В этих случаях внесение микроудобрений обеспечивает значительное повышение урожая, улучшение его качества и высокий экономический эффект.

Для сбалансированного питания растений в целях получения максимальных сборов высококачественной сельскохозяйственной продукции особенно важен строго дифференцированный подход к применению удобрений с учетом обеспеченности почв доступными формами, элементов, наличия других почвенно-климатических факторов, особенностей питания различных сельскохозяйственных культур [7].

Следует обратить внимание также на то, что при систематическом применении высоких норм органических удобрений, как правило, в почве увеличиваются валовые запасы микроэлементов и содержание их подвижных форм. Применение органических удобрений с ферм, где в корм скоту и птице добавляют отдельные микроэлементы, требует в каждом отдельном случае тщательного подбора возможных норм их внесения с тем, чтобы избежать завышенного содержания.

Существенное действие на доступность микроэлементов растений оказывают известкование и высокие нормы минеральных удобрений.

При использовании в качестве удобрений отходов промышленного производства, компостов из городского мусора, осадка сточных вод, высоких норм жидкого навоза возрастает опасность аккумуляции в почве и включения в биологический круговорот отдельных микроэлементов (в том числе тяжелых металлов) в концентрациях, токсичных для растений животных и человека.

С минеральным питанием растений в условиях недостатка или избытка химических элементов в почве связано много важных и интересных эколого-физиологических проблем. В частности, влияние на растения повышенных концентраций в почве тяжелых металлов усиливается с ростом городов и развитием промышленности, в результате чего увеличивается количество нарушенных экосистем, угнетается развитие зональной растительности. В неблагоприятных условиях минерального питания особенно четко прослеживаются присущие сельскохозяйственным растениям различия в аккумуляции разнообразных химических элементов. Для изучения биогеохимического круговорота металлов, а также для оценки роли растений при очистке среды необходимы объективные данные о накоплении металлов растениями разнообразных экосистем.

Обеспечение металлоустойчивости растений может осуществляться за счет: 1) перевода металлов в физиологически неактивные формы; 2) образования в растениях молекулярных форм физиологически активных соединений, менее чувствительных к действию тяжелых металлов; 3) локализации тяжелых металлов в корнях [7].

Дж. Антонович с сотрудниками считает [9], что выводы о поглощении металлов растениями, сделанные на основании анализа только надземных частей последних, ошибочны, поскольку излишки поглощенных металлов, как правило, накапливаются в корнях, причем отношение кон-

центрации их в корнях и концентрации в листьях достаточно велико и возрастает с увеличением поступления металла. Существование в корнях активного механизма, задерживающего поступление тяжелых металлов в надземную часть, не вызывает сомнений. Природа его остается неясной. Наиболее вероятная гипотеза — иммобилизация тяжелых металлов в корнях, связывание их в виде прочных комплексов. Совместное действие нескольких тяжелых металлов (кадмий, цинк, свинец) менее токсично, чем каждого в отдельности. Уменьшение накопления каждого из металлов свидетельствует об антагонизме ионов при их поглощении.

Успехи агрохимии в выполнении запросов практики, теоретическом обосновании химизации сельского хозяйства во многом зависят от развития промышленности, производящей удобрения. В период становления агрохимии как науки и формирования такой промышленности в нашей стране развитие их было четко согласованным. Однако сегодня, несмотря на значительный рост химической промышленности и самые высокие в мире темпы увеличения производства удобрений, еще остаются нерешенными отдельные проблемы. Главные из этих проблем — необходимость ускорения производства фосфорных удобрений и поставка сельскому хозяйству удобрений в оптимальном соотношении. Важными проблемами являются также создание «малотоннажной химии», производящей микроудобрения, ускорение решения технологических и производственных вопросов совместного выпуска макро- и микроудобрений. Перед химической промышленностью и ее научными учреждениями должна быть поставлена задача по разработке и созданию новых форм удобрений, а также комплексных удобрений, содержащих микроэлементы. Следует продолжить исследования по консервантам удобрений, а также по применению других способов повышения эффективности удобрений.

К сожалению, химическая промышленность не ставит ряда острых назревших вопросов перед агрохимией, а в теоретическом багаже последней отсутствуют ответы на эти вопросы. В частности, к ним относится формулировка требований к качеству азотных и микроудобрений со строго программированным освобождением питательных веществ для различных видов и сортов сельскохозяйственных культур в разных зонах возделывания. Эти удобрения следует выпускать и использовать целенаправленно и в определенном районе. Освобождение питательных веществ в различные сроки вегетации и их количество должны точно соответствовать потребностям культур и сортов при выращивании в конкретной зоне. Для решения данной проблемы опытными агрохимическими учреждениями должна быть проведена большая экспериментальная работа.

Прогресс агрохимической науки может быть ускорен при осуществлении экспериментов с искусственными питательными средами в целях получения достаточного количества материала о взаимодействии и взаимном влиянии элементов питания при их поступлении в растения. Полученные результаты позволят обосновать наиболее рациональные схемы проведения вегетационных опытов в почвенной культуре и полевых опытов, в которых изучается тот же спектр вопросов.

Имеющиеся в настоящее время системы применения удобрений и коэффициенты использования питательных веществ из удобрений не полностью соответствуют запросам практики и недостаточно обоснованы с точки зрения теории питания растений. Например, коэффициенты использования питательных веществ из удобрений, как правило, получены в опытах со средней и низкой продуктивностью растений. Применение их при выращивании сельскохозяйственных культур по индустриальным технологиям приводит во многих случаях к передозировке удобрений, что снижает их эффективность, особенно в условиях достаточного и избыточного увлажнения.

Многочисленные рекомендации по применению удобрений не отражают всего многообразия и динамичности факторов, влияющих на урожай, и не могут отвечать требованиям индустриальных технологий выращивания растений.

В целях ускорения разработки более совершенных методик получения объективных экспериментальных данных необходимо создать Межведомственный научный совет и под его руководством объединить опыты Геосети ВИАУ, системы агрохимслужбы, работу сортоучастков и полевые опыты, проводимые НИУИФ, образовав единую Всесоюзную сеть географических полевых опытов. Это позволит в короткий срок улучшить систему опытов в стране и получить банк надежных данных о коэффициентах использования удобрений сельскохозяйственными растениями в различных зонах страны.

Важные задачи стоят перед агрохимией в области охраны окружающей среды. Химизация открывает громадные возможности не только для развития основных отраслей сельского хозяйства — растениеводства и животноводства, но и для создания новых богатейших природных ландшафтов в местах, где в настоящее время растительности мало или она отсутствует вовсе, а также для радикального улучшения всех имеющих естественных природных ландшафтов. Постоянное совершенствование среды обитания является одной из основных задач современного человеческого общества, и весьма важная роль в этом процессе принадлежит осуществлению разумной научно обоснованной химизации.

Важным направлением агрохимических исследований в условиях интенсификации земледелия при разработке приемов получения максимальной отдачи от применения минеральных и органических удобрений является изучение взаимосвязи между степенью окультуренности и агрохимическими свойствами почв, с одной стороны, и эффективностью удобрений, — с другой [4, 5]. В связи с этим следует предусмотреть тщательное исследование действия длительного систематического применения удобрений в принятых нормах под различные культуры по зонам страны на свойства почвы.

В настоящее время назрела необходимость создания общесоюзного перспективного плана специализации сельскохозяйственного производства по зонам страны и различным биогеохимическим провинциям с учетом последних достижений науки.

Разработанные и уже внедряемые в практику зональные системы земледелия дают определенный положительный эффект. Однако, по нашему мнению, применяя средства химизации в таких системах, следует более строго учитывать особенности отдельных биогеохимических районов и провинций. Развитие биогеохимической агрохимии позволит целенаправленно изменять химический состав и повышать плодородие почвы, что значительно улучшит состояние биологического круговорота химических элементов.

Немаловажное значение в настоящее время имеет проблема качества выращиваемой продукции. Она непосредственно касается и агрохимиков. Качество земледельческой продукции оценивается, в частности, по элементному составу. Однако и в этом случае, давая оценку качеству, необходимо помнить, что требования разных потребителей данной продукции неодинаковы. Поэтому, например, для людей и животных разных возрастных групп в резко различающихся геохимических провинциях оптимальными будут различные соотношения и количества химических элементов в пище. Видимо, необходима разработка дополнительных показателей для определения качества получаемой продукции с учетом указанного обстоятельства. При разработке критериев оценки по содержанию биологически активных веществ агрохимикам необходимо определить влияние уровня обеспеченности элементами питания растений на биосинтез ингибиторов и стимуляторов роста и других физиологически активных веществ. В решении проблемы повышения качества продукции большую роль играет изучение вопросов загрязнения окружающей среды и порчи продукции растениеводства солями тяжелых металлов и нитратами при высоких нормах минеральных и органических удобрений. Проведение исследований в этом плане позволит систематически совершенствовать методы выращивания растений по индустриальным технологиям.

В заключение укажем на ряд основных направлений исследований в

области агрохимии, которые имеют первоочередное значение для улучшения использования удобрений в земледелии, обеспечения наиболее высокой их агрономической и экономической эффективности.

1. Изучение взаимодействия элементов питания при поступлении в растения, дальнейшее углубленное изучение их роли в физиолого-биохимических процессах с целью установления оптимального сочетания элементов питания и подготовка на этой основе соответствующих математических программ, используемых при планировании уровней и качества урожая. Исследование механизма действия отдельных элементов питания при их сбалансированном применении на устойчивость растений к неблагоприятным условиям внешней среды.

2. Разработка принципов определения потребности в удобрениях сельскохозяйственного производства разных почвенно-климатических зон на базе глубокого анализа экспериментальных данных с обязательным учетом особенностей геохимических провинций. Выяснение потенциальных возможностей различных сельскохозяйственных культур и сортов использовать элементы питания на создание урожая и разработка научно обоснованных коэффициентов использования питательных веществ из удобрений и из почвы всеми сельскохозяйственными культурами по зонам страны при разных уровнях продуктивности.

3. Разработка надежных методов прогнозирования эффективности удобрений по данным агрохимического анализа почв на содержание доступных форм макро- и микроэлементов и растительной диагностики: установление предельных значений содержания макро- и микроэлементов в почвах и растениях; разработка более совершенных методов определения доступных растениям форм элементов питания в почвах, выявление научно обоснованных градаций обеспеченности почв элементами питания для отдельных почвенно-климатических зон, районов страны с учетом особенностей культур, типа, механического состава и других свойств почв, уровня применения органических и минеральных удобрений и водорегулирования.

4. Изучение в объединенной Всесоюзной сети географических полевых опытов, проводимых по единой методике и программе, действия перспективных форм микроудобрений на урожай и качество важнейших сельскохозяйственных культур при внесении возрастающих доз основных (NPK) минеральных удобрений. Исследование в длительных полевых опытах баланса макро- и микроэлементов в севооборотах различных почвенно-климатических зон страны при обязательном использовании необходимых микроудобрений в качестве составной части системы удобрений.

5. Исследование с агрономической точки зрения ранее не изучавшихся в этом плане микроэлементов (йода, лития, алюминия, ванадия, титана, селена, рубидия, брома и фтора), а также изучение возможных негативных последствий применения отдельных микроэлементов (таких, как кадмий, медь, литий, фтор, мышьяк, хром, свинец) в связи с вопросами техногенного загрязнения и охраны окружающей среды.

6. Организация анализа семян перед посевом на содержание в них микроэлементов и обработки всего используемого в стране посевного материала недостающими микроэлементами, желательного в сочетании с протравливанием и широким использованием прилипателей.

7. Обоснование необходимости большего обеспечения средствами химизации основных традиционных земледельческих районов нашей страны, где без крупных капитальных вложений можно получить высокую отдачу от удобрений. Организация улучшения обеспеченности сельскохозяйственного производства фосфорными удобрениями.

8. Решение вопросов не только охраны, но и улучшения окружающей среды в связи с применением удобрений на основе оптимизации питания растений.

9. Срочный поиск и разработка принципиально новых методов диагностики питания сельскохозяйственных культур.

Несомненно, что перечисленные направления в развитии агрохими-

ческих исследований далеко не полностью охватывают весь спектр вопросов, связанных с проблемой удобрений в земледелии. Однако они наиболее актуальны при проведении координируемых исследований, осуществляемых в нашей стране с целью обеспечения наиболее рационального применения удобрений.

ЛИТЕРАТУРА

1. Шатилов И. С. Программирование урожая сельскохозяйственных культур. — Казань, 1984. — 2. Церлинг В. В. Агрохимические основы диагностики минерального питания сельскохозяйственных культур. — М.: Наука, 1978. — 3. Ягодин Б. А. Проблема микроудобрений в земледелии СССР. — Агрохимия, 1981, № 10, с. 146—154. — 4. Ягодин Б. А. Пути повышения эффективности использования минеральных и органических удобрений. — Материалы област. агроном. совещ. Смоленск, 1981, с. 76—83. — 5. Ягодин Б. А. Роль микроудобрений в условиях интенсивной химизации. — В сб.: Актуальные проблемы земледелия. М.: Колос, 1984, с. 202—212. — 6. Ягодин Б. А. О взаимном влиянии элементов минерального питания при их поступлении в растения. — В сб. тр. науч. конф. агроном. факультета Пражского с.-х. ин-та, Прага, 1982, с. 57—64. — 7. Ягодин Б. А., Верниченко И. В. Почвенная и тканевая диагностика обеспеченности растений различными микроэлементами. — Тез. докл. VII делегат. съезда Всесоюз. об-ва почвоведов. Ташкент, 1985, с. 55. — 8. Ягодин Б. А., Смирнов П. М., Демин В. А. Оптимизация минерального питания растений при программировании урожая. — Изв. ТСХА, 1982, вып. 3, с. 69—75. — 9. Antonovics J., Bradshaw A. D., Turner R. G. — *Advances ecological research*, 1971, vol. 7, p. 1—85.

Статья поступила 10 октября 1985 г.