

опыты позволяют нам проанализировать тенденции изменения продуктивности сельскохозяйственных культур в зависимости от их чередования в севообороте и систем обработки почвы. С самого начала функционирования длительных агрономических опытов мы используем их результаты для установления факторов, от которых зависят устойчивость земледелия и качество окружающей среды, а также адаптация сельскохозяйственных культур к изменяющимся условиям выращивания.

Несмотря на то, что мы уже много знаем о влиянии систем земледелия на здоровье почвы («известные» параметры), есть и показатели, которые пока ещё не были подвергнуты параметризации («известные неизвестные», например, содержание углерода в почве). Существуют, безусловно, и другие показатели, которые мы еще даже и не принимаем во внимание. Спланировать изучение этих «неизвестных неизвестных» и оценить стоимость исследований достаточно трудно. Однако наличие хорошо спланированных и обеспеченных надлежащими ресурсами длительных полевых опытов может сыграть очень важную роль в подобных исследованиях. Как замечено Рассмуссеном с соавт. (Rasmussen et al., 1998), «чтобы лучше предсказать будущее, необходимо иметь целостное представление о прошлом».

Г-н Перрис – технический специалист Департамента базовых отраслей промышленности штата Виктория (г. Хоршам, Австралия) и руководитель длительного полевого опыта в Лонгеренонге.
Д-р Армстронг – Главный агроном Департамента

базовых отраслей промышленности штата Виктория, г. Хоршам. Д-р Нортон – Региональный директор Международного института питания растений по Австралии и Новой Зеландии, г. Хоршам; e-mail: rnorton@ipni.net.

Благодарности

Работа по определению баланса элементов питания была проведена при поддержке Корпорации по исследованиям и разработкам в области зерновых культур (Grains Research and Development Corporation), Проект UM00023. Авторы преклоняются перед дальновидностью специалистов, заложивших многолетние полевые опыты, и признательны поколениям сотрудников, участвовавшим в проведении опытов с момента закладки.

Литература

- Hannah, M. and G.J. O'Leary. 1995. *Aust. J. Exp. Agric.* 35, 951-60.
Hedley, M.J., J.W.B. Stewart, and B.S. Chauhan. 1982. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 46:970-976.
Peoples, M.B., A.M. Bowman, R.R. Gault, et al. 2001. *Plant and Soil* 228, 29-41.
Rasmussen, P.E., K.W.T. Goulding, et al. 1998. *Science* 282, 893-896.
Tang, C., L. Dart, C. Rogers, et al. 2006. *Phosphorus fractions in a Vertosol after 88-year crop rotations, The 3rd International Symposium on Phosphorus Dynamics in the Soil-Plant Continuum, May 14-19, 2006, Uberlandia, Brazil.*

Перевод с английского и адаптация: В.В. Носов.

Индустрия минеральных удобрений: соответствие концепции «4-х правил»

Т. Бруулсема

Концепция «4-х правил» применения удобрений принята подавляющей частью производителей минеральных удобрений, а также их партнерами в области сельского хозяйства, в правительственных кругах и экологическом движении. Данная концепция освещает основные аспекты ответственного управления питанием растений и предназначена для использования всеми заинтересованными сторонами, осуществляющими как производственную, так и непроизводственную деятельность. Концепция «4-х правил» учитывает условия каждого конкретного региона – система применения удобрений разрабатывается с учетом региональной специфики. Согласно основному положению концепции, для устойчивого ведения сельскохозяйственного производства необходима оптимизация форм, доз, сроков и способов внесения удобрений. Адаптивные подходы к разработке системы применения удобрений должны поддерживаться промышленностью минеральных удобрений на всех уровнях. Слаженная работа всех сегментов, включая производителей минеральных удобрений, оптовиков и ритейлеров, поставщиков услуг в сфере сельского хозяйства, а также инвесторов помогает сельхозпроизводителям принимать правильные решения и, следовательно, повышать эффективность используемых систем земледелия.

Примерно 25 лет назад Международная комиссия ООН по окружающей среде и развитию выпустила доклад «Наше общее будущее». В данном докладе были заложены основы концепции устойчивого развития, в том числе и

для сельского хозяйства. В течение последних нескольких лет тема устойчивости стала очень важной для крупных корпораций, включая компании сельскохозяйственного и продовольственного секторов экономики. Для повышения эффективности

своей деятельности крупнейшие продовольственные ритейлеры разрабатывают программы, в том числе и по развитию системы поставок вплоть до уровня фермерских хозяйств, включая средства химизации и семена, используемые данными хозяйствами. Эти крупные продовольственные ритейлеры привлекают агробизнес к участию в работе таких организаций, как Консорциум за устойчивое развитие (The Sustainability Consortium) и «Кистоунский» альянс за устойчивое развитие сельского хозяйства (The Keystone Alliance for Sustainable Agriculture).

Концепция «4-х правил» и устойчивое развитие

Использование концепции «4-х правил» применения удобрений способствует выработке рациональных решений по формам, дозам, срокам и способам внесения удобрений. Например, «Кистоунским» альянсом за устойчивое развитие сельского хозяйства разработан «Полевой экспресс-калькулятор» (“Fieldprint Calculator”) с компонентой по парниковым газам, которая использует основные элементы концепции «4-х правил». Вполне вероятно, что разрабатываемый в настоящее время «Индекс качества воды» (Water Quality Index) будет также увязан с положениями концепции «4-х правил».

Существует множество определений понятия «устойчивое сельское хозяйство», однако в большинстве из них делается акцент на удовлетворении растущего спроса на продовольствие при отсутствии негативного влияния на состояние природных ресурсов. При этом должны приниматься сбалансированные решения с учетом последствий для экономики, социальной сферы и окружающей среды.

Как показано на **рис. 1**, правила применения удобрений, то есть выбор оптимальных форм, доз, сроков и способов их внесения для конкретной системы земледелия, тесно увязаны с целями устойчивого развития сельского хозяйства. Система применения удобрений считается «оптимальной», если она помогает всем заинтересованным сторонам в достижении поставленных задач по эффективности функционирования конкретной системы земледелия, ее продуктивности, влиянию на качество питьевой воды и воздуха и т.д.

Научные принципы, лежащие в основе концепции «4-х правил»

С развитием таких наук, как физика, химия и биология были разработаны фундаментальные принципы минерального питания растений. Применение полученных знаний на практике способствовало развитию научных принципов регулирования почвенного плодородия и питания растений. Формы, дозы, сроки и способы внесения удобрений – основные компоненты системы управления питанием растений, каждый из которых имеет глубокое науч-

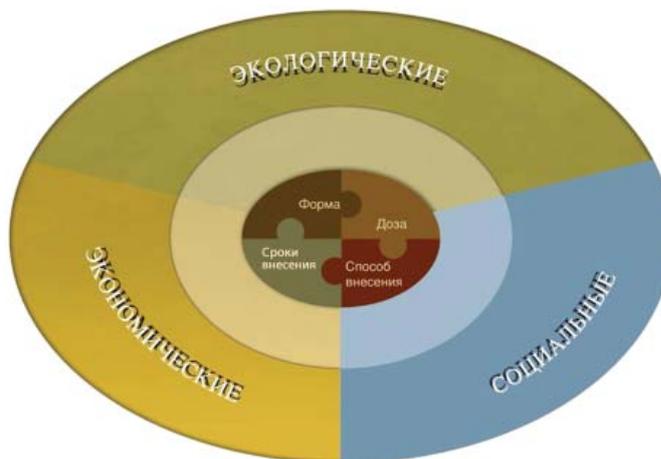


Рис. 1. Концепция «4-х правил» применения удобрений подразумевает, что оптимизация форм, доз, сроков и способов внесения удобрений для конкретной экосистемы помогает всем заинтересованным сторонам решать экономические, социальные, а также экологические задачи.

ное обоснование, исходя из наших представлений о питании растений. Все это можно изложить в виде ключевых принципов, как сделано в **табл. 1**. Для специалистов, консультирующих сельхозпроизводителей по вопросам питания растений, очень важно понимать научные основы, на которых базируются данные ключевые принципы.

Формы, дозы, сроки и способы внесения – полностью взаимосвязанные элементы в системе применения удобрений. Если один из них определен неправильно, то и систему в целом нельзя считать оптимальной. Вполне возможно, что в каждой конкретной ситуации может быть не одна оптимальная комбинация данных четырех элементов. Однако если один из них меняется, то и остальные также могут меняться. Все «4 правила» должны соблюдаться одновременно и соответствовать применяемой системе земледелия и агротехнологиям возделывания сельскохозяйственных культур. Для повышения устойчивости растениеводства концепция «4-х правил» применения удобрений акцентирует особое внимание на том, как принятые решения влияют на выходные параметры или на эффективность функционирования системы земледелия. Например, когда недостаток калия лимитирует урожайность, применение калийных удобрений повышает эффективность использования азота и фосфора из удобрений.

Адаптивное управление питанием растений

Процесс адаптивного управления питанием растений состоит из нескольких циклов – принятие решений, их выполнение и оценка результатов (**рис. 2**). Данные циклы прорабатываются на разных уровнях – от хозяйства и региона до государства в целом. Для производителей минеральных удобрений все указанные уровни одинаково важны.

Поставщики услуг в сфере сельского хозяйства, в

Таблица 1. Основные научные принципы, лежащие в основе концепции «4-х правил» применения удобрений (IPNI, 2012).

Форма	Доза	Сроки внесения	Способы внесения
Содержание важнейших элементов питания	Потребность растений в элементах питания	Динамика поглощения элементов питания	Динамика развития корневой системы
Доступные для растений формы удобрений	Доступность элементов питания из почвы	Периоды максимального поглощения элементов питания	Реакция почвенной среды
Физико-химические свойства почвы	Поступление элементов питания из всех возможных источников	Доступность элементов питания из почвы во времени	Система обработки почвы
Синергизм элементов питания	Прогноз эффективности использования элементов питания из удобрений	Динамика потерь элементов питания из почвы	Внесение удобрений с учетом разного почвенного плодородия полей
Совместимость удобрений в тукосмесях	Поддержание почвенного плодородия	Логистика полевых работ	Дифференцированное внесение удобрений с учетом внутривидовой пестроты почвенного плодородия
Сопутствующие элементы	Экономика		

том числе ритейлеры, часто консультируют сельхозпроизводителей на уровне конкретного хозяйства. Сельхозпроизводители прорабатывают опции для каждой культуры и следуют тем рекомендациям по формам, дозам, срокам и способам внесения удобрений, которые больше всего соответствуют конкретным условиям. Специфичные для конкретных условий факторы включают не только почвенное плодородие, рельеф, но и вопросы регионального нормативно-правового регулирования и землепользования.

На региональном уровне поставщики минеральных удобрений принимают решения по формам удобрений (видам продукции), которые они будут реализовывать, и прорабатывают логистику поставок, чтобы отгрузить удобрения в конкретное хозяйство или на конкретное поле в наиболее оптимальные сроки. Для проведения полевых опытов на полях фермеров и интерпретации полученных результатов агрономы, ассоциированные с производителями минеральных удобрений, взаимодействуют непосредственно с сельхозпроизводителями и консультантами по растениеводству. Это помогает апробировать разработанные технологии на практике.

На политическом уровне (отдельное государство или международное сообщество в целом) производители удобрений, инвесторы и правительства принимают решения по разработке конкретных видов продукции и инвестициям в новые производственные мощности и транспортную инфраструктуру. От подобных решений зависит наличие конкретных форм удобрений, а также сроки их внесения сельхозпроизводителями.

Поставленные задачи должны быть согласованы на всех трех вышеуказанных уровнях, поскольку в соответствии с этими задачами оцениваются выходные параметры. Формы, дозы, сроки и способы внесения удобрений важны на всех уровнях, однако необходимо иметь целостное представление о той структуре, которую мы имеем в виду, когда говорим о концепции «4-х правил» применения удобрений или непосредственно о самих правилах.

Контроль и учет

Системы повышения устойчивости растениеводства и системы сертификации на соответствие критериям устойчивого развития в целом нуждаются в контроле и учете. Для контроля и учета на уровне фермерского хозяйства необходимо наличие плана применения удобрений. В отличие от нормативного плана применения удобрений план, составленный в соответствии с концепцией «4-х правил», базируется на следующих основных принципах:

- 1) сельхозпроизводитель указывает задачи устойчивого развития и показатели эффективности для хозяйства;
- 2) гибкость при осуществлении адаптивного управления питанием растений при условии, что информация о применяемых технологиях подробно документируется для каждого поля и для каждой культуры и сохраняется сельхозпроизводителем для внутреннего использования;
- 3) открытая отчетность по применяемым индикаторам или критериям эффективности, которые отражают экономическую, социальную и экологическую составляющие устойчивого развития.

Это ключевые принципы, формирующие ядро системы управления агротехнологиями в соответствии с международными стандартами отчетности в области устойчивого развития.

Пример: Система применения фосфорных удобрений на водосборе озера Эри

Фосфор (P) – важнейший элемент питания сельскохозяйственных культур. Однако избыточная концентрация фосфора в ручьях, реках и озерах может привести к бурному развитию водорослей – «цветению» воды. В период с 1995 по 2011 гг. на водосборе озера Эри в штате Огайо и соседних штатах США наблюдалась тенденция роста содержания растворен-

«4П»: адаптивное управление питанием растений

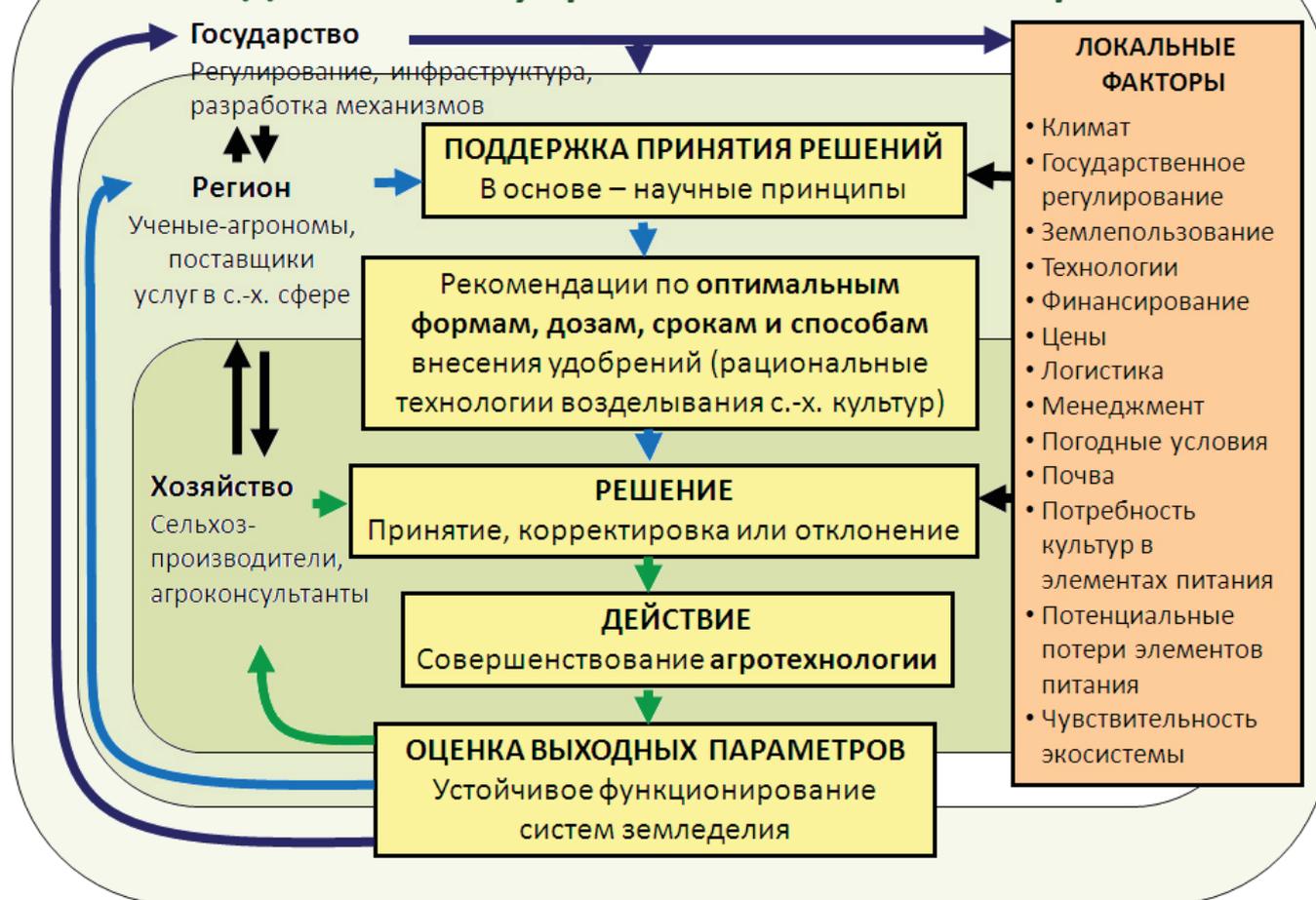


Рис. 2. «4 правила» применения удобрений учитываются при адаптивном управлении питанием растений – в циклах непрерывного совершенствования агротехнологий на уровне хозяйства, региона и государства в целом, исходя из локальных факторов, специфичных для конкретных условий.

ного фосфора в реках и интенсивности «цветения» воды в озерах. В данной зоне преобладает севооборот кукуруза – соя, и вносимые в почву фосфорные удобрения – это одна из многих возможных причин «цветения» воды.

Согласно результатам исследований, ливневые дожди, выпадающие в течение нескольких дней после внесения фосфорных удобрений взраброс без заделки в почву, обогащают поверхностный сток растворенным фосфором до уровней, значительно превышающих величины, при которых начинается «цветение» воды. При этом потери фосфора из почвы составляют не более 5-10% от внесенного с удобрениями фосфора. В соответствии с концепцией «4-х правил» для уменьшения потерь фосфора из почвы внесение удобрений в указанном регионе должно проводиться в «оптимальные сроки» и «оптимальным способом». В тех случаях, когда это возможно, рекомендуется внутрпочвенное внесение фосфорных удобрений или внесение взраброс с последующей заделкой в почву. Когда заделка удобрений в почву невозможна, например, при нулевой обработке почвы, сельхозпроизводителям рекомендуется внимательно отслеживать прогнозы погоды и избегать внесения фосфорного удобрения взраброс, если вероятность выпадения

сильного дождя в течение ближайших нескольких дней превышает 50%.

Проведение образовательных программ и информирование общественности о том, как использование концепции рационального применения удобрений способствует снижению потерь фосфора из почвы в растворенном виде, осуществляется совместными усилиями в рамках партнёрской группы, охватывающей компании агробизнеса, правительственные агентства и экологические организации. В данную группу входят: организация «Охрана природы», Ассоциация агробизнеса штата Огайо, департаменты сельского хозяйства и природных ресурсов Правительства штата Огайо, Консультационная служба университета штата Огайо, а также ряд ритейлеров в сегменте агробизнеса и сельхозпроизводителей. Ведется постоянная работа по разработке наиболее обоснованных критериев оценки используемых агротехнологий, основанная на научных исследованиях – мониторинге потерь элементов питания на конкретных полях. Информация о программе доступна на интернет-ресурсе «Охрана природы» (The Nature Conservancy). Разработка адаптивных технологий применения удобрений, исходя из концепции «4-х правил», когда одновременно преследуются как экономические,

так и экологические цели, обеспечивает постоянный прогресс в области повышения урожайности сельскохозяйственных культур в этом высокопродуктивном регионе, охватывающем водосборный бассейн озера Эри.

Д-р Бруулсема – Региональный директор Международного института питания растений по Северо-Восточному региону Северной Америки (г. Гуэльф, провинция Онтарио, Канада); e-mail: tom.bruulseta@

ipri.net.

Литература

IPNI. 2012. 4R Plant Nutrition Manual: A Manual for Improving the Management of Plant Nutrition, Metric Version, (T.W. Bruulseta, P.E. Fixen, G.D. Sulewski, eds.), International Plant Nutrition Institute, Norcross, GA, USA.

Перевод и адаптация: В.В. Носов.

Обзор научных публикаций

В этом разделе приводится краткий обзор наиболее интересных, на наш взгляд, публикаций в отечественных научных изданиях

Управление азотным питанием растений в почве

*А.А. Завалин, Г.Г. Благовещенская, Л.С. Чернова, Н.Я. Шмырева, *Агротехнический вестник*, № 4, 2012*

Отмечается, что ежегодный вынос азота с урожаем сельскохозяйственных культур в РФ составляет 3.26 млн. т (в среднем за 2007-2011 гг.). Хозяйственный баланс азота при этом отрицательный (-0.97 млн. т/год). Прогнозируемое к 2020 г. расширение площадей, занимаемых бобовыми культурами, увеличение их урожайности и повышение долевого участия бобового компонента в травосмесях многолетних трав до 50%, может способствовать накоплению около 1.7 млн. т фиксированного азота. Это превышает объем применяемых в настоящее время азотных удобрений.

В статье дана оценка газообразным потерям азота из почвы и удобрений и предлагаются основные пути их сокращения, включая приближение сроков внесения азотных удобрений к посеву, а также к периоду начала активного потребления азота растениями; глубокую заделку и локальное внесение азотных удобрений; применение медленнодействующих азотных удобрений; известкование кислых почв.

Влияние удобрений на продуктивность и накопление радионуклидов при возделывании мятликовых трав в одновидовых посевах

*Н.М. Белоус, В.Ф. Шаповалов, Н.К. Симоненко, Е.В. Смольский, *Агротехнический вестник*, №5, 2012*

В Брянской обл. на аллювиальной луговой почве был проведен полевой опыт (2009-2011 гг.) по изучению влияния минеральных удобрений на продуктивность и накопление ^{137}Cs зеленой массой и сеном многолетних трав (ежа сборная, овсяница луговая и двухкосточник тростниковый). Плотность загрязнения ^{137}Cs в период проведения работ по перезалужению (2008 г.) составила 559-867 кБк/м². Независимо

от видового состава многолетних трав максимальная продуктивность зеленой массы (44.2-46.6 т/га) и минимальное содержание в ней ^{137}Cs (72-78 Бк/кг) отмечаются при внесении максимальной дозы удобрений ($\text{N}_{120}\text{P}_{60}\text{K}_{180}$). Аналогичные выводы получены при анализе урожайности сена и накопления в нем ^{137}Cs по вариантам опыта. Согласно результатам исследований, получение зеленой массы и сена мятликовых трав, соответствующих нормативу по допустимому содержанию ^{137}Cs (В.П.13.5.13/06-01), возможно при применении высоких доз калийных удобрений.

Движение ^{137}Cs по цепи «почва – растение – продукция животноводства – человек» также оценивалось в данной работе.

Продуктивность зернопаропропашного севооборота и агрохимические свойства темно-серой лесной почвы в зависимости от зернобобовых культур, удобрений и способов основной обработки почвы

*Л.А. Нечаев, Г.Н. Черкасов, В.И. Коротеев, *Агротехнический вестник*, №1, 2013*

Работа основана на материалах почвенно-агрохимических и мелиоративных обследований земель Орловской обл. (1960-2004 гг.), а также на результатах стационарных опытов, заложенных на темно-серой лесной остаточно-карбонатной среднесуглинистой почве в 1989 и 1983 годах в зернопаропропашных севооборотах. Выявлено четкое положительное действие комплексного окультуривания почвы (применение органических и минеральных удобрений, использование мелиорантов, возделывание зернобобовых культур, оптимизация структуры севооборота) на основные агрохимические свойства пахотного слоя: снижалась кислотность, повышалось содержание доступных растениям форм азота, фосфора и калия. Это способствовало росту продуктивности сельскохозяйственных культур на 8-53%.

При минимизации обработок почвы (опыт с 1983 г.) наблюдалась дифференциация пахотного гори-