

# 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 полу-

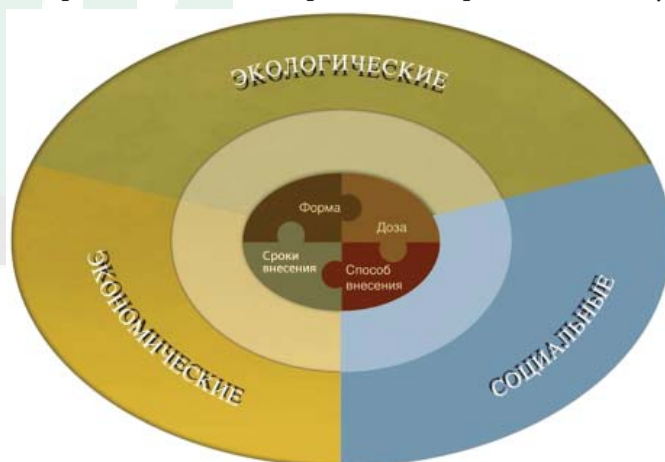


Рис. 1. Концепция «4-х правил» применения удобрений подразумевает, что оптимизация форм, доз, сроков и способов внесения удобрений для конкретной экосистемы помогает всем заинтересованным сторонам решать экономические, социальные, а также экологические задачи.

**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		

ченных 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 научное 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 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.

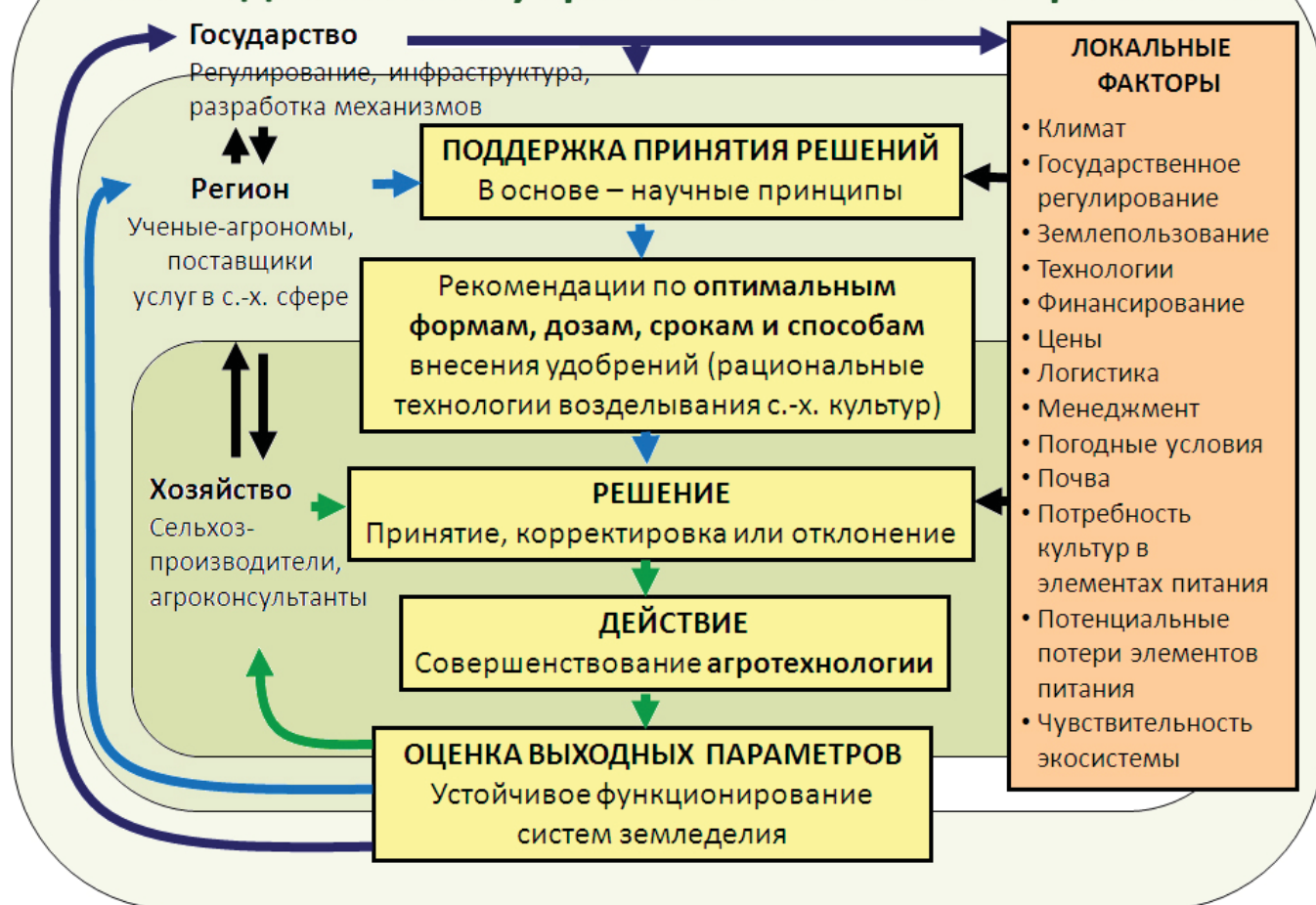
На политическом уровне (отдельное государство или международное сообщество в целом) производители удобрений, инвесторы и правительства принимают решения по разработке конкретных видов продукции и инвестициям в новые производственные мощности и транспортную инфраструктуру. От подобных решений зависит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

## «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.

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 растворенного 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 взразброс 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 внутрипочвенное внесение фосфорных удобрений или внесение взразброс

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 вразброс, 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 эле-

ментов 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@ipni.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: к.б.н. Носов В.В., региональный директор МИПР по Югу и Востоку России*

# Как способ внесения может повысить эффективность калийных удобрений

Т.С. Мюррелл

*Агрономическая эффективность калийных удобрений – это прибавка урожая на единицу действующего вещества внесенного удобрения. Эффективность внесения однократной высокой дозы калийных удобрений может быть сравнима с эффективностью ежегодного внесения относительно невысоких доз, что позволяет фермерам гибко планировать внесение удобрений в оптимальное время и наиболее подходящим способом. При внесении невысоких доз ленточный способ обычно более эффективен, чем разбросной. При минимальной обработке почвы глубокое ленточное внесение калийных удобрений может быть более эффективным для адекватного питания растений в засушливых условиях.*

**Ф**ермеры применяют два основных способа внесения удобрений: разбросное и ленточное. При разбросном внесении калийные удобрения равномерно распределяются на поверхности почвы. Удобрение может быть оставлено на поверхности почвы при беспашотной обработке почвы или запахано на глубину нескольких сантиметров. При ленточном внесении удобрение размещается узкими полосами (лентами). Ленты могут располагаться на поверхности почвы или на определенной глубине.

Эффективность каждого метода зависит, главным образом, от системы земледелия, используемых агротехнических приемов и возделываемых сортов, а также условий окружающей среды. В настоящей статье мы более подробно рассмотрим эффективность калийных удобрений при выращивании кукурузы в севообороте с соей в кукурузном поясе умеренной зоны США. Обработка посевов механизирована, расстояние между рядами растений – 76 см. Кукурузный гибрид обычно высевают в апреле или мае, а убирают урожай в октябре. Обычно наиболее интенсивное поглощение калия растениями из почвы происходит в июне. Средняя норма посева составляет от 74 до

86 тыс. семян/га. Калийное удобрение, как правило, вносят разбросным способом осенью, после уборки сои. Весной следующего года сеют кукурузу. Пахотные земли находятся в различных формах собственности. При этом фермеры часто обрабатывают и собственные участки, находящиеся в частной собственности, и арендуемые.

## Эффективность калийных удобрений

Использование термина «эффективность» часто подразумевает «получение большего при минимальных вложениях». Эффективность можно рассчитать различными способами, однако мы определяем, какую прибавку урожая дает применение калийных удобрений – это называют агрономической эффективностью (АЭ). Ее рассчитывают как отношение прибавки урожая в результате применения калийного удобрения к количеству внесенного удобрения и выражают в кг зерна/кг  $K_2O$ .

Чаще всего эффективность рассчитывают для одного вегетационного сезона, однако это неприменимо в случае разового внесения высокой дозы в запас на