

Лекция

Агроэкологические основы применения удобрений. Значение и роль удобрений в повышении урожайности с/х культур и сохранении и воспроизводства плодородия почвы.

Лектор: Малимбаева Алмагул Жумабековна - заведующая лабораторией почвоведение и агрохимии ТОО «Казахский НИИ земледелия и растениеводства», кандидат сельскохозяйственных наук.

Цель лекции: ознакомить специалистов крестьянских хозяйств с проблемами применения минеральных и органических удобрений в земледелии.

Ключевые слова: удобрение, азотные, фосфорные, калийные удобрения, органические удобрения, фтор, тяжелые металлы, токсичные элементы, радионуклиды, плодородие почвы.

Вопросы:

1. Агроэкологические основы применения минеральных и органических удобрений
2. Приемы снижения негативного воздействия минеральных удобрений на окружающую среду
3. Значение удобрений в повышении урожайности культур и улучшении качества, сохранении плодородия почв
4. Заключение и рекомендации по применению удобрений и повышению почвенного плодородия

Применение органических и минеральных удобрений – одно из основных условий повышения урожайности сельскохозяйственных культур, а также важное звено технологий их выращивания, поскольку функционирование агроценозов основывается на систематическом отчуждении больших количеств биогенных элементов. Использование удобрений (особенно органических) позволяет возвращать и вовлекать в круговорот питательные вещества взамен изъятых из агроценозов с основной и побочной продукцией, обеспечивая, таким образом, определенную устойчивость продукционных процессов. Статистические данные свидетельствуют о том, что в настоящее время за счет продукции, получаемой с помощью удобрений, обеспечивается пища каждый четвертый житель нашей планеты. Неслучайно академик Д.Н. Прянишников сравнивал прирост продукции, получаемой благодаря внесению удобрений, с открытием новых земледельческих континентов. Д.Н. Прянишников еще в далеком 1937 г. заметил, что авторы, думающие, что они знают секрет получения высоких урожаев без применения удобрений (и без знания агрохимии), напрасно называют себя учеными-материалистами.

Признавая исключительно важную роль агрохимии в увеличении производства продуктов питания для человека и кормов для животных и в повышении эффективности сельскохозяйственного производства в целом, нельзя не отметить, что те же самые *химические средства при неправильном их использовании могут оказывать и оказывают негативное воздействие на ОС*. Именно неграмотное использование средств химизации, нарушение существующих регламентов служат источником наблюдающихся отрицательных последствий.

Удобрения, как известно, вещества, которые применяют для роста и развития растений и компенсации потерь биогенных элементов почвы. Они как агрохимические средства по определению Д.Н.Прянишникова могут содержать пищу для растений, усиливать мобилизацию питательных веществ в почве, повышать энергию жизненных процессов в ней и изменять свойства самой почвы, т.е. оказывать многостороннее прямое или косвенное воздействие на почву и растения.

Для сохранения почвенной экосистемы на полях следует (в идеале) вносить эквивалентное количество соответствующих элементов, использованных растениями для формирования урожая. Поэтому успехи сельского хозяйства напрямую связаны с минеральными удобрениями.

При применении минеральных удобрений во многих странах мира, в том числе и в Казахстане, всё чаще ставится вопрос – не вредит ли это окружающей природе. Так как удобрения могут оказывать и отрицательное действие на окружающую среду и человека.

Одной из задач современной агрохимии является не только повышение эффективности минеральных удобрений, но и изучение экологических последствий их применения.

Ущерб окружающей природе минеральные удобрения могут нанести, прежде всего, в тех случаях, когда значительное количество питательных веществ смывается с поверхности почв и вместе водой попадает в реки, водоёмы, озёра, где они резко нарушают условия развития водных организмов. Усиливая развитие водорослей и высших водных растений, туки создают неблагоприятные условия для многих видов рыб. Загрязнение рек, озёр, водоёмов может быть следствием и внутрипочвенного стока.

Наибольшую опасность загрязнения окружающей среды из трёх элементов питания (N P K) представляет азот, что объясняется высокой подвижностью и растворимостью его соединений и, как следствие, приводит к наибольшим потерям его из-за вымывания. Потери азота при внесении умеренных норм азотных удобрений, как правило, невелики (около 3-4 кг/га). Применение их в количествах значительно превышающих биологические потребности культур может приводить к вымыванию до 30-60% внесённого азота (Смирнов П.М. и др., 1981)

Удобрение культур необоснованно высокими нормами приводит не только к потерям питательных веществ, но и снижает коэффициенты их использования из удобрений. При внесении больших доз азотных удобрений, глубоко затрагиваются процессы азотного метаболизма в почвах. Так значительно усиливается минерализация природных запасов органических азотистых соединений, в результате которой в почвах могут не использоваться избыточные количества минерального азота (преимущественно нитратов). Этот дополнительно минерализованный азот вместе с остаточными количествами удобрений может безвозвратно теряться вследствие денитрификации (процесс восстановления нитратного азота до газообразных форм NO, N₂O, N₂) и вымывания нитратов. Последний фактор крайне нежелателен, так как может привести к нитратному загрязнению природных вод. Допустимая доза азотных удобрений, обеспечивающая безопасность грунтовых вод - 120 кг/га.

Также одним из отрицательных моментов при применении азотных удобрений и избыточном содержании азота в почве может быть процесс нитрификации – окисление аммиачных солей до азотистой кислоты *Нитрозоцистис* и *Нитрозоспира* (первая фаза) и до азотной кислоты (вторая фаза) *Нитробактер*. В год в почве может образоваться до 100 мг азотной кислоты на 1 кг почвы (300 кг/га).

При избыточном накоплении азотных соединений в почве за счёт азота, минеральных и органических удобрений они активно поступают в растения и если при оптимальных дозах трансформируются почти полностью до аминокислот и белков, то при избыточном их поступлении они могут *накапливаться в тканях в больших количествах*.

Факторы, влияющие на накопление нитратов:

- дозы азотных удобрений;
- формы азотных удобрений;
- освещение;
- вид землепользования;
- биологические особенности культур;
- использование местных органических удобрений;
- дозы азотных удобрений;

Одним из факторов, влияющих на накопление избыточных количеств нитратов в почвах и растениях, является внесение высоких норм азотных удобрений (250-300 кг /га д. в).

- формы азотных удобрений;

Уровень содержания нитратов в растениях определяется также и формой азотных удобрений. Установлено, что использование аммиачных форм содержание нитратов в растениях меньше, чем при использовании нитратной формы или мочевины.

- освещение;

При недостаточной интенсивности освещения тормозится процесс фотосинтеза, в результате чего замедляется вовлечение нитратов в этот процесс и происходит их аккумуляция в растениях. Поэтому из-за недостатка освещения в осенне-зимний периоды наблюдается повышение содержания нитратов в овощных культурах, выращенных в теплицах.

- вид землепользования;

По данным лизиметрических опытов установлено, что наибольшее количество азота нитратов вымывается из почвы под чистым паром до 21 кг/га, под пропашными культурами количество вымываемого азота уменьшается до 7-9 кг, под зерновыми культурами оно составляет всего 2,5-4,5 кг/га.

- биологические особенности культур; напрямую обуславливает интенсивность накопления нитратов. Среди злаковых культур, растения накапливающие их в больших количествах можно отнести овес, кукурузу, рожь, пшеницу и ячмень. Из овощных высоким содержанием нитратов отличаются зеленые овощные культуры (петрушка, салат, сельдерей, укроп), а также редис, редька и свекла.

Предельно допустимые концентрации нитрат-ионов в с/х культурах

Культура	NO ₃ ⁻ , мг/кг	Культура	NO ₃ ⁻ , мг/кг
Картофель	250	Огурцы	150
Капуста скороспелая	900	Свекла столовая	1400
Капуста позднеспелая	500	Лук репчатый	80
Морковь скороспелая	400	Дыня	90
Морковь позднеспелая	250	Арбуз	60
Сладкий перец	200	Виноград	60
Яблоки	60	Свекла кормовая	800
Томаты	150	Груша	60

Сельскохозяйственная продукция, содержащая повышенное количество нитратов, имеет пониженную питательную ценность, теряет устойчивость к длительному хранению. На слайде представлены данные по ПД содержанию нитратов в с/х культурах.

- использование местных органических удобрений;

В отличие от азота, экологические проблемы, связанные с ускорением круговорота фосфора, обусловленном антропогенной деятельностью, имеют свои особенности. Во-первых, они приурочены исключительно к водной сфере; во-вторых, избыточные концентрации фосфора в природных водах не являются токсичными для живых организмов, в-третьих, проблемы, связанные с попаданием фосфора в воды могут

возникать только локально, вследствие тенденции этого элемента к концентрации на отдельных относительно небольших территориях.

Фосфор обладает малой подвижностью и вымывание его в водоисточники с полей происходит в результате смыва, особенно при ливневых осадках, вымывание фосфора не превышает 10% от количества, вносимого с удобрениями.

Вместе с тем, следует учесть, что применение необоснованно высоких норм фосфорных удобрений может вызывать снижение количества усвояемости растениями микроэлементов в почве и приводит к загрязнению почвы фтором, содержащимся в удобрениях, которые содержат 1-3% и более этого элемента. Фтор обладает высокой химической активностью и представляет большую опасность для здоровья человека и животных.

С 1 т суперфосфата в почву вносится примерно 15 кг фтора, а с 1 т аммофоса – до 50 кг. Причем фтор аккумулируется в почве и в результате биологического круговорота до 95% фтора, внесенного с удобрениями, остается в системе почва – растение.

Повышенные дозы фтора снижают продуктивность животных, угнетают их развитие и ведут к отравлению. У людей избыток фтора приводит к разрушению зубной эмали и развитию остеосклероза.

Вторым негативным экологическим последствием интенсивного применения фосфорных удобрений является опасность накопления тяжелых металлов, входящих в их состав (кадмий, стронций, фтор) и обладающих высокой токсичностью и способностью накапливаться в живых организмах.

Виды примесей, в составе суперфосфата (Франсуа Рамад, 1981)

Элементы	Содержание, мг/кг	Элементы	Содержание, мг/кг
Мышьяк	1,2-2,2	Свинец	7-92
Кадмий	50-170	Никель	7-32
Хром	66-243	Селен	0-4,5
Кобальт	0-9	Ванадий	20-180
Медь	4-79	Цинк	50-1430

В организм животных эти элементы попадают главным образом вместе с кормами и вызывают паралич конечностей и анемию. У людей отравление осуществляется при использовании загрязненной с/х продукции, через природные воды.

При научно обоснованном применении удобрений поступающие в почву количества тяжелых металлов незначительны по сравнению с предельно допустимыми концентрациями этих элементов в почве

То есть, в настоящее время опасности широкого загрязнения среды примесями тяжелых металлов из удобрений нет, но потенциальная опасность все же существует, что требует глубоких исследований в системе почва – удобрения – растение.

Главным отрицательным свойством калийных удобрений, оказывающим негативное влияние на окружающую среду, является поступление в почву хлора, который в больших дозах оказывает негативное влияние на урожай таких сельскохозяйственных культур, как картофель, виноград, табак, цитрусовые и прядильные культуры. Значительная часть хлора может переходить в грунтовые воды и попадать в водоисточники. При внесении в почву 60 кг K_2O в виде хлористого калия растения поглощают 1/6 часть содержащегося в удобрении хлора, остальное впитывается в дренажные воды.

Водоемы могут загрязняться не только нитратами, но и калием, избыток которого в кормовых культурах может вызывать отравление животных.

Избыточное внесение калийных удобрений нарушает баланс магния, натрия, бора в почве и нарушение соотношения этих элементов корма может отрицательно сказаться на состоянии животных, поедаемых такой корм.

Таким образом, химизация сельскохозяйственного производства в отдельных случаях может нанести некоторый ущерб окружающей среде, который, однако не сопоставим с положительным влиянием удобрений и тем не менее эта проблема существует. Поэтому очень важно знать те приемы или меры, которые могут предотвратить или снизить это загрязнение.

2. Приемы снижения негативного воздействия минеральных удобрений на окружающую среду

Анализ мирового опыта применения удобрений свидетельствует о том, что отдельные факты отрицательного влияния удобрений на окружающую среду связаны с ошибками в практике их применения.

Наиболее важной проблемой является решение вопросов повышения коэффициента полезного действия удобрений и **снижения** их потерь. Последнее очень важно для охраны окружающей среды. Если для фосфорных и калийных удобрений решающее значение имеет коэффициент использования питательных веществ растениями, а неиспользованные остатки питательных веществ могут накапливаться в почвах в силу малой подвижности не впитываться и оставаться безвредными для окружающей среды, то для азотных удобрений очень важно не только повышение коэффициента использования, но и предотвращение вымывания нитратов из почв и газообразные потери в результате денитрификации.

- Одним из главных условий уменьшения отрицательного влияния удобрений на окружающую среду при интенсивном их применении, является совершенствование существующих и внедрение новых технологий внесения удобрений (сроки, способы, глубина заделки и т.д).

Традиционная технология внесения удобрений имеет ряд недостатков. Основная доза удобрений вносится, как правило, вразброс под перепашку или культивацию. При внесении удобрения перемешиваются с большим объемом почвы. Внесенные при вспашке питательные вещества рассредотачиваются и подвергаются усиленному воздействию различных факторов (микробиологических, химических и физических). В результате часть питательных веществ необратимо теряется для растений. Прежде всего это относится к азоту. При мелкой заделке (под борону или культиватор) удобрения остаются в верхнем слое почвы, который часто иссушается. В результате растения не могут использовать в полной мере питательные вещества удобрений. Недостаточно высокая эффективность удобрений при разбросном внесении вынуждает значительно повышать дозы, что влечет за собой накопление остаточных количеств удобрений в почвах. При наступлении осенних дождей или с поливами неиспользованные нитраты удобрений вымываются из пахотного слоя в глубокие горизонты и в грунтовые воды.

В основу новых технологий положены сорта растений с высоким генетическим потенциалом продуктивности и качества, который реализуется точным регулированием продукционного процесса по микропериодам органогенеза (этапам формирования генеративных органов) и последовательной оптимизацией системы обработки почвы, схемы чередования культур, применения средств защиты растений, удобрений. При этом проведение технологических операций приурочивают к ответственным за формирование урожая периодам на основе систематических наблюдений за ростом и развитием растений. Это позволяет более эффективно использовать генетический потенциал культуры, сорта, материальные и другие ресурсы. Урожайность культур при этом повышается, качество продукции улучшается.

Также в последнее время все больше применяются локальные способы внесения удобрений, повышающие коэффициент их полезного действия.

- Вопросы защиты окружающей среды должны также учитываться при выборе норм минеральных удобрений. В каждом конкретном случае необходимо ввести ежегодную корректировку рекомендуемых норм удобрений с учетом потенциальной урожайности возделываемых культур и анализов почв.

Следует признать целесообразным разделение высоких доз азотных удобрений на несколько сроков внесения, что позволит уменьшить потери питательных веществ в грунтовые воды. Дробное внесение азотных удобрений имеет существенное значение на почвах легкого механического состава, а также на почвах с близким залеганием галечника и грунтовых вод.

- применение ингибиторов нитрификации, которые способствуют торможению процессов нитрификации в почве в течение 1,5-2 месяцев;

- применение медленно действующих азотных удобрений, типа МФУ, высококонцентрированных фосфорных удобрений, полифосфатов.

- - правильный выбор форм азотных удобрений. Наиболее резко оно увеличивается при внесении в почву удобрений, содержащих нитратные формы азота, например, аммиачной селитры. Внесение мочевины в меньшей степени повышает содержание нитратов в растениях.

- более полная утилизация соединений фтора, входящих в состав фосфорных удобрений в процессе их получения и создание новых форм с регулируемой растворимостью в почвенном растворе многослойных гранулированных удобрений, покрытых пленками полимерных или битумных материалов;

- сбалансированное внесение калийных хлорсодержащих удобрений с учетом содержания обменного калия в почве, применение бесхлорных калийных удобрений (например сульфат калия) на почвах с близким залеганием грунтовых вод;

- соблюдение правил хранения удобрений, особенно хлорсодержащих;

- учет сопутствующих агротехнических факторов – возделывание культур с корневой системой, проникающей вглубь и использующей нитраты из глубоких слоев почвы; использование в севооборотах пожнивных культур;

- соблюдение оптимального режима орошения, исключающего смыкание грунтовых и поливных вод.

Биологическая роль важнейших удобрений

Удобрения	Положительное действие	Отрицательное действие
Азотные	<ul style="list-style-type: none"> • Азот входит в состав белков, аминокислот, витаминов, хлорофилла и других жизненно важных органических соединений. • Увеличивают содержание белка в зернах пшеницы, кукурузы, гречихи, проса и других зерновых культур. • Оказывают благоприятное влияние на содержание клейковины, стекловидность зерна, выход муки, ее хлебопекарные качества 	Токсичность определяется химическим составом и агрессивностью выделяющихся компонентов (аммиак, оксиды азота)
Фосфорные	<ul style="list-style-type: none"> • Фосфор участвует в синтезе аминокислот, белков, жиров, крахмала, сахаров и других продуктов обмена. 	Токсическое действие солей фосфорной кислоты возможно лишь при

	<ul style="list-style-type: none"> • Повышают сахаристость свеклы, улучшают качество зерна, увеличивают содержание белков, входящих в клейковину. • Способствуют увеличению урожая и качества подсолнечника, масличных культур, табака, картофеля, увеличивают питательную ценность сена 	<p>высоких дозах. Токсичность суперфосфата и нитрофосок определяется примесями соединений фтора. Кислые соли и суперфосфат (содержит свободный P_2O_5) обладают раздражающим и прижигающим действием на кожу</p>
Калийные	<ul style="list-style-type: none"> • Имеют важное значение в углеводном и белковом обмене. • Усиливают фотосинтез и отток сахаров из листьев в другие части. • Способствуют поддержанию тургора клеток, прочности стеблей, увеличивают накопление сахара в клеточном соке. • Повышают качество корнеплодов сахарной свеклы, волокон льна-долгунца, семян подсолнечника 	

3 Значение удобрений в повышении урожайности культур и улучшении качества, сохранении плодородия почв

Опытом мирового земледелия доказано, что удобрениям как минеральным, так и органическим, принадлежит ведущая роль в повышении урожая с/х культур и улучшении его качества, повышения плодородия почв.

Американские ученые в системе мер по повышению урожая наибольшим удельным весом (в %) отводят удобрениям - 41%, гербицидам - 13-20%, благоприятным погодным условиям - 15%, гибридным семенам - 8%, ирригации - 5%, прочим факторам - 11-18%. Немецкие ученые 50% прироста урожая относят за счет удобрений, а французские - до 70%.

Известно, что основная задача АПК республики – обеспечение продовольственной безопасности страны, т. е. обеспечение страны продовольственным и с/х сырьем. Решение этой задачи возможно лишь на основе дальнейшего роста урожайности, повышения продуктивности каждого гектара земли.

С ростом урожайности возрастает потребление питательных веществ растениями, поэтому, чем выше планируемую урожайность, тем больше требуется удобрений. Однако необходимо учитывать, что урожай возрастает в прямой зависимости от увеличения норм удобрений до определенного уровня, при котором достигается наибольшая оплата единицы удобрения получаемой продукцией.

Удобрения положительно влияют и на качество урожая. Так, азотные удобрения улучшают качество зерна пшеницы, внесение натриевой селитры способствует повышению содержания сахара в корнеплодах сахарной свеклы и т.д.

Значение органических удобрений известно с давних пор, о чем свидетельствует многовековая практика их применения. Помимо того, что они являются источниками элементов питания – (внесение навоза 20-30 т/га дает прибавку урожая картофеля 60-70 ц, корнеплодов до 150 ц, силосных культур до 150-200 ц/га), они также способствуют

повышению плодородия почв, улучшению микробиологических процессов в почве. высоко его последствие – 4-5 лет.

В Казахстане на 1 га посевной площади вносилось 1,5-2,0 кг минеральных (в пересчете на действующее вещество) и 0,05 т органических удобрений (данные 2006 г.).

4. Заключение и рекомендации по применению удобрений и повышению почвенного плодородия

Удобрения оказывают комплексное действие на плодородие:

- подкисляют или подщелачивают почвенный раствор;
- изменяют агрохимические свойства;
- влияют на биологическую и ферментативную активность почвы;
- усиливают или ослабляют физико-химическое и химическое поглощение;
- влияют на мобилизацию или иммобилизацию токсических элементов и радионуклидов;
- усиливают минерализацию гумуса;
- влияют на интенсивность фиксации азота из атмосферы;
- усиливают или ослабляют действие и подвижность других питательных веществ почвы и удобрений;
- вызывают антагонизм или синергизм ионов при поглощении растениями.

Способы и пути повышения почвенного плодородия:

- Эффективное использование органических и минеральных удобрений,
- Известкование и гипсование почв,
- Выбор обработки почвы,
- Орошение и осушение,
- Охрана от водной и ветровой эрозии,
- Посев многолетних трав, сидератов,
- Введение севооборотов,
- Подбор подходящих сортов и гибридов культур

Литература:

1. Агрохимия (под ред. Б.А. Ягодина) – М., 1989
2. Агрохимия (под ред. Минеева В.Г.) - М., 2001
3. Прянишников Д.Н. Избранные сочинения. Т.1, 2, 3 - Москва, 1967
4. Панников В.Д., Минеев В.Г. Почва, климат, удобрение и урожай . – М., 1987
5. Минеев В.Г. История развития агрохимии в России и за рубежом (в 2 томах). – М., 2005
6. Фаизов К.Ш. и другие. География и экология почв Казахстана. Алматы, 2003 г.
7. Под ред. Черникова В.А., Черекеса А.И. Агроэкология. М., 2000 г.
8. Охрана почв и рациональное использование земельных ресурсов Казахстана. Алма-Ата., 1976 г.
9. Джанпеисов Р. Эрозия и дефляция почв Казахстана. Алма-Ата., 1977 г.
10. Минеев В.Г., Ремпле Е.Х. Агрохимия, биология и экология почвы. М., 1990 г.
1. Экологические проблемы применения удобрений и воспроизводство почвенного плодородия (сборник научных трудов). Алматы, 1994 г.
2. Жумабеков Е.Ж., Елешев Р.Е. Применение удобрений и окружающая среда, 2003 г.