

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ -
МСХА имени К.А. ТИМИРЯЗЕВА

Ю.Е. Гусева, А.Н. Налиухин, В.А. Демин

ПРАКТИКУМ ПО СИСТЕМЕ УДОБРЕНИЯ

Учебное пособие

Москва
РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева
2023

УДК 631.8
ББК 40.44
Г 96

Рецензенты

Борисов Б.А., доктор биологических наук, профессор кафедры почвоведения, геологии и ландшафтоведения института Агробиотехнологии ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева

Шафран С.А., доктор сельскохозяйственных наук, заведующий лабораторией оценки эффективности минеральных удобрений и регулирования плодородия почв ФГБНУ «ВНИИ агрохимии»

Гусева, Ю.Е. Практикум по системе удобрения: учебное пособие / Ю.Е. Гусева, А.Н. Налиухин, В.А. Демин; Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева. – Москва: РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, 2023. – 136 с. – Текст: электронный.

В учебном пособии изложены агротехнические, почвенно-климатические условия эффективного применения удобрений. Рассмотрены основы применения удобрений в севооборотах хозяйств. Изложены способы внесения минеральных, органических удобрений и мелиорантов в различных условиях. Даны основные методы определения норм минеральных удобрений под сельскохозяйственные культуры.

Учебное пособие предназначено для студентов вузов, обучающихся по направлению 35.03.03 «Агрохимия и агропочвоведение». Может быть использовано студентами, обучающимися по направлению 35.03.04 «Агрономия», а также студентами, магистрантами и аспирантами других направлений.

Рекомендовано к изданию учебно-методической комиссией института Агробиотехнологии РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, протокол № 6 от 1 ноября 2023 г.

© Гусева Ю.Е., Налиухин А.Н., Демин В.А., 2023
© ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, 2023

ПРЕДИСЛОВИЕ

Настоящее пособие предназначено для улучшения подготовки студентов, обучающихся по направлениям 35.03.03 «Агрохимия и агропочвоведение» и 35.03.04 «Агрономия». Пособие позволит более рационально и продуктивно использовать крайне ограниченные ресурсы учебного времени, отводимого на практические занятия по дисциплинам «Система удобрения» и «Агрохимия».

Учебное пособие поможет студенту овладеть не только теоретическими знаниями, но и приобрести навыки рационального применения удобрений при интенсивных технологиях возделывания сельскохозяйственных культур в разных организационных структурах сельскохозяйственного производства с учетом типов и видов севооборотов различных почвенно-климатических зон страны, величины планируемой урожайности культур, повышения или сохранения плодородия почвы, получения продукции надлежащего качества, и соблюдения эколого-защитных мероприятий.

Задачи практических занятий заключаются в определении потребности сельскохозяйственных культур в элементах питания; необходимости известкования и фосфоритования почв; способности почв удовлетворять потребности растений в питательных веществах; установлении влияния различных факторов на эффективность органических и минеральных удобрений; изучении приемов, сроков, способов и техники внесения удобрений, а также в определении доз минеральных удобрений под сельскохозяйственные культуры.

ТЕМА 1. ОПРЕДЕЛЕНИЕ И ЗАДАЧИ СИСТЕМЫ УДОБРЕНИЯ

Практическое занятие № 1. Определение и задачи системы удобрения.

Цель: дать определение и установить задачи системы удобрения.

Задачи:

1. Ознакомиться с определением системы применения удобрений.
2. Установить задачи, стоящие перед системой применения удобрений.
3. Изучить типы системы применения удобрений.

Рациональная система удобрения, отвечающая природным и организационно-экономическим условиям хозяйства, - ведущий фактор повышения урожая и улучшения его качества, роста почвенного плодородия или его сохранения.

Систему удобрения в процессе ее развития можно подразделить на два этапа:

- 1 составление документа-рекомендации по применению удобрений с экономическим обоснованием;
- 2 реализация этого документа на практике, на полях данного хозяйства.

На первом этапе систему удобрения в севообороте можно назвать планом применения органических и минеральных удобрений, в котором предусматриваются:

- ⇒ виды удобрений;
- ⇒ дозы удобрений;
- ⇒ время внесения и способы заделки удобрений под отдельные культуры в зависимости от почвенно-климатических и других условий.

Составить такой план в хозяйстве должен специалист - агроном по удобрениям. Для этого необходимо иметь контрольные цифры из организационно-хозяйственного плана по динамике урожайности

сельскохозяйственных культур за предшествующие 3-5 лет и на перспективу, севообороты (или хотя бы реально возможное чередование культур по полям), агрохимические картограммы, почвенную карту и план накопления органических удобрений. Часто такой документ разрабатывается для хозяйства научно-исследовательским учреждением.

Особое значение имеет реализация плана применения удобрений на практике, на полях хозяйства. На этом этапе необходимо осуществить комплекс организационных и агротехнических мероприятий. Систему удобрения нельзя рассматривать в отрыве от всего организационного комплекса хозяйства.

Система удобрения в севооборотах хозяйства — это организационно-хозяйственный, агрохимический и агротехнический комплекс мероприятий, направленных на выполнение научно обоснованного плана применения удобрений, в котором предусматриваются виды, нормы удобрений, сроки их внесения и способы заделки под сельскохозяйственные культуры.

Этот план составляется с учетом:

- биологических особенностей культур;
- величины планируемого урожая;
- почвенно-климатических условий;
- последствия удобрения;
- особенностей каждого поля;
- баланса питательных веществ за севооборот;
- влияния удобрений на качество урожая и повышение (или сохранение) плодородия почвы.

Обязательное условие системы удобрения — ее экономическая эффективность. Система удобрения рассчитана на планомерное применение удобрений на каждом поле в течение длительного периода времени.

Система применения удобрений включает следующие основные задачи:

- увеличение урожайности сельскохозяйственных культур и получение продукции высокого качества;
- повышение и постепенное выравнивание плодородия полей, а в некоторых случаях - сохранение существующего их плодородия;
- эффективное использование удобрений;
- повышение темпа интенсификации земледелия;
- охрана окружающей среды.

В хозяйствах в зависимости от их специализации и удаленности полей севооборотов от животноводческих ферм или промышленно-животноводческих комплексов могут складываться три типа системы удобрения:

1 навозно-минеральная, органоминеральная, или комбинированная, основанная на совместном применении органических (навоз, компосты, торф, зеленое удобрение и др.) и минеральных удобрений;

2 минеральная, или безнавозная, при которой применяют одни минеральные удобрения;

3 органическая, или навозная, характерная прежде всего для некоторых хозяйств промышленно-животноводческого направления и предусматривающая утилизацию бесподстилочного навоза.

Контрольные вопросы:

1. Роль удобрений в повышении урожайности сельскохозяйственных культур и плодородии почв.
2. Определение понятия «система удобрения».
3. Задачи системы удобрения при интенсификации сельского хозяйства и ее роль в охране окружающей среды.
4. Перечислить типы системы удобрения и дать им характеристику.

ТЕМА 2. ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПОТРЕБНОСТИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР В УДОБРЕНИЯХ

Практическое занятие № 2. Потребность растений в элементах питания

Цель: освоить физиологические основы определения потребности растений в элементах питания.

Задачи:

1. Изучить поступления питательных веществ в растения в различные периоды роста;
2. Ознакомиться с видами выноса питательных веществ урожаем сельскохозяйственных культур (биологическим, хозяйственным и остаточным);
3. Освоить примерный вынос питательных веществ на единицу урожая основных сельскохозяйственных культур и причины, влияющие на него.

Поступление питательных веществ в растения в различные периоды роста

В течение периода вегетации растений поступление элементов минерального питания существенно изменяется.

Критический период поступления того или иного питательного элемента – такой период, когда недостаток какого-либо элемента в питательной среде особенно отрицательно сказывается на росте и развитии растений, и последующее обеспечение их этим элементом не в состоянии полностью исправить положение. Первые 10 – 15 дней после появления всходов – критический период для сельскохозяйственных культур в отношении фосфора и азота. Недостаток данных элементов минерального питания в этот период не может быть возмещен в последующем. Недостаток

калия в питательной среде в начальные фазы роста и развития растений значительно снижает урожай, однако последующее внесение калийных удобрений позволяет довольно существенно повысить урожай.

Критический период в отношении минерального питания проявляется ранней весной, когда низкая температура тормозит микробиологическую деятельность почвы.

Максимальный период в питании растений – период, когда среднесуточное потребление элемента минерального питания достигает своего максимума. Проявляется в более поздние фазы развития растений, может совпадать с периодом наибольшего накопления сухой биомассы.

Период питания различен у разных растений. У таких сельскохозяйственных культур, как конопля, лен, большинство злаков период питания значительно короче периода вегетации. У других (сахарная свекла, картофель, капуста и др.) – растянут и почти совпадает с периодом вегетации.

Для формирования величины и качества урожая можно регулировать питание растений с учетом их биологических особенностей по периодам роста. Периодичность питания растений – теоретическое обоснование дробного внесения удобрений, а именно в разные слои почвы и в разные сроки.

Правильная система питания растений в полевых условиях – сочетание основного удобрения (на глубину 15 – 25 см), припосевного удобрения (на глубину 3 – 10 см) и, если необходимо, проведение корневых и некорневых подкормок.

Вынос питательных веществ урожаем сельскохозяйственных культур

Разные сельскохозяйственные культуры из одной и той же почвы потребляют неодинаковое количество питательных элементов и в различном их соотношении. На поглощение питательных веществ растениями влияют видовые и сортовые особенности сельскохозяйственных культур, а также почвенно-климатические условия.

Потребность культур в питательных веществах можно выразить выносом с общим урожаем элементов питания или выносом на единицу урожая основной продукции с учетом соответствующего количества побочной.

Максимум накопления элементов минерального питания в растении наблюдается в начале созревания. В конечных фазах развития сельскохозяйственных культур отмечаются некоторые потери элементов питания в результате опадания листьев, оттока веществ из корневой системы в почву.

Биологический вынос – такое количество питательных веществ, которое потребляется растениями для создания биологической массы урожая (основная продукция + побочная продукция + пожнивно-корневые остатки, в том числе и питательные вещества, частично возвращенные в почву). Подразделяется на хозяйственный вынос и остаточный вынос.

Хозяйственный вынос – часть питательных веществ, которая содержится в товарной продукции, увозимой с поля при уборке (зерно и солома, корнеплоды и ботва и др.). Если нетоварную часть урожая (солому или ботву) оставляют на поле, то питательные вещества, содержащиеся в ней, не учитываются в хозяйственном выносе.

Остаточный вынос – часть питательных веществ, которая остается на поле в виде пожнивно-корневых остатков, опавших листьев, потерь зерна, а также некоторое количество элементов питания, перешедших из корней в почву. В остаточной части выноса может содержаться значительная доля питательных веществ, использованных в создании урожая (табл. 1).

Следовательно, внесение удобрений в расчете на размеры хозяйственного выноса питательных веществ не отражает полной потребности в них растений.

Растению необходимы элементы питания не только для создания хозяйственной части урожая, но и для формирования корневой системы,

стебля, листьев, которые остаются на поле. Остаточная часть выноса оказывает в результате минерализации последствие на другие культуры.

Таблица 1

Примерное содержание N, P₂O₅ и K₂O в хозяйственной части урожая сельскохозяйственных культур, % от биологического выноса

Культуры	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Многолетние травы (клевер с тимофеевкой)	48	48	52
Клевер 1-го года пользования	40	40	50
Клевер 2-го года пользования	40	40	47
Однолетние травы (вика, горох с овсом)	61	68	66
Зерновые	75	79	64
Картофель	71	72	79
Кукуруза на силос	80	82	71
Кормовые бобы на силос	76	85	70
Томаты	66	72	86
Огурцы	53	60	58
Капуста белокочанная	55	49	38
Лук-репка	67	73	80
Капуста цветная	25	21	27

В практических целях потребность растений в питательных веществах чаще всего характеризуют хозяйственным выносом в пересчете на 1 т основной продукции с учетом соответствующего количества побочной и используют его при определении норм внесения удобрений (табл. 2).

Таблица 2

Примерный вынос основных элементов питания с 1 т основной и соответствующим количеством побочной продукции (средние показатели), кг

Культура	Основная продукция	Вынос основной продукции с учетом побочной		
		N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Пшеница озимая	Зерно	35	12	26
Рожь озимая	»	30	12	28
Пшеница яровая	»	38	12	25
Ячмень	»	27	11	24
Кукуруза	»	34	12	37
Овес	»	30	13	29
Просо	»	33	10	34
Гречиха	»	30	15	40
Горох	»	30	16	20
Вика	»	30	14	16
Подсолнечник	Семена	60	26	180
Лен-долгунец	Волокно	80	40	70
	Солома	15	7	12
Конопля	Волокно	200	60	100
Хлопчатник	Хлопок-сырец	45	15	50
Картофель ранний	Клубни	5,0	1,5	7,0
Картофель поздний	»	6,0	2,0	9,0
Сахарная свекла	Корни	5,9	1,8	7,5
Кормовая свекла	Корнеплоды	4,9	1,5	6,7
Горох с овсом	Зеленая масса	3,0*	1,4	5,0
Вика с овсом	»	3,0*	1,2	4,5
Кукуруза	»	2,5	1,2	4,5

Окончание табл. 2.

Примерный вынос основных элементов питания с 1 т основной и соответствующим количеством побочной продукции (средние показатели), кг

Культура	Основная продукция	Вынос основной продукции с учетом побочной		
		N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Рожь озимая	»	3,0	1,2	4,5
Клевер с тимофеевкой	Сено	14*	6	20
Тимофеевка	»	16	7	24
Вика с овсом	»	15*	6	20
Капуста белокочанная	Кочаны	3,4	1,3	4,4
Морковь столовая	Корнеплоды	3,2	1,2	5,0
Свекла столовая	»	2,7	1,5	4,3
Томаты	Плоды	3,2	1,1	4,0
Огурцы	»	2,8	1,4	4,4
Лук-репка	Луковица	3,7	1,3	4,0
Плодовые и ягодные	Плоды и ягоды	5,0	3,0	6,0
Виноград	Ягоды	1,7	1,4	5,0
Чай	Сухой лист	50	7	23

Сельскохозяйственные культуры потребляют питательные вещества в различном соотношении (табл. 3). Вынос питательных веществ на единицу основной продукции урожая (с учетом побочной) – величина непостоянная. Он может существенно изменяться в зависимости от почвенно-климатических условий, сорта, величины урожая, уровня вносимых удобрений, орошения. Вынос питательных веществ на единицу основной продукции увеличивается при внесении удобрений. Прежде всего это касается калия, затем азота и в меньшей степени фосфора. Если растение обеспечено питательными веществами, но испытывает неблагоприятное влияние со стороны какого-либо

фактора внешней среды или совместного действия ряда факторов, то вынос питательных веществ на единицу основной продукции в этом случае повышается. И наоборот, благоприятное сочетание различных факторов способствует более экономному расходованию питательных веществ на создание урожая.

Таблица 3

Примерное соотношение элементов питания в урожае сельскохозяйственных культур

Культуры	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Зерновые	2,5 – 3,0	1	2,2 – 3,0
Силосные	2,1 – 2,7	1	3,3 – 3,8
Овощные	2,0 – 2,9	1	3,0 – 3,6
Картофель, корнеплоды, сахарная свекла	3,0 – 3,3	1	4,2 – 4,7

Контрольные вопросы:

- Каковы физиологические основы определения потребности сельскохозяйственных культур в удобрениях?
- Что понимается под критическим и максимальными периодами поступления питательных веществ в растение?
- Каков критический период у растений в отношении фосфорного и азотного питания?
- Что такое биологический, хозяйственный, остаточный выносы питательных веществ растениями, от чего они зависят и как их определить?
- Для чего необходимо знать величину хозяйственного выноса элементов питания?
- Каков вынос N, P₂O₅ и K₂O на единицу урожая основных сельскохозяйственных культур?
- Каково оптимальное соотношение N : P₂O₅ : K₂O в зерновых, овощных, корнеплодах?

Практическое занятие № 3. Расчет выноса элементов питания сельскохозяйственной культурой на единицу основной продукции с учетом соответствующего количества побочной

Цель: освоить расчет выноса элементов питания сельскохозяйственной культурой на единицу основной продукции с учетом соответствующего количества побочной

Задачи:

- Освоить определение выноса элементов питания на 1 т основной продукции (с учётом побочной) на примере зерновой и пропашной культур.
- Рассчитать вынос элементов питания на 1 т основной продукции (с учётом побочной) зерновой и пропашной культурами

Используя данные таблиц 5-8 и пример расчета выноса элементов питания на 1 т основной продукции (с учётом соответствующего количества побочной) для зерновой и пропашной культур

рассчитать вынос элементов питания на 1 т основной продукции (с учётом побочной) для следующих сельскохозяйственных культур

- озимая пшеница;
- озимая рожь;
- яровая пшеница;
- ячмень;
- овес;
- кукуруза на зерно;
- гречиха;
- просо;
- горох на зерно;
- вика на зерно;
- картофель;
- кормовая свекла;

- столовая свекла;
- сахарная свекла;
- морковь кормовая;
- морковь столовая;
- капуста белокочанная.

Окончание табл. 4.

Химический состав растений, в % на воздушно-сухое вещество

Культура	Продукция	Вода	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	MgO	CaO	S
Картофель	Клубни	75	1,3	0,56	2,4	0,24	0,12	0,08
	Ботва	77	1,3	0,70	3,7	0,91	3,48	-
Сахарная свекла	Корни	75	0,96	0,32	1,0	0,20	0,24	-
	Ботва	84	2,19	0,62	3,1	0,69	1,06	-
Кормовая свекла	Корнеплоды	88	1,58	0,58	3,5	0,33	0,25	0,17
	Ботва	90	3,0	0,8	2,5	1,4	1,6	-
Морковь кормовая	Корнеплоды	89	1,64	1,0	3,6	0,45	0,64	0,13
	Ботва	82	1,89	0,44	3,3	0,83	8,3	-
Капуста белокочанная	Кочан	91	2,9-3,7	0,8-1,0	3,1-4,1	-	-	-
	Листья	88-90	1,6-2,1	0,2-0,3	0,7-1,1	-	-	-

Таблица 4

Химический состав растений, в % на воздушно-сухое вещество

Культура	Продукция	Вода	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	MgO	CaO	S
Озимая пшеница	Зерно	14	2,0-2,5	0,85-1	0,5-0,8	0,15	0,07	0,14
	Солома	14	0,5	0,2	0,9-1,0	0,11	0,28	0,04
Озимая рожь	Зерно	14	1,6	0,85	0,6	0,12	0,09	0,11
	Солома	14	0,45	0,26	1,0	0,09	0,29	0,16
Ячмень яровой	Зерно	14	1,9	0,85	0,55	0,16	0,10	0,12
	Солома	14	0,5	0,2	1,0	0,09	0,33	0,15
Овес	Зерно	14	2,1	0,85	0,5	0,17	0,16	0,13
	Солома	14	0,65	0,35	1,6	0,12	0,38	0,17
Кукуруза	Зерно	14	1,8-2,0	0,57	0,37	0,19	0,03	0,06
	Стебли	15	0,75	0,3	1,64	0,26	0,49	0,15
Гречиха	Зерно	14	1,8	0,57	0,27	0,15	0,05	0,18
	Солома	14	0,8	0,6	2,4	0,19	0,95	0,13
Горох	Зерно	14	4,5	1,0	1,25	0,13	0,09	0,18
	Солома	16	1,4	0,35	0,50	0,27	1,82	0,32
Вика	Зерно	14	4,55	0,99	0,8	0,24	0,22	0,11
	Солома	16	1,4	0,27	0,63	0,37	0,56	0,50
Соя	Зерно	14	5,8	1,04	1,26	0,25	0,17	0,03
	Солома	16	1,2	0,31	0,50	0,50	1,46	0,33

Таблица 5

Соотношение основной продукции к побочной

Культура	Основная продукция	Побочная продукция
Озимая пшеница	1	1,5 – 2,0
Озимая рожь	1	2,0 – 2,1
Яровая пшеница	1	1,6
Ячмень	1	1,1 – 1,4
Овес	1	1,2 – 1,5
Просо	1	1,8
Кукуруза на зерно	1	2,0
Гречиха	1	1,5
Рапс озимый	1	2,0

Окончание табл. 5.

Соотношение основной продукции к побочной

Культура	Основная продукция	Побочная продукция
Горчица белая	1	1,7
Горох	1	1,5
Вика	1	1,2
Люпин	1	2,0
Соя	1	2,2
Лен-долгунец (семена)	1	8,0
Лен-долгунец (волокно)	1	6,0
Конопля (волокно)	1	8,0
Хлопчатник (хлопок-сырец)	1	2,4
Картофель	1	0,8 – 1,0
Свекла сахарная	1	1,0
Свекла кормовая	1	0,4
Морковь кормовая и столовая	1	0,5
Капуста белокочанная	1	0,4 – 0,65

Таблица 6

Содержание воды и сухого вещества в растениях, %

Культура	Продукция	Вода	Сухое вещество
Озимая пшеница	Зерно	14	86
	Солома	14	86
Озимая рожь	Зерно	14	86
	Солома	14	86

Продолжение табл. 6.

Содержание воды и сухого вещества в растениях, %

Культура	Продукция	Вода	Сухое вещество
Ячмень	Зерно	14	86
	Солома	14	86
Овес	Зерно	14	86
	Солома	14	86
Кукуруза	Зерно	14	86
	Стебли	15	85
Гречиха	Зерно	14	86
	Солома	14	86
Горох	Зерно	14	86
	Солома	16	84
Вика	Зерно	14	86
	Солома	16	84
Соя	Зерно	14	86
	Солома	16	84
Картофель	Клубни	75	25
	Ботва	77	23
Сахарная свекла	Корни	75	25
	Ботва	84	16
Кормовая свекла	Корнеплоды	88	12
	Ботва	90	10
Морковь кормовая	Корнеплоды	89	11
	Ботва	82	18
Лен	Семена	14	86
	Соломка	16	84
Рапс	Семена	14	86
	Солома	16	84

Окончание табл. 6.

Содержание воды и сухого вещества в растениях, %

Культура	Продукция	Вода	Сухое вещество
Капуста белокочанная	Кочаны	90	10
Капуста цветная	Кочаны	91	9
Кабачок	Плоды	93	7
Баклажан	Плоды	91	9
Морковь столовая	Корнеплоды	89	11
Свекла столовая	Корнеплоды	87	13
Редис	Корнеплоды	93	7
Огурец	Плоды	95 – 96,5	3,5 – 5
Томат	Плоды	93,5 – 94,5	5,4 – 5,5
Салат	Листья	95	5
Шпинат	Листья	91,2	8,8
Укроп	Листья	86,5	13,5
Чеснок	Луковицы	70	30
Яблоки	Плоды	88	12
Земляника	Ягоды	78	22
Крыжовник	Ягоды	77	23
Смородина черная	Ягоды	85	15
Груша	Плоды	88	12
Виноград	Ягоды	79	21
Апельсин	Ягоды	88	12

Пример расчета выноса элементов питания на 1 т основной продукции (с учётом соответствующего количества побочной)

Зерновая культура – озимая пшеница

№	Показатели	Элемент питания	Основная продукция	Побочная продукция
			Зерно	Солома
1.	Соотношение основной и побочной продукции	-	1	1,5
			10 ц	15 ц
2.	Процентное содержание элементов питания на воздушно-сухую массу, %	N	2,5	0,5
		P ₂ O ₅	0,9	0,2
		K ₂ O	0,7	1,2
3.	Количество, кг	N	25	7,5
		P ₂ O ₅	9	3
		K ₂ O	7	18
4.	Итого, кг	N	32,5	
		P ₂ O ₅	12,0	
		K ₂ O	25,0	

Пропашная культура – картофель

№	Показатели	Элемент питания	Основная продукция	Побочная продукция
			Клубни	Ботва
1.	Соотношение основной и побочной продукции	-	1	0,8
			10 ц	8 ц
2.	Содержание сухого вещества, %	-	25	23
3.	Количество сухой массы, ц	-	2,5	1,84
4.	Процентное содержание элементов питания на воздушно-сухую массу, %	N	1,3	1,3
		P ₂ O ₅	0,56	0,70
		K ₂ O	2,4	3,7
5.	Процентное содержание элементов питания на сухую массу, %	N	1,44	1,44
		P ₂ O ₅	0,62	0,78
		K ₂ O	2,67	4,11
6.	Количество, кг	N	3,6	2,65
		P ₂ O ₅	1,55	1,44
		K ₂ O	6,68	7,56
7.	Итого, кг	N	6,25	
		P ₂ O ₅	2,99	
		K ₂ O	14,24	

Практическое занятие № 4. Использование питательных веществ растениями из почв и удобрений

Цель: изучить использование питательных веществ растениями из почв и удобрений.

Задачи:

1. Изучить использование элементов минерального питания растениями из почвы и удобрений;
2. Освоить расчет коэффициентов использования элементов питания растениями из почвы и удобрений;
3. Рассчитать коэффициенты использования растениями питательных элементов из почвы и удобрений.

Использование питательных веществ растениями из почвы

Коэффициент использования элемента питания из почвы показывает долю его потребления по отношению к общему содержанию подвижной формы этого элемента в пахотном слое на 1 га и выражается в процентах (или десятичной дробью).

$$\text{КИП} = \frac{B_0}{C} \times 100 \%, \text{ где}$$

B₀ – количество элемента питания, вынесенное с урожаем на удобренной почве, кг/га;

C – содержание подвижной формы элемента питания в пахотном слое, кг/га.

Содержание элемента питания (в кг/га) в пахотном слое (обычно 0 – 20 см) определяется путем умножения его количества по картограмме (в мг/кг почвы) на коэффициент пересчета 3. Например, если содержание подвижного фосфора составляет 50 мг/кг почвы, то в пахотном слое: $50 \times 3 = 150$ кг/га P₂O₅.

Коэффициенты использования подвижных форм питательных веществ из почвы могут существенно изменяться не только в силу биологических особенностей разных культур, но и в результате изменения окружающих

факторов, таких как: плодородие почвы, кислотность почвы, погодные условия, уровень агротехники и пр. Это затрудняет их применение для определения расчетных норм удобрений.

- Чем выше содержание элемента питания в доступной форме в почве, тем ниже коэффициент его использования растениями.

- При внесении органических, минеральных удобрений и извести усиливается мобилизация питательных веществ почвы и коэффициенты их использования растениями увеличиваются

- При орошении коэффициенты использования питательных веществ из почвы могут увеличиваться в 1,5 – 2 раза.

- Обработка почвы, уровень агротехники также влияют на величину коэффициентов. К примеру, в чистых парах интенсивность ежегодной минерализации гумуса выше в 3-5 раз, чем в почвах, занятых культурами. В результате этого в чистых парах разных почв может накапливаться до 240 кг/га минерального азота в корнеобитаемом слое 0-60 см, что повышает урожайность и коэффициенты использования питательных веществ из почвы.

- Коэффициенты использования питательных веществ из почвы носят условный характер, так как усиливается содержание элементов питания только в пахотном слое почвы. Растения же используют питательные вещества также из более глубоких слоев.

Коэффициенты использования легкогидролизуемого азота яровыми зерновыми культурами принимаются равными 20 %, озимыми зерновыми, кукурузой, многолетними травами – 25 %, пропашными и овощными культурами – 30 – 35 %;

Для каждого общепринятого метода агрохимического анализа данного типа почв по определению подвижных форм фосфора и калия должны быть свои коэффициенты использования питательных веществ из почвы (табл. 9). Коэффициенты в таблице 9 определены на дерново-подзолистых и серых лесных почвах при среднем содержании подвижных P_2O_5 и K_2O в почве; на некарбонатных черноземах при среднем содержании P_2O_5 и повышенном

содержании K_2O ; на карбонатных черноземах, каштановых почвах и сероземах при среднем содержании P_2O_5 и высоком содержании K_2O . Если обеспеченность почвы фосфором или калием ниже или выше указанных на один-два класса, то вводится поправка к коэффициентам соответственно $\pm 20-40$ % или ± 20 % на каждый последующий класс почвы.

Средние коэффициенты использования сельскохозяйственными культурами P₂O₅ и K₂O из разных почв, %

Культуры	Почвы								
	Дерново-подзолистые		Серые лесные	Черноземы некарбонатные	Черноземы карбонатные	Каштановые	Сероземы		
	метод Кирсанова		метод Чирикова		метод Мачигина				
K₂O									
Зерновые, однолетние и многолетние травы	10	12	12	5	5	5	5	5	
Кукруза на силос	20	25	20	7	7	7	-	-	
Лен-долгунец	5	-	-	-	-	-	-	-	
Картофель	20	25	25	-	-	-	-	-	
Кукруза на зерно	-	30	25	10	10	10	-	-	
Сахарная свекла	-	40	30	-	-	-	-	-	
Подсолнечник	-	-	40	20	15	15	-	-	
Хлопчатник	-	-	-	-	10	10	10	10	

26

Средние коэффициенты использования сельскохозяйственными культурами P₂O₅ и K₂O из разных почв, %

Таблица 9

Культуры	Почвы								
	Дерново-подзолистые		Серые лесные	Черноземы некарбонатные	Черноземы карбонатные	Каштановые	Сероземы		
	метод Кирсанова		метод Чирикова		метод Мачигина				
P₂O₅									
Зерновые, однолетние и многолетние травы	5	8	10	15	15	15	15	15	
Кукруза на силос	5	8	10	15	15	15	-	-	
Лен-долгунец	3	-	-	-	-	-	-	-	
Картофель	7	10	10	-	-	-	-	-	
Кукруза на зерно	-	10	10	30	30	30	-	-	
Сахарная свекла	-	10	10	-	-	-	-	-	
Подсолнечник	-	-	15	30	30	30	-	-	
Хлопчатник	-	-	-	-	20	20	20	20	

25

Использование питательных веществ растениями из органических и минеральных удобрений

Коэффициент использования питательных веществ из удобрений показывает долю их потребления растениями от общего количества вносимого с удобрением элемента питания на создание прироста урожая.

Определяется коэффициент разностным методом – отношением разности в выносе данного элемента с урожаем в вариантах опыта с удобрением и контрольным (без удобрений) к количеству вносимого в почву с удобрением питательного вещества:

$$\text{КИУ} = \frac{B_y - B_0}{C} \cdot 100 \%, \text{ где}$$

B_y – вынос питательного вещества с урожаем на удобренном участке, кг/га;

B_0 – вынос питательного вещества с урожаем на контрольном (неудобренном) участке, кг/га;

C – количество элемента питания, внесенное с удобрением, кг/га.

Правильнее определять коэффициент использования растениями какого-либо элемента питания из соответствующего удобрения на фоне других питательных веществ, внесенных с удобрениями, чем в сравнении с вариантом опыта без внесения удобрений (абсолютный контроль). Более точное его определение достигается только изотопным методом.

Разностный метод расчета имеет очень серьезный недостаток. Здесь условно принимается, что при внесении удобрений количество используемых растениями питательных веществ почвы не изменяется. На самом же деле это не так.

Коэффициенты использования питательных веществ растениями из удобрений, как правило, более стабильны, чем коэффициенты использования из почвы. Однако и они могут значительно изменяться в зависимости от:

- свойств почвы;
- погодных условий;
- биологических особенностей культур;

- форм применяемых удобрений;
- способа внесения удобрений и др.

Коэффициент использования питательного вещества из удобрений уменьшается при:

- возрастании количества вносимого удобрения,
- с увеличением содержания в почве данного элемента питания,
- с повышением кислотности почвы,
- при разбросном способе внесения удобрений по сравнению с локальным.

Таблица 10

Средние коэффициенты использования питательных веществ из удобрений по годам и в целом за ротацию севооборота при нормальных условиях выращивания растений, %

Год действия	Из органических удобрений			Из минеральных удобрений		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Низкие и средние нормы удобрений						
1-й год	20–25	25-30	50-60	60-70	15-20	50-60
2-й год	20	10-15	10-15	-	10-15	15-20
3-й год	10	5	-	-	5	-
В целом за ротацию в севообороте	50-55	40-50	60-75	60-70	30-40	65-80
Повышенные и высокие нормы удобрений						
1-й год	15-20	15-25	40-50	45-55	10-15	40-50
2-й год	15	10	10	-	5-10	10-15
3-й год	10	5	-	-	5	-
В целом за ротацию в севообороте	40-45	30-40	50-60	45-55	20-30	50-65

В таблице 10 представлены средние коэффициенты использования питательных веществ из удобрений по годам и в целом за ротацию севооборота при нормальных условиях выращивания растений.

Использование азота в 1-й год последействия составляет в среднем 2-3 %, а на 2-й год последействия – 1-1,5% от внесенного. Тем не менее за счет усвоения в последействии за ротацию севооборота суммарный коэффициент дополнительного использования азота удобрений растениями составляет 8-10 % по сравнению с первым годом. Поэтому при расчетах норм удобрений под сельскохозяйственные культуры принимают коэффициент использования азота из минеральных удобрений в первый год 60-70 %, не учитывая последействия.

Расчет коэффициентов использования питательных веществ из почвы и удобрений

Пример расчета № 1:

Культура	Озимая рожь Дерново-подзолистая среднесуглинистая рН _{KCl} - 5,8
Почва	Содержание N _{орг} – 40 мг/кг почвы; P ₂ O ₅ – 80 мг/кг почвы; K ₂ O – 80 мг/кг почвы
Урожайность без удобрений	10,7 ц/га
Вынос на 10 ц основной продукции с учетом побочной на варианте без внесения удобрений	29 кг N, 11 кг P ₂ O ₅ , 26 кг K ₂ O
Урожайность на удобренном варианте	29 ц/га

Вынос на 10 ц основной

продукции с учетом побочной на варианте с применением удобрений

30 кг N, 12 кг P₂O₅, 28 кг K₂O

Норма минеральных удобрений, кг д.в.

90N90P90K

Решение:

1. Вынос элементов минерального питания на удобренном варианте равен:

N: 10 ц выносит 29 кг N,

$$10,7 \text{ ц} - x, x = \frac{10,7 \text{ ц} \times 29 \text{ кг}}{10 \text{ ц}} = 31 \text{ кг.}$$

P₂O₅: 10 ц выносит 11 кг P₂O₅,

$$10,7 \text{ ц} - x, x = \frac{10,7 \text{ ц} \times 11 \text{ кг}}{10 \text{ ц}} = 11,8 \text{ кг.}$$

K₂O: 10 ц выносит 26 кг K₂O,

$$10,7 \text{ ц} - x, x = \frac{10,7 \text{ ц} \times 26 \text{ кг}}{10 \text{ ц}} = 27,8 \text{ кг.}$$

2. Вынос элементов минерального питания на удобренном варианте равен:

N: 10 ц выносит 30 кг N,

$$29 \text{ ц} - x, x = \frac{29 \text{ ц} \times 30 \text{ кг}}{10 \text{ ц}} = 87 \text{ кг.}$$

P₂O₅: 10 ц выносит 12 кг P₂O₅,

$$29 \text{ ц} - x, x = \frac{29 \text{ ц} \times 12 \text{ кг}}{10 \text{ ц}} = 34,8 \text{ кг.}$$

K₂O: 10 ц выносит 28 кг K₂O,

$$29 \text{ ц} - x, x = \frac{29 \text{ ц} \times 28 \text{ кг}}{10 \text{ ц}} = 81,2 \text{ кг.}$$

3. Содержание элементов питания в почве:

N: 40 мг/кг × 3 = 120 кг/га;

P₂O₅: 80 мг/кг × 3 = 240 кг/га;

K₂O: 80 мг/кг × 3 = 240 кг/га.

4. Коэффициенты использования элементов минерального питания

из почвы:

$$\text{КИП}_N = \frac{31 \text{ кг/га} \times 100 \%}{120 \text{ кг/га}} = 25,8 \%;$$

$$\text{КИП}_{P_2O_5} = \frac{11,8 \text{ кг/га} \times 100 \%}{240 \text{ кг/га}} = 4,9 \%;$$

$$\text{КИП}_{K_2O} = \frac{27,8 \text{ кг/га} \times 100 \%}{240 \text{ кг/га}} = 11,6 \%;$$

5. Коэффициенты использования элементов минерального питания

из удобрений:

$$\text{КИУ}_N = \frac{(87 \text{ кг/га} - 31 \text{ кг/га}) \times 100 \%}{90 \text{ кг/га}} = 62,2 \%;$$

$$\text{КИУ}_{P_2O_5} = \frac{(34,8 \text{ кг/га} - 11,8 \text{ кг/га}) \times 100 \%}{90 \text{ кг/га}} = 25,6 \%;$$

$$\text{КИУ}_{K_2O} = \frac{(81,2 \text{ кг/га} - 27,8 \text{ кг/га}) \times 100 \%}{90 \text{ кг/га}} = 59,3 \%;$$

Пример расчета № 2:

Культура	Картофель
Почва	Дерново-подзолистая легкосуглинистая рН _{KCl} - 5,4 Содержание N _{лг} - 50 мг/кг почвы; P ₂ O ₅ - 90 мг/кг почвы; K ₂ O - 130 мг/кг почвы
Урожайность без удобрений	75 ц/га
Вынос на 10 ц основной продукции с учетом побочной на варианте без внесения удобрений	5,8 кг N, 1,7 кг P ₂ O ₅ , 8,5 кг K ₂ O
Урожайность на удобренном варианте	230 ц/га

Вынос на 10 ц основной продукции 6 кг N, 1,8 кг P₂O₅, 9 кг K₂O

с учетом побочной на варианте с

применением удобрений

Норма минеральных удобрений, кг 95N50P80K

д.в.

Доза органических удобрений навоз 40 т/га

Содержание элементов питания в органических удобрениях 0,4 % N, 0,2 % P₂O₅, 0,5 % K₂O

Решение:

1. Вынос элементов минерального питания на неудобренном варианте равен:

N: 10 ц выносит 5,8 кг N,

$$75 \text{ ц} - x, x = \frac{75 \text{ ц} \times 5,8 \text{ кг}}{10 \text{ ц}} = 43,5 \text{ кг.}$$

P₂O₅: 10 ц выносит 1,7 кг P₂O₅,

$$75 \text{ ц} - x, x = \frac{75 \text{ ц} \times 1,7 \text{ кг}}{10 \text{ ц}} = 12,8 \text{ кг.}$$

K₂O: 10 ц выносит 8,5 кг K₂O,

$$75 \text{ ц} - x, x = \frac{75 \text{ ц} \times 8,5 \text{ кг}}{10 \text{ ц}} = 63,8 \text{ кг.}$$

2. Вынос элементов минерального питания на удобренном варианте равен:

N: 10 ц выносит 6 кг N,

$$230 \text{ ц} - x, x = \frac{230 \text{ ц} \times 6 \text{ кг}}{10 \text{ ц}} = 138 \text{ кг.}$$

P₂O₅: 10 ц выносит 1,8 кг P₂O₅,

$$230 \text{ ц} - x, x = \frac{230 \text{ ц} \times 1,8 \text{ кг}}{10 \text{ ц}} = 41,4 \text{ кг.}$$

K₂O: 10 ц выносит 9 кг K₂O,

$$230 \text{ ц} - x, x = \frac{230 \text{ ц} \times 9 \text{ кг}}{10 \text{ ц}} = 207 \text{ кг.}$$

3. Содержание элементов питания в почве:

N: 50 мг/кг × 3 = 150 кг/га;

P₂O₅: 90 мг/кг × 3 = 270 кг/га;

$K_2O: 130 \text{ мг/кг} \times 3 = 390 \text{ кг/га.}$

4. Коэффициенты использования элементов минерального питания

из почвы:

$$КИП_N = \frac{43,5 \text{ кг/га} \times 100 \%}{150 \text{ кг/га}} = 29 \%;$$

$$КИП_{P_2O_5} = \frac{12,8 \text{ кг/га} \times 100 \%}{270 \text{ кг/га}} = 4,7 \%;$$

$$КИП_{K_2O} = \frac{63,8 \text{ кг/га} \times 100 \%}{390 \text{ кг/га}} = 16,4 \%.$$

5. Содержится в 40 т навоза:

$N: 40 \text{ т} \times 4 \text{ кг/т} = 160 \text{ кг.}$

$P_2O_5: 40 \text{ т} \times 2 \text{ кг/т} = 80 \text{ кг.}$

$K_2O: 40 \text{ т} \times 5 \text{ кг/т} = 200 \text{ кг.}$

6. Коэффициенты использования элементов минерального питания

из минеральных и органических удобрений:

$$КИУ_N = \frac{(138 \text{ кг/га} - 43,5 \text{ кг/га}) \times 100 \%}{95 \text{ кг/га} + 160 \text{ кг/га}} = 37,1 \%;$$

$$КИУ_{P_2O_5} = \frac{(41,4 \text{ кг/га} - 12,8 \text{ кг/га}) \times 100 \%}{50 \text{ кг/га} + 80 \text{ кг/га}} = 22 \%;$$

$$КИУ_{K_2O} = \frac{(207 \text{ кг/га} - 63,8 \text{ кг/га}) \times 100 \%}{80 \text{ кг/га} + 200 \text{ кг/га}} = 51,1 \%.$$

Домашние задания:

Рассчитать коэффициенты использования элементов питания из почвы и удобрений сельскохозяйственными культурами.

1. Культура

Почва

Урожайность без удобрений

Овес

Дерново-подзолистая

среднесуглинистая

$pH_{KCl} - 5,5$

Содержание $N_{пл}$ – 60 мг/кг почвы;

P_2O_5 – 130 мг/кг почвы; K_2O – 100

мг/кг почвы

11,1 ц/га

Вынос на 10 ц основной продукции с 28 кг N, 12 кг P_2O_5 , 27 кг K_2O

учетом побочной на варианте без

внесения удобрений

Урожайность на удобренном 27,5 ц/га

варианте

Вынос на 10 ц основной продукции с 30 кг N, 13 кг P_2O_5 , 29 кг K_2O

учетом побочной на варианте с

применением удобрений

Норма минеральных удобрений, кг 90N80P80K

д.в.

2. Культура

Почва

Озимая рожь

Дерново-подзолистая

среднесуглинистая

$pH_{KCl} - 5,9$

Содержание $N_{пл}$ – 50 мг/кг почвы;

P_2O_5 – 90 мг/кг почвы; K_2O – 80 мг/кг

почвы

Урожайность без удобрений 11,8 ц/га

Вынос на 10 ц основной продукции с 29 кг N, 11 кг P_2O_5 , 27 кг K_2O

учетом побочной на варианте без

внесения удобрений

Урожайность на удобренном 35 ц/га

варианте

Вынос на 10 ц основной продукции с 30 кг N, 12 кг P_2O_5 , 28 кг K_2O

учетом побочной на варианте с

применением удобрений

Норма минеральных удобрений, кг 70N70P70K

д.в.

3. Культура	
Почва	Озимая пшеница Дерново-подзолистая среднесуглинистая рН _{KCl} - 5,8 Содержание N _{лг} – 50 мг/кг почвы; P ₂ O ₅ – 80 мг/кг почвы; K ₂ O – 100 мг/кг почвы
Урожайность без удобрений	13 ц/га
Вынос на 10 ц основной продукции с учетом побочной на варианте без внесения удобрений	32 кг N, 11 кг P ₂ O ₅ , 24 кг K ₂ O
Урожайность на удобренном варианте	30 ц/га
Вынос на 10 ц основной продукции с учетом побочной на варианте с применением удобрений	35 кг N, 12 кг P ₂ O ₅ , 26 кг K ₂ O
Норма минеральных удобрений, кг д.в.	100N100P90K

4. Культура	
Почва	Кормовая свекла Дерново-подзолистая среднесуглинистая рН _{KCl} – 6,0 Содержание N _{лг} – 60 мг/кг почвы; P ₂ O ₅ – 130 мг/кг почвы; K ₂ O – 170 мг/кг почвы
Урожайность без удобрений	129 ц/га

Вынос на 10 ц основной продукции с учетом побочной на варианте без внесения удобрений	4,7 кг N, 1,3 кг P ₂ O ₅ , 6,5 кг K ₂ O
Урожайность на удобренном варианте	353 ц/га
Вынос на 10 ц основной продукции с учетом побочной на варианте с применением удобрений	4,9 кг N, 1,4 кг P ₂ O ₅ , 6,7 кг K ₂ O
Норма минеральных удобрений, кг д.в.	170N125P190K

5. Культура	
Почва	Лен-долгунец Дерново-подзолистая легкосуглинистая рН _{KCl} – 5,5 Содержание N _{лг} – 50 мг/кг почвы; P ₂ O ₅ – 100 мг/кг почвы; K ₂ O – 120 мг/кг почвы
Урожайность без удобрений	2 ц/га
Вынос на 10 ц основной продукции с учетом побочной на варианте без внесения удобрений	78 кг N, 38 кг P ₂ O ₅ , 67 кг K ₂ O
Урожайность на удобренном варианте	7 ц/га
Вынос на 10 ц основной продукции с учетом побочной на варианте с применением удобрений	80 кг N, 40 кг P ₂ O ₅ , 70 кг K ₂ O
Норма минеральных удобрений, кг д.в.	80N110P80K

Контрольные вопросы:

1. Что влияет на использование питательных веществ растениями из почвы?
2. Каковы средние коэффициенты использования подвижных форм азота, фосфора и калия сельскохозяйственными культурами на разных типах почв?
3. Каковы средние коэффициенты использования питательных веществ растениями из органических и минеральных удобрений в действии, последствии и за ротацию севооборота?
4. Как определить коэффициенты использования растениями элементов питания из почвы и удобрений?
5. Как усваивают растения питательные вещества из органических и минеральных удобрений?
6. Как изменяются коэффициенты использования элементов питания растениями из почвы и удобрений в зависимости от различных условий?

Практическое занятие № 5. Влияние пожнивных и корневых остатков сельскохозяйственных культур на пищевой режим почвы

Цель: определить влияние пожнивно-корневых остатков сельскохозяйственных культур на пищевой режим почв.

Задачи:

1. Изучить влияние пожнивных и корневых остатков сельскохозяйственных культур на пищевой режим почвы.
2. Освоить расчет абсолютного баланса азота, который складывается под бобовыми культурами, однолетними, многолетними бобовыми и бобово-злаковыми травами.

Влияние пожнивных и корневых остатков сельскохозяйственных культур на пищевой режим почвы

Довольно большая часть элементов питания от биологического выноса содержится в остаточной части урожая (в пожнивно-корневых остатках). Наиболее сильное последствие на питание последующих культур оказывают корневые и пожнивные остатки бобовых культур (табл. 11). Поэтому их прежде всего и следует учитывать при составлении системы применения удобрений в севообороте.

В пожнивно-корневых остатках бобовых по сравнению с другими культурами наиболее узкое соотношение между углеродом и азотом, близкое к хорошему навозу. В связи с этим:

- минерализация пожнивно-корневых остатков бобовых трав и зерновых бобовых культур протекает интенсивно;
- коэффициенты использования питательных веществ растениями из пожнивно-корневых остатков предшествующей бобовой культуры примерно такие же, как из органических удобрений.

Прежде всего следует учитывать их последствие по азоту. Использование азота из пожнивно-корневых остатков бобовых первой, второй и третьей культурой можно принять соответственно 20–25; 15–20 и 5–10 %.

Многолетние бобовые и бобово-злаковые травы оставляют на 1 т сена в виде корневых и пожнивных остатков 10–15 кг азота. В пожнивно-корневых остатках зерновых бобовых культур (однолетних трав) содержится примерно $\frac{1}{2}$ часть азота от хозяйственного его выноса с урожаем, а многолетних бобовых трав 1-го года пользования - примерно столько же или даже в 1,5 раза больше.

Таблица 11

Примерное количество пожнивно-корневых остатков разных культур и содержание в них питательных веществ

Культура	Урожай основной продукции, т/га	Количество сухих пожнивно-корневых остатков в пахотном слое почвы, т/га	Содержание питательных веществ в корневых и пожнивных остатках, кг/га			Отношение С : N
			N	P ₂ O ₅	K ₂ O	
Клевер 1-го года пользования (сено)	2	3,6	78	22	37	12
	5,8	7,4	158	44	64	
Клевер 2-го года пользования (сено)	3,6	5,0	106	30	47	12
	5,7	9,1	194	55	78	
Горох на зерно	2,5	2,	40	8	24	12
Озимая пшеница	2,2	2,5	27	5	14	25
	4,0	3,2	28	7	18	
Ячмень	2,0	2,5	22	6	14	25
Кукуруза на силос	-	4,6	29	12	72	40
Картофель	-	1,3	11	3	32	23
Конопля	-	2,0	12	4	13	44

Окончание табл. 11

Примерное количество пожнивно-корневых остатков разных культур и содержание в них питательных веществ

Культура	Урожай основной продукции, т/га	Количество сухих пожнивно-корневых остатков в пахотном слое почвы, т/га	Содержание питательных веществ в корневых и пожнивных остатках, кг/га			Отношение С : N
			N	P ₂ O ₅	K ₂ O	
Капуста	-	1,3	17	5	6	-
Томаты	-	1,0	16	5	6	-
Огурцы	-	0,8	11	3	4	-
Морковь	-	0,8	9	3	5	-
Лук	-	0,5	6	2	2	-

Примеры решения задач

Задача № 1. Урожай сена многолетних трав за два года составил 8 т/га. Оцените возможную прибавку урожая следующей за ними яровой пшеницы от заделки ПКО многолетних трав, а также дозу азотных удобрений, которая способна дать аналогичную прибавку.

Решение:

Если урожай сена многолетних бобово-злаковых трав за два года составил 8 т/га, то в почве на 1 га останется 120 кг азота:

С 1 т сена остается 15 кг N,

$$с 8 т - x, x = \frac{8 т \times 15 кг}{1 т}, x = 120 кг.$$

Первая последующая культура (яровая пшеница) использует 25 % азота, или $120 \text{ кг} \times 0,25 = 30 \text{ кг N}$, что позволит повысить урожай зерна примерно на 1 т/га (1 т зерна с учетом соответствующего количества соломы выносит ~ 30 кг N). Это количество азота эквивалентно 50 кг азота минеральных удобрений ($\frac{30 \text{ кг} \times 100 \%}{60 \%} = 50 \text{ кг}$, где 60 - коэффициент использования азота растением в 1-й год из минеральных удобрений).

Задача № 2. Урожай гороха на зерно составил 30 ц зерна. Рассчитайте биологический вынос и абсолютный баланс азота.

Решение:

Урожайность гороха - 30 ц/га, а вынос с 1 т зерна с учетом соответствующего количества соломы – 66 кг N, 15,3 кг P_2O_5 и 20 кг K_2O . Вынос элементов питания с 30 ц/га – 198 кг N, 45,9 кг P_2O_5 и 60 кг K_2O .

Вынос азота с 30 ц/га – 198 кг, а в пожнивно-корневых остатках горох зерно оставляет до $\frac{1}{2}$ N от хозяйственного выноса, то есть в ПКО останется $198 \text{ кг} \times \frac{1}{2} = 99 \text{ кг N}$. Биологический вынос азота горохом составит: $198 \text{ кг} + 99 \text{ кг} = 297 \text{ кг}$.

Бобовые зерновые культуры в благоприятных для азотфиксации условиях на $\frac{1}{2}$ - $\frac{2}{3}$ удовлетворяют свои потребности в азоте за счет усвоения его из воздуха, на $\frac{1}{3}$ – за счет почвы и удобрений.

В нашем случае: $297 \text{ кг} \times \frac{2}{3} = 198 \text{ кг N}$ – за счет азотфиксации; $297 \text{ кг} \times \frac{1}{3} = 99 \text{ кг N}$ растения должны взять из почвы и из удобрений.

Но в пожнивно-корневых остатках гороха остается 99 кг азота, и растения выносят из почвы 99 кг N. Получаем, что в рамках поля под чистыми бобовыми культурами складывается нулевой баланс по азоту.

Таким образом, с пожнивно-корневыми остатками зерновых бобовых культур в почву возвращается примерно столько же азота, сколько его используется этими культурами из почвы, то есть складывается бездефицитный баланс азота. Оставшиеся в почве богатые азотом корневые и

пожнивные остатки легко минерализуются, что и обеспечивает улучшение азотного питания следующих за ними культур севооборота.

В чистом виде бобовые культуры, как правило, лежат. Поэтому их высеивают под покров зерновых культур, однолетних трав, льна и др. Если поддерживающая культура – овес, то так как 10 ц данной культуры выносит ~ 30 кг азота, тогда складывается отрицательный баланс по азоту (примерно 30 кг или больше, в зависимости от того, какая доля овса в травосмеси).

Рассмотрим многолетние бобово-злаковые травы – смесь клевера и тимофеевки. Норма высева на 1 га: клевера - 16 кг, тимофеевки - 4-5 кг. Если клевер планируют выращивать один год, то тимофеевку не подсевают, так как ее урожайность в первый год всего 10-15 %, основной урожай тимофеевки - на второй и последующие года. Как отличить, какого года пользования травы? Если на поле находится один клевер, а тимофеевки встречается очень мало – травы первого года пользования; если на поле – 50-60 % клевера и 40-50 % тимофеевки – травы второго года пользования; если на поле мало клевера, то, как правило, это травы третьего года пользования или последствия суровой зимы (выпадение из травосмеси клевера). Если клевера 50 % и более в смеси, то с 1 т сена остается в пожнивно-корневых остатках 15 кг азота, если клевера менее 50 %, то – 12-13 кг, в худшем случае ~ 10 кг.

Задача № 3. Урожай многолетних трав за два года составил 100 ц сена. Рассчитайте биологический вынос и абсолютный баланс азота.

Решение:

Урожай многолетних трав за два года – 100 ц. Многолетние травы содержат ~ 2 % азота. Хозяйственный вынос N равен $10000 \text{ кг} \times 0,02 = 200 \text{ кг}$. Остаточный вынос N: $10 \text{ т} (100 \text{ ц}) \times 15 \text{ кг/т} = 150 \text{ кг}$. Биологический вынос азота: $200 \text{ кг} + 150 \text{ кг} = 350 \text{ кг}$. А мы знаем, что $\frac{2}{3}$ азота многолетние травы получают из атмосферы в результате азотфиксации, $\frac{1}{3}$ – из почвы и удобрений. Получаем, что в ПКО травы оставляют 150 кг азота, а используют из почвы $350 \text{ кг} \times \frac{1}{3} = 117 \text{ кг N}$. Баланс азота под многолетними травами за

два года будет равен: $150 \text{ кг} - 117 \text{ кг} = +33 \text{ кг}$. Таким образом, под многолетними травами складывается положительный баланс по азоту порядка 30-35 кг (максимум 40 кг).

Задача № 4. Урожайность многолетних трав (смесь клевера и тимофеевки) первого года пользования составляла 50 ц сена, второго года пользования – 50 ц. Как используется азот из ПКО последующими культурами по годам? Оценить возможные прибавки урожая зерновых культур за счет азота пожнивно-корневых остатков многолетних трав.

Решение:

Урожайность многолетних трав (смесь клевера и тимофеевки) первого года пользования составляла 50 ц сена, второго года пользования – 50 ц. За два года было получено 100 ц или 10 т сена. В пожнивно-корневых остатках остается азота: $10 \text{ т} \times 15 \text{ кг/т} = 150 \text{ кг}$, что соответствует 35-40 т подстилочного навоза (содержание азота в навозе 0,4 % или 4 кг/т, то есть $150 \text{ кг}/4 \text{ кг/т} = 37,5 \text{ т}$).

Как используется азот из ПКО последующими культурами по годам?

Рассмотрим на примере севооборота:

1. Вика с овсом с подсевом многолетних трав;
2. **Многолетние травы 1 года пользования;**
3. **Многолетние травы 2 года пользования;**
4. Озимая рожь;
5. Ячмень;
6. Овес.

За два года пользования с пожнивно-корневыми остатками многолетних трав остается 150 кг азота (см. расчет выше).

Первая культура, которая приходит на поле после трав – озимая рожь. Коэффициент использования азота в первый год из ПКО - 25 %, то есть озимая рожь будет использовать: $150 \text{ кг} \times 0,25 = 37,5 \text{ кг}$. Озимая рожь с 1 т зерна с учетом соответствующего количества соломы выносит 30 кг азота. $37,5 \text{ кг N}$

из ПКО многолетних трав дают зерна озимой ржи: $37,5 \text{ кг}/30 \text{ кг/т} = 1,25 \text{ т}$ или 12,5 ц зерна.

Вторая культура после многолетних трав – ячмень. Коэффициент использования азота во второй год из ПКО – 15 %, то есть ячмень будет использовать: $150 \text{ кг} \times 0,15 = 22,5 \text{ кг}$. Ячмень выносит с 1 т зерна с учетом соответствующего количества соломы 27 кг азота. $22,5 \text{ кг N}$ из ПКО многолетних трав дают зерна ячменя: $22,5 \text{ кг}/27 \text{ кг/т} = 0,83 \text{ т}$ или 8,3 ц зерна.

Третья культура, приходящая на поле после многолетних трав – овес. Коэффициент использования азота в третий год из ПКО - 10 %, то есть овес будет использовать: $150 \text{ кг} \times 0,1 = 15 \text{ кг}$. Овес с 1 т зерна с учетом соответствующего количества соломы выносит 30 кг азота. 15 кг N из ПКО многолетних трав дают зерна овса: $15 \text{ кг}/30 \text{ кг/т} = 0,5 \text{ т}$ или 5 ц зерна.

Итого: $12,5 \text{ ц} + 8,3 \text{ ц} + 5 \text{ ц} = 25,8 \text{ ц} \sim 26 \text{ ц}$ зерна – прибавки за счет азота пожнивно-корневых остатков многолетних трав.

Используется за три года азота из ПКО многолетних трав:

$$25 \% + 15 \% + 10 \% = 50 \% \text{ или}$$

$$37,5 \text{ кг} + 22,5 \text{ кг} + 15 \text{ кг} = 75 \text{ кг}.$$

Так как злаковые выносят с 1 т зерна с учетом соответствующего количества соломы $\sim 30 \text{ кг}$ азота, то $75 \text{ кг} / 30 \text{ кг} = 2,5 \text{ т}$, то есть прибавка урожая от азота пожнивно-корневых остатков многолетних трав примерно 25 ц злаков.

Таким образом, если урожай многолетних трав по 50 ц/га, то прибавка урожаям считается $50 \text{ ц/га} / 2 = 25 \text{ ц/га}$; если урожай многолетних трав по 40 ц/га, то прибавка урожаям – $40 \text{ ц/га} / 2 = 20 \text{ ц/га}$; если урожай многолетних трав по 60 ц/га – $60 \text{ ц/га} / 2 = 30 \text{ ц/га}$.

Контрольные вопросы:

1. Как влияют пожнивные и корневые остатки сельскохозяйственных культур на пищевой режим почвы?

2. Как учитываются пожнивные и корневые остатки сельскохозяйственных культур при составлении системы применения удобрений?

3. Каковы коэффициенты использования азота из пожнивно-корневых остатков бобовых культур первой, второй и третьей культурой?

Практическое занятие № 6. Контрольная работа по теме «Физиологические основы определения потребности сельскохозяйственных культур в удобрениях»

ТЕМА 3. ВЛИЯНИЕ РАЗЛИЧНЫХ ФАКТОРОВ НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ ОРГАНИЧЕСКИХ И МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ

Практическое занятие № 7. Влияние различных факторов на эффективность органических и минеральных удобрений

Цель: изучить влияние различных факторов на эффективность органических и минеральных удобрений.

Задачи:

1. Изучить влияние почвенно-климатических условий на эффективность органических и минеральных удобрений;
2. Определить влияние агротехнических условий на эффективность органических и минеральных удобрений;
3. Оценить эффективность совместного внесения органических и минеральных удобрений.

Влияние почвенно-климатических условий на эффективность органических и минеральных удобрений

Наиболее высокий эффект от полного минерального удобрения (NPK) отмечен в зоне дерново-подзолистых почв. Понижение эффективности

удобрений происходит в европейской части РФ с северо-запада на юго-восток (от лугово-лесной к степной и сухостепной зонам); а в азиатской части РФ - с переходом от востока к западу. Это объясняется различиями в почвенном плодородии и влагообеспеченности.

Действие азотных удобрений наиболее сильно проявляется на дерново-подзолистых и серых лесных почвах лугово-лесной и лесостепной зон, а также на оподзоленных, выщелоченных черноземах северных и западных районов лесостепи и на всех почвах орошаемого земледелия. На юге и востоке степной зоны европейской части РФ на выщелоченных и мощных черноземах в результате недостаточного увлажнения азотные удобрения действуют слабее и менее устойчиво. Снижение эффективности азотных удобрений отмечается также на почвах, бедных фосфором и калием.

Наибольшее влияние фосфорных удобрений на урожай характерно на типичных, обыкновенных, южных черноземах, каштановых почвах и сероземах, т. е. в лесостепной, степной, сухостепной, полупустынной и пустынной зонах, где содержание подвижного фосфора в почвах низкое. Поскольку в почвах лугово-лесной зоны большой дефицит фосфора, действие фосфорных удобрений при достаточной обеспеченности азотом здесь также высокое.

Действие калийных удобрений наиболее сильно проявляется на легких по гранулометрическому составу (песчаных и супесчаных) дерново-подзолистых, а также на торфяно-болотных и пойменных почвах. Хорошо обеспечены калием почвы среднесуглинистые, тяжелосуглинистые и глинистые. Наименьшая эффективность калийных удобрений отмечается на черноземах, каштановых, бурых почвах и сероземах, которые хорошо обеспечены подвижным калием.

При высокой культуре земледелия минеральные удобрения дают большой прирост урожая.

Органические удобрения наиболее эффективны на дерново-подзолистых, серых лесных почвах и оподзоленных черноземах. Действие их

уменьшается с северо-запада на юго-восток в европейской части РФ и с востока на запад - в азиатской. После действие органических удобрений в южных областях более высокое, чем в северных. В северных, северо-западных, холодных и влажных районах, а также на слабокультурных почвах рекомендуются более высокие дозы органических удобрений, чем на юге и засушливом юго-востоке, на черноземах и высококультурных почвах.

При использовании удобрений необходимо учитывать погодные условия текущего и предшествующего годов. Так, при недостаточном количестве осенних атмосферных осадков снижается эффективность азотных удобрений в следующем году и повышается роль фосфорных. Если осенью выпадает много осадков, то в следующем году возрастает эффективность азотных удобрений. В условиях избыточного увлажнения растениям особенно необходим калий, а при кратковременных весенних похолоданиях - фосфор. Удобрения (особенно органические) на 10–20 % снижают расход воды на образование единицы урожая и сглаживают пагубное действие засухи. В свою очередь, орошение или обеспеченность влагой способствуют более эффективному использованию удобрений.

В засушливых районах чаще всего ограничиваются только внесением одного рядкового удобрения, прежде всего фосфора. Низкие температуры в начале роста растения оказывают наиболее сильное отрицательное влияние на азотное и фосфорное питание. Чрезмерно высокая температура также снижает поступление элементов питания в растение.

На эффективность удобрений оказывает влияние также микробиологическая деятельность почвы.

При систематическом внесении удобрений довольно быстро изменяются:

- кислотность почвы;
- сумма поглощенных оснований;
- степень насыщенности основаниями;

- содержание подвижных форм фосфора и калия и очень медленно;
- содержание гумуса;
- емкость поглощения, изменение которых зависит прежде всего от органических удобрений.

Характеристика основных зон РФ

⇒ Лесолуговая зона (дерново-подзолистые почвы, немного серые лесные разные по гранулометрическому составу), осадки 650-450 мм, сумма активных температур ($>10\text{ }^{\circ}\text{C}$) – 1200-2200 $^{\circ}\text{C}$, слабо обеспечены азотом, фосфором и калием (особенно легкие по гранулометрическому составу почвы).

⇒ Лесостепная зона (серые лесные почвы, оподзоленные, выщелоченные типичные черноземы), осадки 550-415 мм, сумма активных температур ($>10\text{ }^{\circ}\text{C}$) – 2200-2800 $^{\circ}\text{C}$.

⇒ Степная зона (типичные, обыкновенные, южные черноземы), осадки 465-374 мм, сумма активных температур ($>10\text{ }^{\circ}\text{C}$) – 2800-3400 $^{\circ}\text{C}$, вероятность засухи – 33 %.

⇒ Сухостепная зона (темно-каштановые, каштановые, светло-каштановые почвы), осадки 360-260 мм, сумма активных температур ($>10\text{ }^{\circ}\text{C}$) – 4000-5000 $^{\circ}\text{C}$, вероятность засухи – 88 %.

Потенциальное и актуальное плодородие почвы

По ГОСТ 27593-88 под термином **плодородие почвы** следует понимать «способность почвы удовлетворять потребность растений в элементах питания, влаге и воздухе, а также обеспечивать условия для их нормальной жизнедеятельности».

Плодородие почв имеет две категории:

1. *Естественное (природное) плодородие* является свойством почвы, сформировавшейся в природных условиях без антропогенного вмешательства (целинные почвы в экологических системах).

2. *Естественно-антропогенное плодородие* является свойством почвы, сформировавшейся в результате взаимодействия природного почвообразовательного процесса и целенаправленной антропогенной деятельности (распашка целины, мелиорация, применение удобрений и др.), дополняющих друг друга. Примером его реализации являются пахотные почвы в агроэкологических системах, представленных агроландшафтами.

В почвах различного типа и гранулометрического состава количество и качественный состав органического вещества, а также состав минеральной части неодинаковы, поэтому почвы отличаются по относительному и валовому содержанию основных элементов питания.

Общее содержание азота в почвах находится в прямой зависимости от количества гумуса, фосфора также бывает больше в богатых органическим веществом почвах, тогда как содержание калия в основном определяется гранулометрическим и минералогическим составом минеральной части почв.

В большинстве почв общий запас азота, фосфора и калия составляет значительные величины, в десятки и сотни раз превышающие вынос их урожаем одной культуры. Однако, основная масса питательных элементов находится в почве в виде соединений, недоступных для непосредственного питания растений. Азот содержится главным образом в форме гумусовых веществ, фосфор – в виде труднорастворимых минеральных солей и органических соединений, а калий – в нерастворимых алюмосиликатных минералах. Поэтому валовый запас питательных элементов в почве характеризует лишь ее потенциальное плодородие.

Способность почвы обеспечить получение урожаев сельскохозяйственных культур определяется содержанием питательных элементов в доступной для растений форме. Это характеризует эффективное (актуальное) плодородие почвы.

Для питания растений доступны только те питательные вещества, которые находятся в почве в форме соединений, растворимых в воде и слабых кислотах, а также в обменно-поглощенном состоянии. Мобилизация питательных элементов (переход труднорастворимых соединений в усвояемую форму) постоянно происходит в почве под влиянием биологических, физико-химических и химических процессов.

В разных почвах процессы мобилизации протекают с неодинаковой интенсивностью и зависят от:

- ⇒ характера соединений, которыми представлены питательные вещества;
- ⇒ климатических условий;
- ⇒ уровня агротехники и т.д.

Обычно эти процессы протекают медленно и количества доступных для растений форм питательных элементов, которые образуются в почве за вегетационный период, бывает недостаточно для удовлетворения потребности растений. Поэтому почти на всех почвах для повышения урожаев сельскохозяйственных культур необходимо внесение тех или иных удобрений.

Влияние агротехнических условий на эффективность органических и минеральных удобрений

Значительное положительное влияние на эффективность удобрений оказывает:

1. своевременная и качественная обработка почвы,
2. посев (или посадка) культур в лучшие агротехнические сроки,
3. подбор хорошего предшественника,
4. соблюдение севооборота,
5. борьба с сорняками, вредителями и болезнями сельскохозяйственных культур.

Своевременная, качественная обработка почвы создает лучший водно-воздушный и микробиологический режимы почвы, благоприятные условия для роста растений и усиливает использование корневой системы питательных веществ почвы и удобрений.

Особенности влияния предшественников определяются тем, что они оставляют в почве разные количества пожнивно-корневых остатков, по-разному удобряются, неодинаково используют воду и питательные вещества, оказывая различное влияние на влажность и пищевой режим почвы, ее микробиологическую активность, засоренность и развитие вредителей и болезней.

- Некоторые сельскохозяйственные культуры (люпин, горчица, эспарцет, донник), хорошо использующие труднодоступные питательные вещества почвы, переводят их в доступное состояние для других культур в результате минерализации пожнивно-корневых остатков или запаханной сидеральной массы.

- Овощные, а также пропашные культуры полевых севооборотов интенсивно используют калий.

- Ранние культуры по сравнению с поздними, имеющими более длинный вегетационный период, как правило, используют меньше питательных веществ и раньше освобождают поле, в результате после них создаются лучшие условия для мобилизации питательных веществ почвы и питания растений.

- Бобовые на окультуренных почвах не только обеспечивают себя азотом, но и обогащают ее этим элементом. Поэтому под культуры, следующие за бобовыми, азотные удобрения применяют в меньших количествах или совсем не вносят. Однако бобовые интенсивно используют из почвы фосфор и калий, и последующая культура будет испытывать недостаток в этих элементах.

- Своевременная вспашка пласта многолетних бобовых трав создает лучшие условия для разложения дернины и накопления, в связи с этим в почве подвижных питательных веществ, особенно азота.

Способ обработки почвы и связанная с ним глубина заделки удобрений также играют важную роль в питании растений.

- При заделке удобрений во влажный непересыхающий слой почвы создаются лучшие условия питания растений и повышается эффективность применяемых удобрений по сравнению с мелким или поверхностным внесением.

- Обработка почвы — это прием борьбы с сорняками, что также улучшает условия питания культурных растений.

- Обработкой достигается углубление пахотного слоя, в результате чего у растения развивается более мощная корневая система и дополнительно извлекаются питательные вещества из более глубоких слоев почвы.

Роль отдельных элементов питания изменяется в зависимости от биологических особенностей сорта. Более продуктивные сорта требуют и больших норм удобрений. Для современных высокоурожайных сортов зерновых культур характерен повышенный уровень требований к условиям азотного и фосфорного питания. Сортотребовательность растений на удобрения зависит не столько от мощности корневой системы, сколько от активности ее физиологической деятельности. Наиболее отзывчивые на удобрения сорта имеют:

1. значительно меньшую недействительную адсорбирующую поверхность корней;
2. повышенный приток к ним углеводов;
3. более длительный период функционирования зародышевых и придаточных корней;
4. повышенное содержание физиологически активных веществ в корневых окончаниях;

5. образуют более высокую долю надземной части растения на единицу массы корневой системы.

Количество вносимых удобрений должно согласовываться с нормами и сроками посева. На хорошо удобренных почвах рекомендуется некоторое снижение норм высева за счет более высокой кустистости или более сильного мощного развития растений в благоприятных условиях. Менее кустистые, низкорослые и устойчивые к полеганию сорта лучше отзываются на повышенные дозы удобрений без изменения при этом нормы высева. Изменение оптимального срока посева (или посадки), а также чрезмерная или недостаточная густота посевов (или посадок) могут значительно снизить эффективность удобрений.

В условиях орошения важно соблюдать поливной режим. При поливе эффективность удобрений возрастает в 1,5–2 раза и прежде всего повышается роль азотных удобрений.

Севооборот, объединяя ряд культур в определенном чередовании, бесспорно, не может не оказывать влияния на эффективность применения удобрений. В севообороте она значительно выше по сравнению с монокультурой за счет более полного использования питательных веществ почвы и удобрений разными культурами и его фитосанитарной роли.

Существенно повышают эффективность минеральных и органических удобрений известкование кислых почв и гипсование солонцовых.

Совместное внесение органических и минеральных удобрений

Согласно Д.Н. Прянишникову, максимальные урожаи сельскохозяйственных культур достигаются комбинацией навоза и минеральных удобрений, которая позволяет обильно снабдить растения усвояемой пищей на первых стадиях развития и дать в то же время в виде навоза резерв постепенно приходящих в действие питательных веществ.

Сочетание навоза с минеральными удобрениями в большинстве случаев несколько превосходит по своей эффективности эквивалентные количества

питательных веществ одного навоза или отдельно применяемых минеральных удобрений. Этот дополнительный эффект достигается прежде всего:

- усилением микробиологической деятельности почвы (вследствие обогащения ее микроорганизмами, вносимыми с навозом, и поступления легкодоступных микроорганизмам питательных веществ в виде минеральных удобрений), а следовательно, и более интенсивным разложением органического вещества навоза и почвы;
- уменьшается степень закрепления в почве фосфора минеральных удобрений;
- внесением с навозом в почву значительных количеств микроэлементов;
- выделением углекислого газа при разложении навоза, который обогащает приземной слой воздуха, повышая тем самым продуктивность фотосинтеза растений.

Совместное применение навоза и минеральных удобрений наиболее желательно при возделывании культур, которые не выносят повышенной концентрации почвенного раствора, но требуют значительного количества питательных веществ в течение вегетации для формирования урожая (огурцы, лук, кукуруза).

Раздельное применение навоза и минеральных удобрений в эквивалентных количествах по питательным веществам обеспечивает в среднем практически одинаковый эффект по урожайности на связных по гранулометрическому составу почвах и более высокий - от навоза на легких почвах.

Данные многолетних опытов свидетельствуют о том, что при длительном возделывании сельскохозяйственных культур без внесения удобрений происходит значительное снижение количества гумуса в почве. Например, на дерново-подзолистых почвах содержание гумуса уменьшается за 30–50 лет на 25–50 % и даже более. В пахотном слое дерново-подзолистых

почв в среднем ежегодно минерализуется 1 % гумуса, а в черноземах - 0,4-0,5 %. В чистых парах интенсивность ежегодной минерализации гумуса в 3–5 раз выше. Как показывают длительные стационарные опыты, при внесении малых количеств навоза или одних минеральных удобрений разрушение органического вещества почвы происходит интенсивнее, чем создание, и содержание гумуса снижается по сравнению с первоначальным.

Процесс образования гумуса во многом зависит от типа севооборотов и количества вносимых минеральных и особенно органических удобрений. С одной стороны, баланс гумуса в почве зависит от поступившего количества органического вещества органических удобрений, пожнивно-корневых остатков растений и степени его гумификации (15–25 %), а с другой стороны, от интенсивности минерализации гумуса почвы, которая возрастает с увеличением норм внесения минеральных удобрений. Дополнительное применение одних минеральных удобрений в севообороте без многолетних трав или при низком долевом их участии (и низкой урожайности) не позволяет поддерживать содержание гумуса в почве на исходном уровне. В сохранении и повышении его запасов в почве ведущая роль принадлежит навозу и другим органическим удобрениям. Однако при внесении минеральных удобрений возрастает количество пожнивно-корневых остатков растений, что способствует меньшей потере гумуса по сравнению с неудобренной почвой.

В зависимости от типа севооборота и уровня его удобрённости количество пожнивно-корневых остатков растений в пахотном слое может увеличиться на 30–40 %, что в среднем дополнительно составит 0,5-0,8 т/га сухой массы. В Нечерноземной зоне ежегодно в севообороте в среднем остается с растительными остатками 3–4 т/га сухой органической массы, а при среднеежегодном внесении навоза 8-10 т/га поступает в почву около 2-2,5 т/га сухого органического вещества, т. е. примерно в 1,5 раза меньше. По данным длительных опытов, для сохранения содержания гумуса на исходном уровне на дерново-подзолистых почвах среднего и тяжелого механического состава

следует вносить ежегодно не менее 10 т/га качественных органических удобрений, на легких - около 15, а на черноземах — 6–8 т/га (табл. 12).

Таблица 12

Нормы внесения органических удобрений для обеспечения бездефицитного баланса гумуса пахотных почв (т/га пашни)

Тип почвы	Нормы органических удобрений
Дерново-подзолистые почвы:	
суглинистые	10-12
супесчаные	12-15
песчаные	16-18
Пойменные дерновые	7-8
Серые лесные почвы, черноземы оподзоленные	10-14
Черноземы выщелоченные	7-12
Черноземы обыкновенные и типичные	6-8
Черноземы обыкновенные южные	7-9
Черноземы карбонатные	5-10
Черноземы типичные мощные:	
севооборот без многолетних трав	6-8
севооборот с многолетними травами (~ 20 %)	4-5
Каштановые почвы	4-5

На фоне применения навоза следует дополнительно вносить азотные удобрения, так как в 1-й год культуры интенсивнее используют из навоза фосфор и калий.

Навоз лучше вносить под пропашные культуры. Междурядная обработка усиливает минерализацию органического вещества, и растения

полнее используют элементы питания навоза, особенно культуры длительного вегетационного периода.

Правильное сочетание навоза и минеральных удобрений в севообороте в значительной мере повышает его продуктивность.

Контрольные вопросы:

1. Как влияют почвенно-климатические условия на эффективность органических и минеральных удобрений?
2. Охарактеризуйте влияние различных агротехнических приемов на эффективность системы применения удобрений.
3. Какова эффективность органических и минеральных удобрений на различных типах почв и в зависимости от степени их окультуренности?
4. В чем значение почвенных карт и агрохимических картограмм для рационального применения удобрений?
5. Каково влияние погодных условий текущего и предшествующего годов на эффективность удобрений?
6. В чем преимущество совместного применения органических и минеральных удобрений в севообороте?
7. Какие агрохимические показатели почвы могут быстро изменяться под воздействием удобрений? И какие – очень медленно?
8. Каково примерное количество органических удобрений в среднем на 1 га севооборота на разных почвах, необходимое для поддержания бездефицитного баланса гумуса?

ТЕМА 4. ПРИЕМЫ, СРОКИ, СПОСОБЫ И ТЕХНИКА ВНЕСЕНИЯ УДОБРЕНИЙ

Практическое занятие № 8. Приемы, сроки, способы и техника внесения удобрений

Цель: изучить приемы, сроки, способы и технику внесения удобрений

Задачи:

1. Установить определение понятий: приёмы, сроки, способы внесения удобрений, способы заделки удобрений;
2. Теоретически обосновать рациональное применение органических и разных видов минеральных удобрений на различных типах и разновидностях почв в зависимости от сроков внесения, глубины заделки, их потерь и охрана окружающей среды;
3. Изучить основное (допосевное) удобрение;

Приемы, сроки, способы и техника внесения удобрений

Следует правильно использовать терминологию, связанную с внесением удобрений. Обычно различают **три приема внесения удобрений**: основное удобрение (до посевное, предпосевное), рядковое (припосевное) и подкормку (послепосевное удобрение). Вносить удобрения (**срок внесения**) можно осенью, весной, летом, в определенные месяцы и т.д.

Способ внесения – сплошной (разбросной), местный (гнездо вой, очаговый, рядковый), локально-ленточный, в запас, механизированный, наземный, с воздуха и др.

Способ заделки - под плуг, культиватор, дисковую борону и пр.

Техника для внесения удобрений — это машины для внесения основного, припосевного удобрения и проведения подкормки.

Норма удобрения - общее количество удобрения, применяемое под сельскохозяйственную культуру на весь период вегетации растений. Выражается в кг/га действующего вещества (д. в.) или в т/га.

Доза удобрения - количество удобрения, вносимое под сельскохозяйственную культуру за один прием.

Удобрения следует вносить в почву так, чтобы они в наибольшей степени были доступны для растений в течение вегетационного периода, находились в зоне развития корневой системы, способствовали ее росту и минимально фиксировались почвой. Удобрения, заделанные в более глубокий, влажный пахотный слой, хорошо используются растениями в течение почти всей вегетации. Для легких почв глубина заделки должна быть больше, чем для тяжелых.

При заделке удобрений следует учитывать возможное передвижение питательных веществ в почве с гравитационными водами и в результате диффузии, а также возможные пути всяких потерь. Процесс диффузионного передвижения питательных веществ выражен довольно слабо, особенно для фосфорных. Наиболее важное значение имеет передвижение питательных веществ удобрений в почве с нисходящим и восходящим токами воды. Прежде всего это касается азотных удобрений, когда вымывание нитратов приводит к потерям азота и загрязнению окружающей среды. В условиях влажного климата значительное вымывание нитратного азота (до 20 кг/га и более) отмечается только на легких почвах и паровых полях. Из засеянных суглинистых почв потери азота вследствие вымывания нитратов при средних нормах внесения азотных удобрений обычно ниже. По данным Смоленской опытной станции, на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве со склонов крутизной 4-6° и длиной около 300 м ежегодно с 1 га смывалось 0,5-5,7 т почвы. При этом потери из почвы и удобрений составляли: гумуса - 19-127 кг/га, азота - 9-24, фосфора - 2-10 кг/га и калия - 9-68 кг/га. Чем круче склон, тем больше потерь. При крутизне склона 4-6° и выше необходимо обращать внимание на потери питательных веществ.

Вымывание нитратов происходит в основном в ранневесенний и поздней осенний периоды, когда на поле нет растений. В условиях орошения в районах с жарким климатом наблюдаются подъем нитратов капиллярным

током воды (в результате испарения) на поверхность и накопление их в верхнем пересыхающем слое почвы. Поэтому важное значение имеют время внесения азотных удобрений и интенсивность процесса нитрификации аммиачного азота. Накопление значительного количества нитратов в почве может привести также к существенным потерям азота в результате денитрификации, которые достигают 10-35 % от внесенного количества. Причем из нитратных удобрений потери азота значительно больше, чем из аммиачных. Поэтому при применении азотных удобрений следует по возможности снижать интенсивность нитрификации. В этом случае чем короче срок внесения азотных удобрений до посева, тем меньше потери азота.

При поверхностном внесении твердых аммонийных и амидных удобрений или мелкой их заделке возможны потери аммиака, которые возрастают с увеличением pH, нормы удобрений и влажности почвы. Если при поверхностном внесении аммиачной селитры и сульфата аммония потери аммиака составляют, как правило, не более 1-3 %, то при применении высоких норм мочевины - 20-30 % от внесенного количества азота.

При применении жидких аммиачных удобрений потери аммиака снижаются с увеличением глубины их внесения и влажности почвы. На супесчаных почвах потерь практически не отмечается при заделке аммиачной воды на глубину 12-13 см, а безводного аммиака - на 16 см. На суглинистых почвах минимальная глубина внесения аммиачной воды 7-8 см, а безводного аммиака - 12-14 см.

Фосфорные удобрения сосредотачиваются в месте их внесения и очень слабо мигрируют по почвенному профилю даже на легких (песчаных и супесчаных) почвах. Поэтому вероятность вымывания фосфора из корнеобитаемого слоя незначительна.

Поглощение калия происходит главным образом обменно, и он хорошо удерживается особенно на связных почвах. Некоторое вымывание его возможно на почвах песчаных и супесчаных (до 12 кг/га).

Процесс фиксации фосфора и калия удобрений в почве в основном происходит сразу же после их внесения (в течение суток) и заканчивается практически в первый месяц. При этом фосфор переходит в малоподвижные соединения в значительно больших количествах (50–70 %), чем калий. Наиболее сильно фосфор закрепляется на кислых дерново-подзолистых почвах, содержащих большое количество полуторных окислов железа и алюминия. Калий в наиболее сильной степени фиксируют почвы, содержащие минералы монтмориллонитовой группы. Закрепление калия усиливается в гумусированных и известкованных дерново-подзолистых почвах. При колебаниях влажности почвы (попеременное высушивание и увлажнение) фиксация калия удобрений существенно усиливается, а фосфора – не изменяется.

Степень закрепления фосфора и калия удобрений на связных почвах при осеннем и весеннем внесении до посева (посадки) практически одинаковая. Из фосфорных удобрений это относится прежде всего к порошковидным водорастворимым и цитратно-растворимым формам. Исключение составляет фосфоритная мука. Чем раньше до посева она будет внесена на кислых дерново-подзолистых почвах, тем больше образуется доступного фосфора для растений.

Гранулированный суперфосфат лучше вносить ближе к посеву или во время посева, чтобы уменьшить закрепление фосфора почвой. Гранулирование обеспечивает меньшее соприкосновение суперфосфата с почвой по сравнению с порошковидным, что снижает степень фиксации фосфора. Но если гранулированный суперфосфат внесен задолго до посева, то гранула растворяется и закрепление фосфора почвой возрастает.

При мелкой заделке фосфорных и калийных удобрений до посева в пересыхающий слой почвы фосфор и калий ввиду очень слабой подвижности не будут использованы растениями, так как корневая система вскоре после появления всходов в поисках влаги будет развиваться вглубь. При внесении этих удобрений культиватором-растениепитателем в подкормку они также

часто попадают в недостаточно увлажненный слой почвы и дают меньший эффект, чем при заделке под плуг до посева. Фосфорные и калийные удобрения, за исключением небольшой их части, при внесении в рядки при посеве следует заделывать плугом с предплужником в более глубокие влажные слои почвы, в основную зону развития корневой системы растений (табл. 13).

В зависимости от гранулометрического состава почвы, ее водного режима и норм вносимых удобрений может ежегодно вымываться с 1 га 1-30 кг азота (от 1 до 10 % от внесенного количества азотных удобрений), 0,4-60 – калия, 8-360 - кальция, 3-90 - магния, 4-60 - серы до 100 кг хлора и незначительное количество фосфора.

В грунтовые воды и водоемы за счет неправильного применения удобрений может поступать до 60 % нитратов от общего их количества в воде.

Однако научно обоснованная система удобрения в сочетании с передовыми приемами агротехники и прогрессивными формами организации труда позволяет получать высокую урожайность сельскохозяйственных культур надлежащего качества и повышать плодородие почвы без какой-либо серьезной опасности загрязнения окружающей среды.

Основное (допосевное) удобрение

Этот способ обеспечивает питание растений на протяжении всей вегетации, особенно в период интенсивного роста, когда отмечается наибольшее потребление питательных веществ растением. Основное удобрение включает большую часть питательных веществ от общей нормы. Его можно вносить или осенью, или весной. Это зависит от:

- почвенно-климатических условий;
- особенностей удобрений;
- наличия удобрений в хозяйстве и других организационных причин.

Размещение удобрений в почве зависит от орудия заделки (см. табл. 13).

Глубокая заделка удобрений достигается плугом с предплужником, затем плугом без предплужника и тяжелой дисковой бороной. При одинаковой глубине обработки почвы культиватор с пружинными лапами лучше заделывает удобрения, чем культиватор с универсальными стрельчатыми лапами. При глубине рыхления 10 см в верхнем пересыхающем слое почвы (0–5 см) остается около 80 % удобрений, что особенно нежелательно для фосфорных и калийных удобрений.

Выбор оптимальных сроков внесения основного удобрения в значительной мере определяется прежде всего:

- гранулометрическим составом почвы;
- условиями увлажнения;
- свойствами самих удобрений.

Таблица 13

Примерное распределение минеральных удобрений и извести в пахотном слое почвы при заделке их различными орудиями, %

Орудие и глубина заделки	Слой почвы, см		
	0 - 5	5-10	10-20
Плуг ПН-4-35 с предплужником, глубина 20 см	-	-	100
Плуг ПН-4-35 без предплужника, глубина 20 см	-	23	77
Борона дисковая тяжелая БДТ-2,2(в два следа)	27	45	28
Культиватор с пружинными лапами, глубина 20 см	32	31	37
Культиватор с универсальным стрельчатыми лапами, глубина 20 см	38	34	28
Культиватор с универсальным стрельчатыми лапами, глубина 10 см	84	16	-
Борона зубовая легкая	100	-	-
Борона зубовая тяжелая	97	3	-

1. Зона достаточного и избыточного увлажнения (дерново-подзолистые почвы, серые лесные почвы, оподзоленные черноземы, выщелоченные черноземы)

Азотные удобрения нитратной и аммиачно-нитратной форм следует вносить весной, чтобы избежать лишних потерь азота. В этом случае их заделывают под перепашку зяби или чаще всего культиватором. Учитывая, что нитратный азот быстро мигрирует по почвенному профилю с осадками, большой тревоги неглубокая заделка удобрений культиватором не вызывает. Аммиачный азот в теплый весенний период практически полностью в течение двух недель превращается в нитратный и легко продвигается вниз с атмосферными осадками или поливной водой.

Аммиачную воду, безводный аммиак на связных почвах можно вносить осенью локально через жиклеры под культиватор полосами через 16-20 см. По линии внесения диффузия слабая (2,5 см - в одну сторону, 2,5 см – в другую). Повышенная концентрация аммиака ингибирует деятельность микроорганизмов, и нитрификация не происходит. На песчаных почвах вносить аммиачную воду и безводный аммиак нельзя. При заделке водного аммиака на суглинистых почвах на глубину 7-10 см, на супесчаных – на 12-13 см, а безводного аммиака на суглинистых почвах на глубину 12-13 см, на супесчаной почве – на 16 см потерь азота не происходит.

Жидкие аммиачные удобрения (аммиачная вода, безводный аммиак) в зоне достаточного увлажнения на дерново-подзолистых почвах тяжелого и среднего гранулометрического состава можно вносить с осени под плуг.

Иногда на тяжелых дерново-подзолистых почвах рекомендуют вносить твердые аммиачные удобрения с осени. В этот период, если температура будет ниже 10 °С, процесс нитрификации практически приостанавливается. Но при изменении погодных условий возможна нитрификация, что приводит к потерям азота. Поэтому и на таких почвах наиболее целесообразно твердые аммиачные удобрения применять весной.

Фосфорные удобрения лучше заделывать более глубоко, т. е. под вспашку зяби или весной под ее перепашку, так как фосфор практически не передвигается по почвенному профилю на связных почвах. Если вносить фосфорные удобрения весной под культиватор (глубина заделки 10-12 см), то 80 % удобрений остается в слое 0-5 см, а корневая система растений идет вглубь почвы и внесенный фосфор использован ею не будет.

Калийные удобрения применяют весной только на песчаных и супесчаных почвах влажной зоны (или при орошении). На других почвах их лучше вносить осенью под зябь, особенно хлорсодержащие. В этом случае за осенне-весенний период хлор вымывается из верхних слоев почв и оказывает значительно меньшее отрицательное действие на хлорофобные культуры.

Навоз (компост) вносят под зябь (осенью под плуг – желательно) или весеннюю перепашку. Весеннее внесение навоза практикуется в том случае, если к осени его накопилось в хозяйстве недостаточно, а также на песчаных и супесчаных почвах ввиду возможных потерь азота и калия.

Для Нечерноземной зоны предпочтение отдается полуперепревшему и даже свежему навозу, внесенному с осени под зябь. На тяжелых почвах северной части Нечерноземья требуется более мелкая заделка навоза, чем на легких почвах. При мелкой заделке на влажных и тяжелых почвах он разлагается интенсивнее, чем при глубокой, где более слабая аэрация.

2. Зона недостаточного увлажнения. Отсутствие промывного режима (обыкновенные, типичные, южные черноземы, каштановые почвы)

Рекомендуется вносить **азотные удобрения** с осени под зябь. При весенней мелкой заделке они попадают в быстро пересыхающий слой почвы и эффективность их снижается, особенно если долгое время не выпадают осадки. Азотные удобрения вносят под культиватор или перепашку (под сахарную свеклу, картофель). Дисковую борону не используют, так как при неправильной регулировки увеличивается количество корнеотпрысковых

сорняков на поле (пырей, осот и др.). Азотные удобрения аммонийной и амидной форм вносят осенью, не боясь потерь. При внесении аммонийной селитры с осени возможны потери азота в результате денитрификации. В жарком климате нитраты поднимаются вверх по капиллярам и становятся недоступными для питания растений. Мочевину необходимо заделывать на глубину не менее 5 см, чтобы избежать потерь азота (20-30 % потери азота при поверхностном внесении мочевины от общего количества азота в удобрении).

Фосфорные и калийные удобрения необходимо вносить плугом с предплужником в более глубокие слои почвы. Если нарушить внесение под плуг и перенести внесение удобрений на весну под культиватор, то фосфор и калий будет находиться в слое 0-5 см, который пересыхает и элементы питания будут не доступны для питания растений.

В засушливых районах страны предпочтение отдается перепревшему **навозу**, так как он меньше иссушает почву, В засушливых районах навоз запахивают глубже, чем в увлажненных.

Неравномерность внесения удобрений не должна превышать 15–20 %.

Основное удобрение можно вносить вразброс и локально. В настоящее время испытываются следующие способы локального внесения удобрений:

- допосевное ленточное внесение основного удобрения под зерновые культуры специальными машинами типа рядовой туковой сеялки или комбинированными почвообрабатывающими агрегатами;
- ленточное внесение основного удобрения при посеве зерновых культур зернотуковыми сеялками или комбинированными агрегатами, совмещающими внесение удобрений и посев с другими операциями;
- ленточное внесение основного минерального удобрения под картофель комбинированными сажалками.

По данным опытов, при локально-ленточном применении основного удобрения урожай повышается на 3-23 % по сравнению с разбросным.

Однако при систематическом ежегодном локально-ленточном внесении в севообороте средних и высоких доз удобрений результативность такого способа снижается.

Основное удобрение ленточно вносят до посева на глубину 10-12 см (в странах с достаточным количеством осадков, таких как Дания, Англия, Нидерланды и др.), расстояние между полосами составляет 16-20 см. Ленточное внесение удобрений допустимо и одновременно при посеве, ширина ленты при этом составляет 2-5 см. При посадке картофеля удобрения вносят ниже клубня на 5 см. В РФ ленточное внесение удобрений, как правило, не практикуется. В засушливых условиях вносят удобрения на достаточную глубину, во влажных районах ленточное внесение удобрений наблюдается слабая отдача из-за неравномерности внесения удобрений. Однако стоит отметить, что при локальном внесении удобрений меньше закрепляется фосфора и калия (на почвах с преобладанием минералов монтмориллонитовой группы).

Контрольные вопросы:

1. Какие приемы, сроки и способы внесения удобрений?
2. Что такое норма и доза удобрений?
3. Каковы основные теоретические аспекты, определяющие сроки внесения и глубину заделки удобрений?
4. Каковы примерные потери питательных веществ от вымывания и водной эрозии, а также газообразные потери азота из удобрений?
5. Каково значение глубины заделки для разных видов удобрений?
6. Как распределяется послойно основное удобрение в почве при заделке его различными орудиями?
7. Какова роль основного удобрения для оптимизации питания сельскохозяйственных культур?
8. Каковы сроки основного внесения разных видов удобрений в различных почвенно-климатических регионах?

9. В чем заключается преимущество локально-ленточного внесения основного удобрения перед разбросным? Какие способы локального внесения удобрений?

10. Какие машины используют для внесения органических и минеральных удобрений до посева и какова их производительность?

Практическое занятие № 9. Приемы, сроки, способы и техника внесения удобрений (продолжение)

Цель: изучить приемы, сроки, способы и технику внесения удобрений

Задачи:

1. Изучить периодическое (запасное) внесение фосфорных и калийных удобрений;
2. Освоить внесение припосевного (рядкового) удобрения;
3. Изучить применение послепосевного удобрения (подкормку).

Запасное внесение фосфорных и калийных удобрений

Одним из способов основного внесения удобрения является запасное (периодическое) внесение фосфорных и калийных удобрений. Азотные удобрения в запас не вносят, так как происходят огромные потери азота от вымывания и денитрификации.

Ежегодное внесение	Запасное внесение
1. 40 кг P ₂ O ₅	1. 160 кг P ₂ O ₅
2. 40 кг P ₂ O ₅	2. -
3. 40 кг P ₂ O ₅	3. -
4. 40 кг P ₂ O ₅	4. -
Всего 160 кг P ₂ O ₅	Всего 160 кг P ₂ O ₅

Существуют различные мнения по поводу этого способа.

В одних случаях он имеет преимущество по сравнению с ежегодным внесением удобрений, в других равен или уступает последнему. На тех почвах,

где происходят сильное закрепление фосфора удобрений и сильная необменная фиксация калия, запасное внесение удобрений уступает ежегодному. При запасном внесении удобрений снижаются затраты на внесение, происходит экономия горюче-смазочных материалов, техники и т.д.

Запасное внесение обязательно:

- Внесение удобрений под покровную культуру. Покровная культура – зерновая или кормовая культура сплошного сева (ячмень, викоовсяная смесь и др.).

1. Ячмень с подсевом многолетних трав **P₃K₃**
2. Многолетние травы 1 года пользования. **P₀K₀**
3. Многолетние травы 2 года пользования **P₀K₀**

Фосфорные и калийные удобрения вносят в запас под покровную культуру из расчета на многолетние травы на два года.

Удобрения пастбищ. Ограничения устанавливаются по дозам калия 300-350 кг/га, для фосфора ограничений нет, можно вносить высокие дозы удобрения (600-800 кг/га и выше). Разовое применение высоких норм калийных удобрений может способствовать повышенному содержанию калия в урожае (свыше 3 % K₂O на сухое вещество) и тем самым действовать отрицательно на организм животных. Кроме того, высокие нормы хлорсодержащих калийных удобрений в первые годы после их внесения могут ухудшить качество урожая хлорофобных культур. При внесении 300-350 кг/га калия в запас на пастбище дальнейшую норму калийных удобрений следует вносить через 3 года поверхностно на более 60 кг/га K₂O после каждого укоса, более высокая доза разовой подкормки может вызвать появление заболеваний у животных.

- Удобрение молодого сада. Вносят по 500-600 кг фосфора и калия под плантажную вспашку на глубину 50-60 см.
- В отдельных хозяйствах, получающих много удобрений. Если количество удобрений ограничено, запасное внесение не оправдано.

В тех хозяйствах, где удобрений применяется недостаточно, неразумно их использовать в запас на части площади (кроме отмеченных выше случаев) и не удобрять другие поля, так как эффект от их внесения в целом по хозяйству снизится. Калийные удобрения не следует вносить в запас на песчаных и супесчаных почвах, где возможно вымывание калия.

Запасное внесение оправдано под потенциально более продуктивные культуры (картофель, свекла, кукуруза и др.).

Запасное внесение фосфорных и калийных удобрений используется при комплексном агрохимическом окультуривании полей (КАХОП).

Программой КАХОП предусматриваются увеличение содержания подвижных форм фосфора и калия в почве до оптимального уровня путем внесения повышенных норм органических и минеральных удобрений, выравнивание плодородия, известкование или гипсование, уничтожение сорняков, повышение экономической эффективности средств химизации, а также проведение других культуртехнических мероприятий, в том числе противоэрозионных.

На кислых почвах эффективно фосфоритование, т. е. применение фосфоритной муки в запас на ряд лет.

Припосевное (рядковое) удобрение

При этом способе внесения удобрение всегда размещается в почве локально, тем самым особенно значительно повышается коэффициент использования фосфора из суперфосфата (при внесении его под зерновые культуры при посеве коэффициент может составлять **40–60 %**).

В рядковом удобрении первостепенное значение принадлежит фосфору, значительно меньшее - азоту, а калий часто не дает эффекта (кроме калиелюбивых культур) и даже может несколько снизить урожай, особенно мелкосеменных культур. Азот в составе рядкового удобрения зерновых культур по хорошо удобренному предшественнику, как правило, не дает прибавки урожая.

Припосевное удобрение существенно улучшает рост молодых растений, когда они еще очень плохо могут использовать фосфор почвы, способствует большей устойчивости всходов к неблагоприятным условиям.

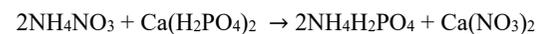
Нормы внесения припосевного удобрения, как правило, невелики (5–20 кг/га каждого элемента питания). Это связано с тем, что при прямом контакте (без прослойки почвы) удобрений с семенами высокая концентрация раствора солей может отрицательно сказаться на их всхожести, а также с очень слабым передвижением фосфора и калия из очага внесения, в то время как корневая система растения из верхнего быстро пересыхающего слоя почвы развивается вглубь в поисках влаги. Поэтому, например, нецелесообразно под зерновые культуры при посеве вносить более 10–20 кг/га P_2O_5 , так как снижается эффективность суперфосфата.

Наиболее чувствительны к повышенной концентрации почвенного раствора кукуруза, лен, морковь, лук, огурцы, брюква, турнепс (рекомендуют дозу рядкового удобрения 7 кг P_2O_5 , зернотуковая сеялка не настраивается так тонко, поэтому, как правило, вносят 10 кг P_2O_5); наименее чувствителен картофель.

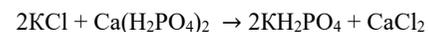
Биологический смысл рядкового фосфорного удобрения: если в начальные фазы развития растение будет испытывать недостаток фосфора, скажется на закладке репродуктивных органов – недобор урожая. Если растение будет не обеспечено в критический период питания фосфором, то восполнить недостаток данного элемента в будущем возможности не будет, а вот недостаток калия в критический период восполнить можно. Кроме фосфора важное значение имеет азот. Недостаток азота в критический период питания растения также отрицательно скажется на урожай. Если почва хорошо окультурена, достаточное количество подвижных форм фосфора и азота, то рядковое удобрение вносить ни к чему.

Наилучший эффект от рядкового удобрения достигается в том случае, если между удобрениями и семенами имеется прослойка почвы. Это особенно важно, когда в составе припосевного удобрения находятся азот и калий.

В качестве припосевного удобрения применяют гранулированный простой и двойной суперфосфат, а также комплексные удобрения (аммофос, диаммофос, нитрофос, нитрофоску, нитро аммофос и нитроаммофоску). Для внесения в рядки не следует готовить смесь простых удобрений, так как при этом часто образуется мажущаяся трудновысеваемая масса:



гигроскопичен



гигроскопичен

Если смешать удобрения непосредственно перед внесением, то разбрасывателем еще можно внести, а вот при применении туковой сеялкой будет испорчен агрегат. В этом случае лучше применять один гранулированный суперфосфат.

При высоких дозах основного удобрения положительное действие припосевного удобрения заметно ослабевает или исчезает. Если норма удобрений более 100 кг д.в./га, рядковые удобрения не действуют.

Если содержание фосфора в почве на уровне 1, 2, 3 классов, то необходимо вносить рядковое фосфорное удобрение. При хорошей обеспеченности почвы фосфором (4, 5, 6 классы), то фосфорные удобрения в рядки не имеют значения.

Примерные дозы рядкового удобрения:

- Под зерновые вносят рядковые удобрения $N_{10}P_{10}$;
- Под картофель вносят рядковые удобрения $N_{20-40}P_{20-40}K_{20-40}$. При внесении увеличивается урожай клубней на 20–40 ц/га. Доза рядкового удобрения зависит от того, есть ли рабочая сила в хозяйстве и какая. Если автоматическая загрузка сажалки вносят по 40 кг/га каждого элемента питания, ели ручная – меньше.

Почему такие дозы рядкового удобрения под картофель?

1. Осмотический стресс для картофеля не характерен.

2. Большой запас воды в клубнях (в засушливых зонах дают высокий урожай).

3. Аммиачный азот для большинства растений и животных токсичен, для картофеля можно использовать данное удобрение, навредить не сможет.

4. Корневая система картофеля находится в верхнем слое, удобрения при посадке культуры вносятся туда же.

5. Рядковое удобрение для картофеля может частично заменить основное.

- Под лен вносят рядковое удобрение P_{10} ;
- Под кукурузу вносят рядковое удобрение P_{10} . Удобрения следует вносить отдельно от семян – на 4-5 см в сторону и на 2-3- см ниже семян, чтобы избежать вредного действия высокой концентрации почвенного раствора на проростки кукурузы;

• Под овощные (морковь, лук, огурцы) вносят рядковое удобрение $N_{8-10}P_{8-10}K_{8-10}$;

• Под сахарную свеклу вносят рядковое удобрение $N_{10-15}P_{10-15}K_{10-15}$. Чаще под сахарную свеклу можно не вносить рядковые удобрения, так как ее возделывают на хорошо окультуренных почвах.

Подкормка, или послепосевное удобрение

Результаты опытов научно-исследовательских учреждений свидетельствуют о том, что в большинстве случаев на почвах среднего и тяжелого гранулометрического состава, где малая вероятность вымывания питательных веществ, перенесение части даже азотных удобрений, не говоря уже о калийных и фосфорных, из основного удобрения в подкормку сопровождается снижением урожая. Объясняется это тем, что удобрения, внесенные поверхностно или даже культиватором-растениепитателем в течение вегетации растений, попадают часто в этот период в сухую почву и поэтому слабо используются растениями.

Подкормки могут дать неплохой результат только при наличии влаги. Особенно нежелательно использовать в подкормку фосфорные, а на связных почвах - калийные удобрения, которые очень слабо мигрируют по почвенному профилю.

Послепосевное удобрение оправдывает себя при следующих обстоятельствах:

- подкормка озимых зерновых культур азотными удобрениями в весенний период. Фосфорными и калийными удобрениями не подкармливают даже в ранневесенний период, очень слабый эффект. Почему нужно подкармливать азотом озимые зерновые культуры? За осенне-весенний период нитратный азот покидает пахотный слой, аммиачный азот в результате нитрификации при температуре более $10^{\circ}C$ переходит за две недели в нитратную форму, которая также вымывается из пахотного слоя. Озимые начинают отрастать при температуре $+5^{\circ}C$, когда активность микроорганизмов снижена. Разложение органического вещества почвы идет очень медленно. Растения в данный период испытывают острый недостаток в азотном питании. Дозы подкормки: N_{30-60} . При внесении 30 кг/га - прибавка урожая зерна 3-5 ц/га; при внесении 60 кг/га - прибавка урожая до 10 ц/га зерна.

Яровые зерновые культуры (культуры ярового клина (высеваются весной) нет смысла подкармливать, так как азотные удобрения внесли в основное удобрение под культиватор, а эффект от подкормок фосфорными и калийными удобрениями очень слабый.

- подкормка льна в фазе елочка азотом в случае, если было внесено недостаточное количество данного элемента питания до посева. Если азотные удобрения внесли в основное удобрение в достаточном количестве, подкармливать не нужно. Доза подкормки: N_{20-40} .

- подкормка многолетних трав азотными удобрениями. Доза подкормки для трав первого года пользования (смесь клевера (85-90 %) с

тимофеевкой (10-15 %) составляет N_{30} ; для трав второго года пользования (смесь клевера (50 %) с тимофеевкой (50 %) составляет N_{40} .

- подкормка многолетних трав фосфорными и калийными удобрениями в полевых севооборотах, когда всю норму данных удобрений по ряду не зависящих от хозяйства причин не удалось внести сразу под покровную культуру (овес, ячмень, викоовсяная смесь и др.). Эффект от такого поверхностного внесения в 2-2,5 раза меньше.

- подкормка азотными и калийными удобрениями пропашных культур, возделываемых на легких почвах (песчаных и супесчаных) при орошении или в зоне достаточного и избыточного увлажнения. Глубина заделки – 10-12 см. Дозы подкормок: $N_{20-40}K_{20-40}$ в разовую подкормку. Если фосфор не внесли в достаточном количестве, то и фосфор нужно внести в подкормку (эффект меньше, чем от основного удобрения).

- подкормка азотными и калийными удобрениями овощных культур на легких почвах (песчаных и супесчаных). Доза подкормок: $N_{20}K_{20}$.

- при планировании высоких годовых норм минеральных удобрений под культуры наиболее чувствительные к повышенной концентрации солей;

- для плодово-ягодных насаждений и долголетних культурных пастбищ;

- при определенных условиях поздняя некорневая подкормка 20–30 %-ным раствором мочевины озимой и яровой пшеницы в фазе колошения - молочной спелости (по результатам растительной диагностики) для повышения качества зерна (увеличение содержания белка и сырой клейковины). Урожайность зерна от этой подкормки не повышается. Для проведения подкормки необходимо оставить технологическую колею, тем самым будет потеряна часть площади посевов. Доза подкормки: N_{30-40} .

Иногда подкормку используют как вынужденный прием из-за отсутствия удобрений в допосевной период.

Для подкормки минеральными удобрениями культур сплошного посева (озимые, травы, лен) применяют те же машины, что и для внесения основного удобрения. Кроме наземной техники, используют сельскохозяйственную авиацию.

Подкормки:

- корневые (внесение вразброс);
- некорневые (опрыскивание листьев растений растворами удобрений).

Когда нужно проводить подкормки? Применение послепосевных удобрений должно быть экономически оправдано, также подкормки проводятся тогда, когда можно проехать на поле. Подкормку пропашных культур проводят до смыкания рядков культиватором-растениепитателем; для внесения послепосевого удобрения на культурах сплошного сева необходимо оставить технологическую колею для прохода техники (потеря часть площади посевов).

Контрольные вопросы:

1. Что такое запасное внесение фосфорных и калийных удобрений и каково его значение в современной земледелии?
2. Какова роль рядкового удобрения под различные культуры?
3. Каково значение разных элементов питания в рядковом удобрении различных культур?
4. Какие дозы рядковых удобрений применяют под различные сельскохозяйственные культуры? Обоснуйте их.
5. Какова эффективность рядкового удобрения на разных фонах основного удобрения?
6. Когда целесообразно применять подкормку разными видами удобрений под различные сельскохозяйственные культуры?
7. В каких случаях подкормка является необходимым приёмом?

8. В каких случаях применяют некорневую подкормку и каково ее значение?

9. Какие основные сельскохозяйственные машины используют для внесения органических и минеральных удобрений до посева, при посеве (посадке) и подкормке? Какова их производительность?

ТЕМА 5. ОПРЕДЕЛЕНИЕ НУЖДАЕМОСТИ ПОЧВ В ИЗВЕСТКОВАНИИ И РАСЧЕТ ДОЗ ИЗВЕСТИ

Практическое занятие № 10. Определение нуждемости почв в известковании и расчет доз извести

Цель: изучить определение нуждемости почв в известковании и методы расчета доз извести.

Задачи:

1. Изучить отношение сельскохозяйственных культур к реакции почвенного раствора;
2. Установить влияние извести на свойства и питательный режим почвы;
3. Научиться определять нуждемость кислых почв в известковании;
4. Изучить способы расчета доз извести.

Важнейшим свойством почв, определяющим условия их плодородия, является кислотность.

Для каждого вида растений существует определенный наиболее благоприятный для роста и развития интервал реакции среды.

Большинству сельскохозяйственных культур и полезных почвенных микроорганизмов требуется реакция, близкая к нейтральной.

При повышенной кислотности почвенного раствора ухудшаются:

1. рост и ветвление корней;

2. проницаемость клеток корня (поэтому ухудшается использование растениями воды и питательных веществ почвы и удобрений);

3. нарушается обмен веществ в растениях.

Таблица 14

Классификация почв по степени кислотности

Класс почвы	Кислотность почвы	
	степень кислотности	pH _{KCl}
1	очень сильно кислая	<4,1
2	сильно кислая	4,1-4,5
3	среднекислая	4,6-5,0
4	слабокислая	5,1-5,5
5	близкая к нейтральной	5,6-6,0
6	нейтральная	>6,0

Особенно чувствительны растения к повышенной кислотности почвы в первый период роста, сразу после прорастания.

Помимо непосредственно отрицательного действия повышенная кислотность почвы оказывает на растение многостороннее косвенное действие:

- Кислые почвы имеют неблагоприятные биологические, физические и химические свойства.
- Коллоидная часть кислых почв бедна кальцием и другими основаниями, а насыщение водородом минеральных коллоидных частиц приводит к постепенному их разрушению.
- В кислых почвах сильно подавлена деятельность полезных почвенных микроорганизмов, особенно азотфиксирующих свободноживущих и клубеньковых бактерий, для развития которых наиболее благоприятна нейтральная реакция.

Доступность для растений элементов питания при различной реакции почвенного раствора

Элементы питания	рН		
	<6,0	6,0 – 7,5	>7,5
N	снижается постепенно	высокая	возможно снижение
P ₂ O ₅	быстро падает	высокая	быстро падает
K ₂ O	снижается	высокая	высокая
CaO, MgO	снижается	высокая	высокая
Mn	быстро повышается	снижается	быстро снижается
Fe, Al	быстро повышается	незначительно снижается	незначительно снижается
B, Cu, Zn	высокая	незначительно снижается	незначительно снижается
Mo	сильно снижается	быстро повышается	быстро повышается

- Слабо протекает образование доступных для растений форм азота, фосфора и других питательных веществ вследствие ослабления минерализации органического вещества.

- В то же время повышенная кислотность способствует развитию в почве грибов, среди которых много паразитов и возбудителей различных болезней растений.

- Отрицательное влияние повышенной кислотности в значительной степени связано с увеличением подвижности алюминия и марганца в почве, повышением содержания их в почвенном растворе, что неблагоприятно для растений.

- При высоком содержании в кислых почвах подвижного алюминия и железа усиливается связывание усвояемых форм фосфора с образованием нерастворимых и малодоступных растениям фосфатов полутораоксидов, ухудшается питание растений фосфором.

- В кислых, особенно песчаных и супесчаных, почвах мало усвояемых соединений кальция и магния. Кроме того, при кислой реакции затрудняется поступление этих элементов в растение.

- В кислых почвах уменьшается подвижность молибдена, и его может не хватить для нормального роста растений, особенно бобовых.

- В отличие от молибдена для целого ряда других элементов, относящихся к тяжелым металлам (свинец, кадмий, цинк, медь, никель, хром), характерно увеличение подвижности в почве при подкислении. В кислых почвах опасность аккумуляции этих тяжелых металлов в растениях и получаемой продукции возрастает.

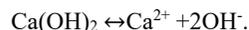
Влияние извести на свойства и питательный режим почвы

Основное нейтрализующее почвенную кислотность вещество в составе известковых удобрений — карбонат кальция (CaCO₃), или известь.

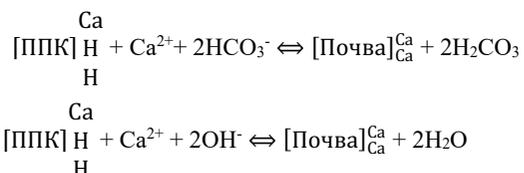
При внесении в почву нерастворимый в воде карбонат кальция взаимодействует с угольной кислотой, находящейся в почвенном растворе, и нейтрализует ее с образованием растворимого в воде бикарбоната кальция.



Бикарбонат кальция представляет собой гидролитически щелочную соль, которая при растворении в воде диссоциирует на ионы.



В почвенном растворе возрастает концентрация ионов кальция, который вытесняет водород из почвенного поглощающего комплекса.



Подобным образом действуют карбонат магния, а также оксиды и гидроксиды кальция и магния, содержащиеся в известковых материалах.

При внесении извести нейтрализуются свободные органические кислоты (в том числе гуминовые), а также образующиеся в почве минеральные кислоты (например, азотная при нитрификации аммонийного азота).

Следовательно, известь нейтрализует свободные кислоты в почвенном растворе, а также ионы водорода в почвенном поглощающем комплексе, то есть устраняется активная и обменная кислотность, значительно снижается гидролитическая кислотность, повышается насыщенность почвы основаниями.

Устраняя кислотность, известкование оказывает многостороннее положительное действие на свойства почвы и ее плодородие.

❖ Замена поглощенного водорода кальцием сопровождается коагуляцией почвенных коллоидов, в результате чего уменьшаются их разрушение и вымывание, улучшаются физические свойства почвы (структурность, водопроницаемость, аэрация).

❖ Известь снижает содержание в почве подвижных соединений алюминия и марганца, они переходят в неактивное состояние, в итоге устраняется вредное влияние их на растения.

❖ Под влиянием известкования в результате снижения кислотности и улучшения физических свойств почвы усиливаются жизнедеятельность

микроорганизмов и мобилизация ими азота, фосфора и других питательных веществ из почвенного органического вещества.

❖ В известкованных почвах интенсивнее протекают процессы минерализации органического вещества (аммонификации и последующей нитрификации), лучше развиваются азотфиксирующие бактерии (клубеньковые, свободноживущие и ассоциативные), обогащающие почву азотом за счет азота атмосферы. Следовательно, улучшается азотное питание растений.

❖ Известкование способствует переводу труднодоступных растениям фосфатов алюминия и железа в более доступные фосфаты кальция и магния.

❖ Калий труднорастворимых минералов интенсивнее переходит в более подвижные соединения.

❖ Обменно-поглощенный почвой калий при известковании вытесняется кальцием в раствор, но усвоение калия растениями вследствие антагонизма между катионами K^+ и Ca^{2+} затрудняется. Поэтому на известкованных почвах потребность в калийных удобрениях и их эффективность возрастают.

❖ Известкование влияет на подвижность в почве и доступность для растений микроэлементов. Соединения молибдена после внесения извести переходят в более усвояемые формы, улучшается питание растений этим элементом. Подвижность соединений бора и марганца, наоборот, уменьшается, и растения могут испытывать недостаток в них. Поэтому на известкованных почвах эффективно применение борных удобрений.

❖ При внесении извести почва обогащается кальцием, а при использовании доломитовой муки — и магнием.

❖ Проведение известкования способствует снижению поступления в растения тяжелых металлов, подвижность которых в почве уменьшается при устранении кислой реакции.

❖ При известковании в 1,5-2 раза снижается содержание в растениях наиболее опасных долгоживущих радионуклидов стронция-90 и цезия-137.

Определение нуждаемости кислых почв в известковании и доз известки

Необходимость известкования почвы можно ориентировочно определить по некоторым внешним признакам:

✓ кислые сильноподзолистые почвы обычно имеют белесый оттенок, ярко выраженный подзолистый горизонт, достигающий 10 см и более.

✓ на повышенную кислотность почвы и нуждаемость ее в известковании указывают также плохой рост и сильное выпадение клевера, люцерны, обильное развитие устойчивых к кислотности сорняков: щавелька, пикульника, торицы полевой, лютика ползучего, белоуса, щучки.

Потребность почвы в известковании с достаточной для практических целей точностью может быть определена по обменной кислотности ($pH_{КС1}$).

При $pH_{КС1}$ 4,5 и ниже потребность в известковании сильная,

4,6-5 — средняя,

5,1-5,5 — слабая,

более 5,5 — отсутствует.

Величина кислотности почвы — важный, но не единственный показатель, характеризующий потребность почвы в известковании.

Необходимо учитывать также степень насыщенности почв основаниями (V):

- $V < 50\%$ - сильная потребность в известковании,
- $V = 50-70\%$ - средняя,
- $V = 70-80\%$ - слабая,
- $V > 80\%$ - почва в известковании не нуждается.

С учетом таких показателей как pH солевой вытяжки, степень насыщенности почв основаниями и гранулометрического состава определяют степень нуждаемости почвы в известковании (см. табл. 16).

Норма извести зависит от:

- степени кислотности почв;
- гранулометрического состава почв;
- особенностей возделываемых культур.

Полная норма извести — количество извести, необходимое для уменьшения повышенной кислотности пахотного слоя почвы до близкой к нейтральной реакции почвенного раствора (до pH_{KCl} 5,6-5,8), благоприятной для большинства культур и полезных микроорганизмов.

Ориентировочные нормы извести можно определить по величине pH солевой вытяжки (см. табл. 17).

Таблица 17

Ориентировочные дозы извести для дерново-подзолистых почв с содержанием гумуса < 3 % в зависимости от величины pH_{KCl}

Почвы	pH_{KCl}					
	очень сильно- и сильнокислые		среднекис- лые	слабокислые		
	<4,5	4,6	4,8	5,0	5,2	5,4-5,5
Песчаные, легкосуглинистые	4,5	4,0	3,5	3,0	2,5	2,0
Среднесуглинистые	6,0	5,5	5,0	4,5	4,0	3,5
Тяжелосуглинистые, глинистые	8,0	7,5	6,5	5,5	5,0	4,5

Более точно установить полную норму извести можно по величине гидролитической кислотности.

При расчете нормы извести $CaCO_3$ в т/га величину гидролитической кислотности в мг-экв/100 г почвы (H_f) умножают на 1,5:

$$\text{Норма } CaCO_3 = H_f \times 1,5 \text{ (т/га)}$$

Величину 1,5 получают путем следующего расчета:

$$1 \text{ мг} \cdot \text{экв Н эквивалентен } 50 \text{ мг } CaCO_3.$$

Оценка потребности почв в известковании в зависимости от свойств почвы (по М.Ф. Корнилову)

Таблица 16

Почвы	Потребность в известковании							
	Сильная		Средняя		Слабая		Отсутствует	
	pH_{KCl}	V, %	pH_{KCl}	V, %	pH_{KCl}	V, %	pH_{KCl}	V, %
Тяжело- и среднесуглинистые	<5,0	<45	5,0-5,5	45-60	5,5-6,0	60-70	>6,0	>70
	<4,5	<50	4,5-5,0	50-65	5,0-5,5	65-75	>5,5	>75
	<4,0	<55	4,0-4,5	55-70	4,5-5,0	70-80	>5,0	>80
Легкосуглинистые	<5,0	<35	5,0-5,5	35-55	5,5-6,0	55-65	>6,0	>65
	<4,5	<40	4,5-5,0	40-60	5,0-5,5	60-70	>5,5	>70
	<4,0	<45	4,0-4,5	45-55	4,5-5,0	65-75	>5,0	>75
Супесчаные и песчаные	<5,0	<30	5,0-5,5	30-45	5,5-6,0	45-55	>6,0	>55
	<4,5	<35	4,5-5,0	45-50	5,0-5,5	50-60	>5,5	>60
	<4,0	<40	4,0-4,5	40-55	4,5-5,0	55-65	>5,0	>65
Торфянистые	<3,5	<35	3,5-4,2	35-55	4,2-4,8	55-65	>4,8	>65

Поскольку N_f выражают в мг-экв/100 г почвы, то для перехода к массе почвы пахотного слоя на площади 1 га (которая для среднесуглинистых дерново-подзолистых почв равна 3 млн кг) 50 умножают на 10 (для перехода от 100 г к 1 кг почвы) и на 3 000 000, а чтобы от миллиграммов перейти к тоннам, результат умножения делят на 1000 000 000.

Выполнив эти действия, получим 1,5.

Пример. Если гидролитическая кислотность почвы составляет 4 мг-экв/100 г почвы, то норма CaCO_3 будет равна: $4 \times 1,5 = 6$ т/га.

Рекомендованную или рассчитанную дозу CaCO_3 можно перевести в другие формы известковых удобрений, используя переводные коэффициенты: для $\text{Ca}(\text{OH})_2$ – 0,74; для CaO – 0,56, MgCO_3 – 0,84.

Таким образом:

$$\text{Норма Ca}(\text{OH})_2 = \text{Норма CaCO}_3 \times 0,74, \text{ т/га};$$

$$\text{Норма CaO} = \text{Норма CaCO}_3 \times 0,56, \text{ т/га}.$$

Дозу извести для повторного известкования определяют так же, как и для первичного.

Определение необходимого количества извести для доведения реакции почвы до заданного значения pH с учетом состава возделываемых культур при основном и поддерживающем (повторном) известкованиях проводят также на основе норматива сдвига pH солевой вытяжки почвы под действием 1 т CaCO_3 , который устанавливают экспериментально применительно к конкретным условиям.

В этом случае норму извести (т/га) рассчитывают по формуле:

$$\text{Норма CaCO}_3 = \Delta \text{pH}_{\text{KCl}} / X, \text{ (т/га)},$$

где $\Delta \text{pH}_{\text{KCl}}$ – разница между оптимальной и фактической величиной pH_{KCl} ;

X – норматив сдвига pH_{KCl} от 1 т CaCO_3 .

Смещение реакции почвенной среды от внесения извести

Почвы	Гранулометрический состав почвы	Исходное значение pH_{KCl}	Смещение pH_{KCl} от внесения 1 т CaCO_3 на 1 га
Дерново-среднеподзолистые	Легко- и среднесуглинистые	<4,5	0,26
		4,6-5,0	0,22
		5,1-5,5	0,19
	Тяжелосуглинистые и глинистые	<4,5	0,18
		4,6-5,0	0,16
		5,1-5,5	0,13
Серые лесные	Легко- и среднесуглинистые	<4,5	0,20
		4,6-5,0	0,18
		5,1-5,5	0,14
	Тяжелосуглинистые и глинистые	<4,5	0,14
		4,6-5,0	0,12
		5,1-5,5	0,09
Черноземы выщелоченные и оподзоленные	Легко- и среднесуглинистые	<4,5	0,16
		4,6-5,0	0,14
		5,1-5,5	0,11
	Тяжелосуглинистые и глинистые	<4,5	0,13
		4,6-5,0	0,11

Дозу конкретных известковых удобрений вычисляют с учетом содержания в них суммы нейтрализующих кислотность веществ (в расчете на чистый CaCO_3), количества крупных частиц (более 1 мм) и влажности известкового материала по формуле:

$$\text{Доза CaCO}_3(\text{хоз}) = \frac{\text{Норма (CaCO}_3 \frac{\text{т}}{\text{га}}) \times 100 \times 100 \times 100}{\% \text{ CaCO}_3 \text{ в удобрениях} \times (100 - \% \text{ частиц более 1 мм}) \times (100 - \text{влажность})}$$

Известь обладает длительным действием.

Полная норма извести может положительно влиять на урожай декоративных культур в течение 10-15 лет, половинная доза - не более 6-7 лет.

С течением времени после внесения извести вновь происходит постепенное увеличение кислотности почвы (особенно быстро на малобуферных почвах и при систематическом применении физиологически кислых удобрений в высоких дозах) и возникает потребность в *повторном*, или *поддерживающем*, известковании.

Необходимость повторного известкования устанавливают на основе данных агрохимического анализа почвы (определения степени ее кислотности) с учетом вымывания кальция по результатам лизиметрических опытов и его выноса с урожаем возделываемых культур.

Рассчитывая дозу извести для конкретных условий, важно учитывать гранулометрический состав почвы и особенности выращиваемых культур.

- На тяжелых почвах и под культуры, очень чувствительные к повышенной кислотности, лучше вносить полную дозу извести, рассчитанную по гидролитической кислотности.

- На более легких малобуферных почвах и для культур, не чувствительных к кислотности, дозу извести необходимо уменьшить на 30-50 %.

Контрольные вопросы:

1. В чем состоит отрицательное действие повышенной кислотности на растения и почву?
2. Как происходит взаимодействие извести с почвой, какое влияние она оказывает на свойства почвы и ее питательный режим?

3. Как определить нуждаемость почвы в известковании?
4. Что такое полная норма извести, как она устанавливается?
5. Что понимают под основным и повторным известкованием?

ТЕМА 6. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТИ ФОСФОРИТОВАНИЯ ПОЧВ

Практическое занятие № 11. Установление целесообразности замены суперфосфата фосфоритной мукой по методу Б.А. Голубева

Цель: установить целесообразность замены суперфосфата фосфоритной мукой по методу Б.А. Голубева

Задачи:

1. Установить факторы, влияющие на эффективность фосфоритной муки;
2. Определить особенности применения фосфоритной муки;
3. Установить целесообразность замены суперфосфата фосфоритной мукой по методу Б.А. Голубева.

Фосфоритную муку получают размолот фосфорита до состояния тонкой муки. Фосфор в ней содержится в виде соединений фторапатита, гидроксилпатита, карбонатапатита, т. е. находится в основном в форме трехзамещенного фосфата кальция — $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$. Эти соединения не растворимы в воде, слабых кислотах и слабодоступны для большинства растений.

Для изготовления фосфоритной муки могут быть использованы низкопроцентные фосфориты, не пригодные для химической переработки в суперфосфат.

Фосфоритная мука — самое дешевое фосфорное удобрение.

Эффективность фосфоритной муки зависит от:

- состава фосфоритов;

- тонины помола;
- особенностей растений;
- свойств почвы;
- свойств сопутствующих удобрений.

Лишь немногие растения (*люпин, горчица, гречиха, эспарцет, горох и конопля*) могут усваивать фосфор фосфоритной муки при нейтральной реакции почвенного раствора, т. е. без предварительного разложения ее под действием почвенной кислотности.

Большинство растений (*все злаки, лен, свекла, картофель*) могут использовать фосфорит только при определенной кислотности почвы, достаточной для его разложения.

Поэтому на почвах с нейтральной реакцией (обыкновенные, типичные и южные черноземы) применение фосфоритной муки малоэффективно.

На кислых дерново-подзолистых и серых лесных почвах, красноземах и выщелоченных черноземах она может не уступать суперфосфату.

В разложении фосфоритной муки участвует не только активная, но и потенциальная кислотность.

Под влиянием почвенной кислотности фосфоритная мука превращается в усвояемый растениями CaHPO_4 .

Исследованиями Б.А. Голубева установлено, что действие фосфоритной муки начинает проявляться, когда гидролитическая кислотность (Нг) почвы достигает 2-2,5 мг-экв/100 г почвы (см. рис. 1).

Когда гидролитическая кислотность почвы выше указанной величины, действие фосфоритной муки, внесенной в двойной дозе по суперфосфату, может приближаться к действию суперфосфата.

Действие фосфоритной муки зависит не только от величины гидролитической кислотности.

- Чем больше Нг, тем выше эффективность фосфоритной муки.
- При одной и той же гидролитической кислотности действие фосфоритной муки тем выше, чем меньше ёмкость поглощения почвы.

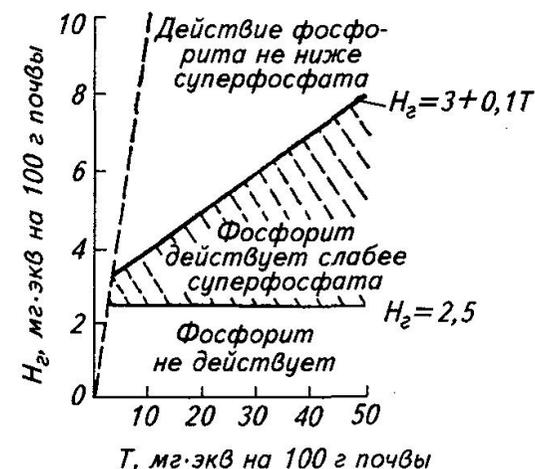


Рис. 1. Зависимость действия фосфоритной муки от значения гидролитической кислотности (Нг) и емкости поглощения (Т) (по Б.А. Голубеву)

Дозу фосфоритной муки устанавливают также в зависимости от кислотности почвы.

На сильно- и среднекислых почвах (рН 5 и менее) можно вносить ту же дозу фосфоритной муки, что и суперфосфата, а на слабокислых - двойную и даже тройную.

На известкованных почвах эффективность фосфоритной муки снижается.

Полное действие фосфоритной муки наблюдается тогда, когда ёмкость поглощения (Т) и степень насыщенности почвы основаниями (V) характеризуются следующими соотношениями: $T \text{ (мг-экв/100 г почвы)} = 10, 20, 30, 40, 50$; $V \text{ (\%)} = 60, 75, 82, 83, 84$.

Наилучший прогноз возможной эффективности фосфоритной муки обеспечивается, когда сравнивают три показателя: Нг, V, Т.

Фосфоритную муку применяют как основное удобрение, вносить ее лучше заблаговременно, с осени, обязательно с глубокой заделкой под плуг.

Наиболее эффективно внесение ее вместе с навозом в пару под озимые культуры, а также под пропашные - сахарную свеклу, картофель, кукурузу и др.

Положительное действие фосфоритной муки продолжается несколько лет. Чем больше доза этого удобрения, тем эффективнее и продолжительнее его действие.

Фосфоритование - внесение высоких доз фосфоритной муки для увеличения содержания подвижного фосфора в кислых почвах.

При этом одновременно достигают некоторого снижения кислотности почвы.

Фосфоритование кислых почв - один из основных технологических элементов работ по комплексному агрохимическому окультуриванию полей (КАХОП).

При проведении фосфоритования ставится цель довести содержание подвижного фосфора в почве до оптимального уровня для возделываемых сельскохозяйственных культур.

Для повышения содержания P_2O_5 на 10 мг на 1 кг почвы в пахотном горизонте необходимо вносить в виде фосфоритной муки следующее количество P_2O_5 (кг/га):

- на дерново-подзолистых почвах в зависимости от гранулометрического состава – 60 – 120;
- на серых лесных – 70 – 140;
- на оподзоленных и выщелоченных черноземах – 90 - 120.

Контрольные вопросы:

1. Какие факторы влияют на эффективность фосфоритной муки?
4. Каковы особенности применения фосфоритной муки?
5. Когда целесообразно заменить суперфосфат фосфоритной мукой по методу Б.А. Голубева?

6. Что такое фосфоритование кислых почв?

7. Какое количество P_2O_5 (кг/га) в виде фосфоритной муки необходимо вносить на дерново-подзолистых, серых лесных почвах, а также на оподзоленных и выщелоченных черноземах, чтобы повысить содержание P_2O_5 на 10 мг на 1 кг почвы в пахотном горизонте?

ТЕМА 7. ОПРЕДЕЛЕНИЕ НОРМ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ ПОД СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ КУЛЬТУРЫ

Практическое занятие № 12. Определение норм минеральных удобрений под сельскохозяйственные культуры

Цель: изучить метод определения норм минеральных удобрений на основе прямого использования результатов полевых опытов и агрохимических картограмм

Задачи:

1. Освоить понятия об оптимальной, рациональной и предельной дозах удобрений;
2. Изучить классификацию методов определения доз удобрений под культуры;
3. Освоить метод определения доз минеральных удобрений по данным полевых опытов и агрохимических картограмм.

Определение норм минеральных удобрений под сельскохозяйственные культуры - одна из важных и сложных задач агрохимии. Существуют понятия оптимальной, рациональной и предельной нормы.

Оптимальная — это норма, которая обеспечивает получение высокого урожая хорошего качества при максимальном чистом доходе с 1 га при условии постепенного повышения или сохранения оптимального уровня плодородия почвы за ротацию севооборота.

При возрастании норм вносимых удобрений оплата 1 кг питательных веществ прибавкой урожая, начиная с какого-то уровня, снижается. Поэтому если хозяйство имеет мало минеральных удобрений, то ему выгоднее применять меньшие нормы на большей площади и получить больший валовой урожай, чем использовать более высокие нормы удобрений на меньшей площади. Но если хозяйство из года в год вносит значительное количество удобрений, получает высокие урожаи, интенсивно повышая плодородие полей, то дальнейшее увеличение урожая, естественно, снижает отдачу от дополнительного внесения удобрений. Однако в этом случае получается больше продукции с 1 га. Так появляется понятие рациональной нормы удобрений.

Рациональная - норма, которая при сложившихся организационно-хозяйственных условиях производства позволяет получить возможно больший выход продукции хорошего и удовлетворительного качества с 1 га пашни и интенсивно повышать плодородие почвы при обязательном экономическом эффекте от применения удобрений.

Однако существует предел внесения удобрений при определенных почвенно-климатических условиях. В противном случае растениеводство может давать убытки, может ухудшиться качество продукции и возникнуть опасность загрязнения окружающей среды.

Пределная - норма, которая обеспечивает максимально высокий урожай допустимого качества при условии, как минимум, самокупаемости от удобрений. Ввиду важности получения максимального количества сельскохозяйственной продукции с единицы площади это в некоторых случаях может быть оправдано, особенно тогда, когда все хозяйства будут иметь достаточное количество удобрений, либо в районах интенсивной химизации под важнейшие сельскохозяйственные культуры.

Прежде чем определить норму удобрений, необходимо знать потенциальную продуктивность того или иного сорта и установить возможную его фактическую урожайность в зависимости от:

- метеорологических показателей;
- гранулометрического состава почвы;
- плодородия почвы;
- уровня агротехники при конкретном организационно-хозяйственном обеспечении.

Потенциальная продуктивность сорта указана в сортовом свидетельстве, а также берется по данным государственных сортоучастков и научно-исследовательских учреждений.

Существует также специальная методика определения потенциальной урожайности сельскохозяйственных культур по приходу фотосинтетически активной радиации (ФАР) и коэффициенту ее использования, который колеблется в пределах от 1 до 3 %.

Величину возможной урожайности основной продукции (Y , т/га) в зависимости от имеющейся влагообеспеченности растений в различных почвенно-климатических зонах определяют по следующей формуле:

$$Y = \frac{1000(W+P)}{K_B \cdot S(100-B_C)}, \text{ где}$$

W – запас продуктивной влаги в метровом слое почвы весной, мм;

P – сумма осадков за вегетационный период культуры, мм;

K_B – коэффициент водопотребления данной сельскохозяйственной культурой;

B_C – стандартная влажность основной продукции, %;

S – сумма частей в соотношении основной продукции и побочной в общем урожае биомассы (например, у озимой пшеницы отношение зерна к соломе составляет 1:1,5, а сумма частей при этом равна 2,5).

В районах Нечерноземной зоны европейской части РФ коэффициенты водопотребления (K_B) для различных сельскохозяйственных культур в зависимости от характера увлажнения года, следующие:

- озимая рожь - 400-550;

- озимая пшеница - 375-525;
- ячмень - 375-530;
- овес - 435-590;
- кукуруза на силос - 35-70;
- сахарная свекла, картофель - 75-130;
- многолетние травы (сено) - 500-750;
- капуста белокочанная - 60-100;
- томаты - 125-220;
- морковь столовая - 65-130 (первая цифра дана для влажного года,

вторая - для засушливого).

Величина возможной урожайности корректируется также в зависимости от плодородия почвы и уровня агротехники. Неправильно считать, что при достаточном количестве удобрений на бедных известкованных почвах можно получить высокие урожаи. По данным научно-исследовательских учреждений и практического опыта хозяйств, получение высоких стабильных урожаев сельскохозяйственных культур возможно только на хорошо окультуренных почвах (имеющих, как минимум, повышенное содержание подвижных форм фосфора и среднее - калия) при соблюдении передовых приемов агротехники.

Методы определения норм минеральных удобрений под сельскохозяйственные культуры подразделяются на три группы:

1. основаны на прямом использовании результатов полевых опытов и агрохимических картограмм;
2. расчетные (балансовыми, расчетно-балансовыми);
3. комплексные, основанные на сочетании первой и второй групп методов.

Расчетная группа методов определения норм минеральных удобрений на планируемую (программируемую) урожайность включает:

- метод элементарного баланса;
- метод на планируемую прибавку урожайности;
- метод нормативного баланса.

Определение норм минеральных удобрений на основе прямого использования результатов полевых опытов и агрохимических картограмм

На основании обобщения данных полевых опытов научно-исследовательскими учреждениями нашей страны разработаны рекомендации по внесению средних норм удобрений под различные культуры для хозяйств своей зоны.

В качестве примера в таблице 18 приведены нормы удобрений для дерново-подзолистых почв в районах интенсивной химизации.

Таблица 18

Примерные нормы внесения удобрений на дерново-подзолистых суглинистых почвах

Культура	Навоз, т/га	Минеральные удобрения, кг/га		
		N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Озимые зерновые:				
по занятым парам	20-30	100-120	80-100	40-60
после клевера с тимopheевкой	-	70-100	100-120	100-120
Яровые зерновые	-	80-120	80-100	60-80
Лен-долгунец по клеверищу	-	20-40	60-90	80-100
Картофель	30-40	100-120	80-100	100-120
Кукуруза на другие силосные	30-40	100-120	80-100	80-100
Кормовые корнеплоды	30-40	180-220	120-150	180-220
Капуста белокочанная	30-40	150-180	80-100	150-180

Рекомендуемые нормы фосфорных и калийных удобрений корректируют в зависимости от обеспеченности почвы подвижными формами фосфора и калия с использованием ориентировочных поправочных коэффициентов (табл. 19).

Таблица 19

Поправочные коэффициенты к нормам удобрений учетом содержания подвижных форм фосфора и калия в почве

Содержание в почве питательных веществ по картограмме	Зерновые культуры, травы, лен, пропашные	Овощные культуры
<i>Азотные удобрения</i> P ₂ O ₅		
Очень низкое	1,2	-
Низкое	1,1	1,2
Среднее	1,0	1,1
Повышенное	0,9	1,0
Высокое	0,8	0,9
Очень высокое	0,7	0,8
<i>Фосфорные и калийные удобрения</i> P ₂ O ₅ и K ₂ O		
Очень низкое	1,5	-
Низкое	1,2-1,3	1,5
Среднее	1,0	1,2-1,3
Повышенное	0,7-0,8	1,0
Высокое	0,4-0,6	0,7-0,8
Очень высокое	0,1-0,3	0,4-0,6

Нормы азотных удобрений, как правило, корректируют по картограмме фосфора (чаще всего именно фосфор находится в минимуме после азота в почве), так как по азоту картограмму не составляют. При поправочном коэффициенте, равном 1,0, норма берется без изменений. Доза рядкового удобрения применяется во всех случаях без поправок.

Группировка почв по содержанию питательных веществ представлена в таблицах 20-21.

Таблица 20

Группировка почв по содержанию подвижных форм фосфора

Класс почвы	Содержание подвижных форм фосфора в почве	P ₂ O ₅ , мг/кг почвы		
		по Кирсанову	по Чирикову	по Мачигину
I	Очень низкое	≤ 25	≤ 20	≤ 10
II	Низкое	26 - 50	21 - 50	11 - 15
III	Среднее	51 - 100	51 - 100	16 - 30
IV	Повышенное	101 - 150	101 - 150	31 - 45
V	Высокое	151 - 250	151 - 200	46 - 60
VI	Очень высокое	> 250	> 200	> 60

Таблица 21

Группировка почв по содержанию подвижных форм калия

Класс почвы	Содержание подвижных форм калия в почве	K ₂ O, мг/кг почвы		
		по Кирсанову	по Чирикову	по Мачигину
I	Очень низкое	≤ 40	≤ 20	≤ 100
II	Низкое	41 – 80	21 – 40	101 – 200
III	Среднее	81 – 120	41 – 80	201 – 300
IV	Повышенное	121 – 170	81 – 120	301 – 400
V	Высокое	171 – 250	121 – 180	401 – 600
VI	Очень высокое	> 250	> 180	> 600

Примечание: Метод Кирсанова используют для дерново-подзолистых и серых лесных почв, метод Чирикова – для некарбонатных черноземов, метод Мачигина- для карбонатных черноземов, каштановых, бурых почв и сероземов.

Несмотря на большую перспективу в использовании данного метода определения норм минеральных удобрений, в настоящее время на него нельзя полностью полагаться из-за недостатка необходимой информации.

Рекомендуемые в таблице 18 нормы удобрений рассчитаны на получение урожая зерна 3,0-3,5 т/га, волокна льна - 0,6-0,8, картофеля - 20-25, корнеплодов - 40-50, зеленой массы кукурузы - 35-40, капусты - 50-60 т/га.

Если рекомендуемые нормы минеральных удобрений получены в конкретном полевом опыте на почве с определенным содержанием подвижных форм фосфора и калия, то в производственных условиях их необходимо корректировать в соответствии с классом почвы конкретного поля. Корректировку проводят следующим образом. Если класс почвы поля по содержанию подвижного фосфора (или калия) отличается от класса почвы опытного поля по этому показателю на 1 или 2, то норма фосфора (или калия) изменяется соответственно на $\pm 25\%$ и $\pm 50\%$, а норма азота - на $\pm 10\%$ или $\pm 20\%$. При этом корректировку нормы азота проводят, как правило, по элементу, находящемуся в почве в минимуме после азота (на средних и тяжелых по гранулометрическому составу почвах по фосфору, на легких - по калию), так как картограмму по содержанию подвижных форм азота в почве в настоящее время не составляют.

Величина полученного урожая в опыте от применяемой нормы удобрений должна быть приведена в соответствии с производственными условиями. Установлено, что на малых делянках эффективность удобрений выше, чем на больших производственных площадях (по зерновым культурам на 30%, по картофелю на 50%).

Определение норм удобрений под сельскохозяйственные культуры проводят также на основе математической обработки результатов полевых опытов. В этом случае наибольшую ценность представляют многофакторные полевые опыты, дающие наиболее полную информацию. Математическую обработку результатов многофакторных опытов проводят в следующем порядке:

- обработка результатов опыта методом множественной регрессии;
- выбор математической модели;
- разработка производственной функции;

- вычисление коэффициентов корреляции между различными показателями.

Полевой опыт – самый точный, лучше использовать его результаты, однако опытов нет, использовать нечего.

Минусы метода:

- ⇒ отсутствует гибкость;
- ⇒ особенности севооборота не учитываются;
- ⇒ дозы органических удобрений корректировки не подлежат;
- ⇒ содержание азота, фосфора и калия в органических удобрениях не учитывается.

Контрольные вопросы:

1. Чем определяется потенциальная урожайность?
2. Охарактеризуйте понятия об оптимальной, рациональной и предельной дозах удобрений.
3. Охарактеризуйте группы методов определения норм минеральных удобрений под сельскохозяйственные культуры.
4. Как определить норму минеральных удобрений на основе использования результатов полевых опытов и агрохимических картограмм? В чем положительные и отрицательные стороны этого метода?

Практическое занятие № 13. Расчетные методы определения норм минеральных удобрений

Цель: изучить метод определения норм минеральных удобрений на планируемый урожай (метод элементарного баланса)

Задачи:

1. Освоить метод определения норм минеральных удобрений на планируемый урожай (метод элементарного баланса);
2. Рассчитать методом элементарного баланса нормы удобрений под сельскохозяйственные культуры на планируемый урожай.

Определение норм минеральных удобрений на планируемый урожай (метод элементарного баланса)

В этом методе используют:

- данные по выносу питательных веществ на единицу основной продукции урожая (на 1 т или на 10 т) с учетом побочной;
- коэффициенты использования питательных веществ растениями из почвы, удобрений и пожнивно-корневых остатков (обычно бобовых культур).

Недостающая часть питательных веществ почвы для создания планируемого урожая восполняется внесением органических и минеральных удобрений.

Ориентировочные коэффициенты, которые можно использовать для расчета норм удобрений на дерново-подзолистых и серых лесных почвах, даны в таблице 22.

Таблица 22

Коэффициенты использования растениями питательных веществ из почвы и удобрений (для дерново-подзолистых и серых лесных почв), %

Культура	Из почвы (При среднем содержании питательных веществ и выше) *		Из минеральных удобрений в 1-й год			Из органических удобрений в 1-й год		
	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅ **	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Зерновые, однолетние и многолетние травы	5	10	50-60	5-25	40-50	20	30	40-50

Окончание табл. 22

Коэффициенты использования растениями питательных веществ из почвы и удобрений (для дерново-подзолистых и серых лесных почв), %

Культура	Из почвы (При среднем содержании питательных веществ и выше) *		Из минеральных удобрений в 1-й год			Из органических удобрений в 1-й год		
	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅ **	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Лен	3	5	30-40	10-15	30-40	-	-	-
Пропашные (картофель, кормовые корнеплоды, силосные)	5	20	60-70	20-25	50-70	20-25	30	50-60
Капуста белокочанная	5	20	60-70	20	60-70	20-25	30	60
Морковь, свекла столовая, томаты	5	10	50-60	15-20	50-60	20	20	50
Огурцы	3	5	30-40	10-15	30-40	15-20	20	30

* При низкой обеспеченности почвы питательными веществами коэффициенты увеличиваются в 1,5-2 раза.

** Из суперфосфата при рядковом внесении используется 30-60 % P₂O₅

Последствие удобрений отражено в таблице 10. Коэффициент использования легкогидролизуемого азота из почвы принимается для яровых зерновых культур – 20 %, для многолетних трав, кукурузы, озимых зерновых – 25 %, для пропашных и овощных – 30-35 %.

Для разных методов определения питательных веществ в почвах должны быть свои коэффициенты использования элементов питания растениями (табл. 9).

Рассмотрим метод элементарного баланса на конкретном примере. Планируется получить урожай картофеля 20 т/га на дерново-подзолистой среднесуглинистой почве. По картограмме двухлетней давности в почве содержится 50–100 мг P_2O_5 и 80-120 мг K_2O на кг почвы (по методу Кирсанова). Намечается внести органических удобрений 30 т/га. По данным агрохимического анализа, в них содержится 0,3 % N, 0,15 % P_2O_5 и 0,4 % K_2O .

Картофель выращивают в звене севооборота: ячмень с подсевом многолетних трав, травы 1-го года пользования, травы 2-го года пользования, озимая пшеница, картофель. Под ячмень было внесено $N_{60}P_{160}K_{180}$ (с учетом обеспечения фосфором и калием многолетних трав), под озимую пшеницу - $N_{50}P_{80}K_{80}$. Ежегодный урожай сена многолетних трав составил 4 т/га.

Учитывая эти данные, необходимо определить норму минеральных удобрений под планируемый урожай картофеля. 10 т клубней картофеля вместе с ботвой выносят 60 кг N, 20 кг P_2O_5 и 90 кг K_2O (табл. 2). Следовательно, с урожаем 20 т будет вынесено 120 кг N, 40 кг P_2O_5 и 180 кг K_2O .

Поскольку последствие удобрений на практике обычно учитывается не более двух лет, то в данном примере определяют только последствие от удобрений, внесенных под озимую пшеницу. Если бы данные агрохимического анализа почвы по содержанию подвижного фосфора и калия были текущего года (чего практически не бывает), то последствие фосфора и калия ранее внесенных удобрений на картофель не надо было учитывать. Последствие азота органических удобрений и пожнивно-корневых остатков

бобовых должно учитываться во всех случаях, так как картограмму содержания подвижных соединений азота в почве не составляют.

В примере общий урожай сена клевера с тимофеевкой за 2 года составил 8 т/га. Как показывают исследования, 1 т сена оставляет после себя в виде пожнивно-корневых остатков 10–15 кг/га азота. Следовательно, в корневых и пожнивных остатках многолетних трав на 1 га будет содержаться примерно 120 кг азота. Первая культура после трав (в данном случае озимая пшеница) может использовать около 25 % азота из пожнивно-корневых остатков, или 30 кг ($120 \text{ кг} \times 0,25$), вторая культура (картофель) - примерно 15 % азота, или 18 кг ($120 \text{ кг} \times 0,15$).

Использование из почвы питательных веществ определяют так. Почва содержит (по картограмме) в среднем 70 мг P_2O_5 и 100 мг K_2O на кг почвы. Следовательно, в пахотном слое на 1 га содержится 210 кг P_2O_5 и 300 кг K_2O ($70 \text{ мг} \times 3$; $100 \text{ мг} \times 3$). Картофель сможет усвоить из почвы примерно 5 % подвижного фосфора (10 кг P_2O_5) и 20 % подвижного калия (60 кг K_2O) (см. табл. 9). Труднее определить использование азота из почвы. Это можно сделать двумя способами.

1-й способ - определение выноса азота по элементу, находящемуся в минимуме в почве после азота. Так, на дерново-подзолистой среднесуглинистой почве в первом минимуме находится азот, во втором, как правило, фосфор. Фосфора используется из почвы 10 кг, что может обеспечить урожай картофеля 5 т/га (вынос P_2O_5 на 0,1 т клубней вместе с ботвой составляет 0,2 кг). Если бы почва была дерново-подзолистая супесчаная или песчаная, где во втором минимуме находится калий, то возможный урожай следовало определить по калию. С урожаем клубней 5 т/га будет использовано из почвы 30 кг азота, так как 10 т клубней вместе с ботвой выносят, по справочным данным, 60 кг азота.

2-й способ - определение использования азота почвы по примерному содержанию в ней легкогидролизуемого азота. Если нет данных агрохимического анализа, то можно примерно считать, что связные дерново-

подзолистые почвы среднего плодородия содержат 40–60 мг легкогидролизуемого азота, повышенного плодородия - 60–80 мг, высокого - 80-100 мг/кг почвы. В данном примере кг почвы содержат приблизительно 50 мг легкогидролизуемого азота. Это составляет 150 кг азота в пахотном слое на 1 га (50 мг × 3). Из почвы картофель сможет использовать около 20 % легкогидролизуемого азота, или 30 кг.

Весь ход расчета годовой нормы минеральных удобрений под картофель можно представить в виде следующей схемы (табл. 23).

Таблица 23

Расчет норм минеральных удобрений под картофель

Показатели	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Вынос питательных веществ планируемым урожаем 20 т/га, кг	120	40	180
Последствие ранее внесенных минеральных удобрений (N ₅₀ P ₈₀ K ₈₀), кг	-	8 (10%)	16 (20%)
Последствие по азоту пожнивно-корневых остатков многолетних трав, кг	18	-	-
Используется питательных веществ из почвы, кг	30	10	60
С 30 т органических удобрений на 1 га вносится питательных веществ, кг	90	45	120
Коэффициенты использования питательных веществ в 1-й год из органических удобрений, %	20	30	50
Используется питательных веществ в 1-й год из внесенных органических удобрений, кг	18	13	60
Требуется питательных веществ минеральных удобрений, кг	54	9	44

Расчет норм минеральных удобрений под картофель

Показатели	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Коэффициенты использования питательных веществ растениями в 1-й год из минеральных удобрений, %	60	20	60
С учетом коэффициентов использования следует внести с минеральными удобрениями, кг/га	90	45	70

Расчетные нормы обычно округляют с точностью до 5 или 10 кг. Вычисленные нормы питательных веществ для внесения с минеральными удобрениями можно пересчитать на все виды удобрений:

- Аммиачная селитра = $\frac{90 \cdot 100}{34} = 265$ кг, или 0,27 т/га;
где 34 – содержание азота в аммиачной селитре, %
- Простой суперфосфат = $\frac{45 \cdot 100}{20} = 225$ кг, или 0,23 т/га;
- Хлористый калий = $\frac{70 \cdot 100}{60} = 117$ кг, или 0,12 т/га.

Контрольные вопросы:

1. В чем принцип метода определения норм минеральных удобрений на планируемый урожай (метода элементарного баланса)?
2. Изложите содержание метода расчета норм минеральных удобрений под сельскохозяйственные культуры на планируемый урожай.
3. Какие данные используют для расчета норм удобрений методом элементарного баланса?
4. Назовите положительные и отрицательные стороны метода определения норм минеральных удобрений на планируемый урожай.

Практическое занятие № 14. Расчетные методы определения норм минеральных удобрений (продолжение)

Цель: изучить метод определения норм минеральных удобрений на планируемую прибавку урожая.

Задачи:

- Освоить метод определения норм минеральных удобрений на планируемую прибавку урожая;
- Используя метод определения норм минеральных удобрений на планируемую прибавку урожая рассчитать количество удобрений, которое необходимо внести под сельскохозяйственные культуры.

Определение норм минеральных удобрений на планируемую прибавку урожая

Принцип метода заключается в следующем. Зная урожай культуры в данных почвенно-климатических условиях на неудобренном фоне (по результатам опытов агрохимической службы), определяют прибавку урожая от применения органических и минеральных удобрений. Установленные нормы минеральных удобрений корректируют по содержанию в почве подвижных питательных веществ с использованием соответствующих поправочных коэффициентов (табл. 15).

Рассмотрим метод определения норм минеральных удобрений на предыдущем примере. Урожай картофеля без удобрений 6 т/га:

- Расчет урожая картофеля без удобрений по содержанию легкогидролизуемого азота:

- Содержится N_{лг} в пахотном слое на 1 га: $50 \times 3 = 150$ кг;
- $KИП_N = 30\%$;
- Используется азота из почвы: $150 \text{ кг} \times 0,3 = 45$ кг
- Урожай без удобрений:

10 т клубней выносит 60 кг N,

x т - 45 кг, $x = \frac{10 \text{ т} \times 45 \text{ кг}}{60 \text{ кг}} = 7,5$ т

- Расчет урожая картофеля без удобрений по содержанию подвижных форм фосфора:

- Содержится P₂O₅ в пахотном слое на 1 га: $70 \times 3 = 210$ кг;
- $KИП_{P_{2O_5}} = 10\%$;
- Используется азота из почвы: $210 \text{ кг} \times 0,1 = 21$ кг
- Урожай без удобрений:

10 т клубней выносит 20 кг P₂O₅,

x т - 21 кг, $x = \frac{10 \text{ т} \times 21 \text{ кг}}{20 \text{ кг}} = 10,5$ т

- Расчет урожая картофеля без удобрений по содержанию подвижных форм калия:

- Содержится K₂O в пахотном слое на 1 га: $100 \times 3 = 300$ кг;
- $KИП_{K_2O} = 20\%$;
- Используется азота из почвы: $300 \text{ кг} \times 0,2 = 60$ кг
- Урожай без удобрений:

10 т клубней выносит 90 кг P₂O₅,

x т - 60 кг, $x = \frac{10 \text{ т} \times 60 \text{ кг}}{90 \text{ кг}} = 6,7$ т

Планируемая прибавка 14 т/га. Вынос питательных веществ на 10 т клубней вместе с ботвой составляет (по справочным данным) 60 кг N, 20 кг P₂O₅, 90 кг K₂O. Расчет ведется по следующей форме (табл. 24).

Таблица 24

Расчет норм минеральных удобрений на планируемую прибавку урожая картофеля

Показатели	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Вынос питательных веществ на планируемую прибавку 14 т/га, кг	84	28	126
Последствие ранее внесенных минеральных удобрений (N ₅₀ P ₈₀ K ₈₀), кг	-	8	16

Расчет норм минеральных удобрений на планируемую прибавку урожая картофеля

Показатели	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Последствие по азоту пожнивно-корневых остатков многолетних трав, кг	18	-	-
Используется питательных веществ в 1-й год на 30 т органических удобрений, кг	18	13	60
Требуется питательных веществ минеральных удобрений, кг	48	7	50
Коэффициенты использования питательных веществ растениями в 1-й год из минеральных удобрений, %	60	20	60
С учетом коэффициентов использования следует внести с минеральными удобрениями, кг	$\frac{48 \times 100}{60}$ = 80	$\frac{7 \times 100}{20}$ = 35	$\frac{50 \times 100}{60}$ = 83
С учетом корректировки почвенного плодородия (табл. 15) следует внести, кг	80×1 = 90	35×1 = 35	$83 \times 1 = 83$
После округления, кг	90	35	85

Контрольные вопросы:

1. В чем принцип метода определения норм минеральных удобрений на планируемую прибавку урожая?

2. Изложите содержание метода определения норм минеральных удобрений на планируемую прибавку урожая.

3. Какие данные используют для расчета норм удобрений методом определения норм минеральных удобрений на планируемую прибавку урожая?

4. Назовите положительные и отрицательные стороны метода определения норм минеральных удобрений на планируемую прибавку урожая.

Практическое занятие № 15. Расчетные методы определения норм минеральных удобрений (продолжение)

Цель: изучить метод определения норм минеральных удобрений с использованием нормативов баланса питательных веществ за севооборот (метод нормативного баланса)

Задачи:

1. Освоить метод определения норм минеральных удобрений с использованием нормативов баланса питательных веществ за севооборот (метод нормативного баланса);

2. Используя метод нормативного баланса рассчитать количество удобрений, которое необходимо внести под сельскохозяйственные культуры.

Определение норм минеральных удобрений с использованием нормативов баланса питательных веществ за севооборот (метод нормативного баланса)

Баланс питательных веществ в почве состоит из приходной и расходной частей.

В приходную часть входит поступление питательных веществ в почву с:

- удобрениями;
- семенами;
- из атмосферы (в том числе азот клубеньковых бактерий бобовых культур и свободноживущих бактерий-азотфиксаторов).

Расходная часть включает:

- вынос питательных веществ с увозимым с поля урожаем,
- потери элементов питания из почвы и удобрений вследствие поверхностного стока, вымывания (инфильтрации) и газообразные потери (например, азота в результате денитрификации).

Полный, или экологический, баланс (биологический) учитывает все статьи прихода и расхода элементов питания.

Упрощенный, или хозяйственный, баланс, предусматривает только поступление питательных веществ в почву с удобрениями и дополнительного количества азота от бобовых культур (оставленного ими в почве сверх выноса с урожаем) в сопоставлении с выносом урожаем и возможными потерями из удобрений. В хозяйственном балансе другие статьи прихода питательных веществ (с осадками, семенами, азота от свободноживущих бактерий-азотфиксаторов) и расхода (потери элементов питания из почвы) не учитываются, так как в итоге они принимаются равными.

Баланс может быть:

- интенсивный (положительный), если поступление питательных веществ в почву превышает вынос с урожаем и потери из почвы и удобрений;
- экстенсивный (отрицательный, или дефицитный), если вынос и потери превышают поступление в почву; бездефицитный (нулевой), если статьи прихода и расхода элементов питания равновелики.

В сельскохозяйственной практике при составлении системы применения удобрений в севообороте обычно используют хозяйственный баланс. Его можно выражать по каждому из элементов питания в относительных цифрах (в процентах к выносу с урожаем) и в абсолютных (в килограммах на гектар).

Изменение интенсивности баланса - изменение показателей баланса в динамике.

Структура баланса - процентное (или доленое) участие отдельных статей прихода и расхода питательных веществ в балансе.

В основу данного метода положен баланс питательных веществ за ротацию севооборота (табл. 25).

Таблица 25

Примерные нормативы баланса питательных веществ за севооборот в зависимости от содержания элементов питания в дерново-подзолистых почвах

Класс почв	Содержание в почве подвижных форм фосфора и калия	Внесение питательных веществ с удобрениями за севооборот		
		N*	P ₂ O ₅	K ₂ O
1-2	Очень низкое и низкое	120-130	200-250	130-150
3	Среднее	120-130	170-200	110-130
4	Повышенное	110-120	140-170	80-100
5	Высокое	100-110	100-140	60-80
6	Очень высокое	80-100	70-100	40-60

* В зависимости от содержания подвижного фосфора в почве

В литературе относительный баланс, выражаемый в процентах к выносу, иногда называют коэффициентами возмещения, или коэффициентами возврата, и выражают десятичной дробью. Например, если относительный баланс по азоту 120 %, а по фосфору 200 %, то в переводе на коэффициент возмещения (или возврата) это будет соответственно 1,2 и 2,0.

При разработке данных нормативов баланса (табл. 25) исходят из того, что для поддержания прежнего уровня азота, фосфора, калия в почве достаточно внести с органическими и минеральными удобрениями 120–130 % азота, 100 % фосфора и 100 % калия. Указанные в таблице 22 нормативы баланса направлены на поддержание в почве азота на среднем или повышенном уровне, фосфора - на высоком в полевых и очень высоком - в овощных севооборотах и калия - на повышенном. Величины баланса питательных веществ за ротацию севооборота показывают перспективу

регулирования плодородия почвы (повышения или поддержания его на определенном уровне), позволяют агроному творчески подходить к использованию земельных ресурсов. В данном случае приходится также пользоваться коэффициентами распределения питательных веществ удобрений по годам (обычно берется не более трех лет). Эти коэффициенты являются производными коэффициентами использования питательных веществ из удобрений. В сумме за 3 года величина каждого элемента питания выражается как 100 % (табл. 26).

Таблица 26

Примерные коэффициенты распределения (K_p) питательных веществ удобрений и азота пожнивно-корневых остатков бобовых культур, %

Год действия удобрений	Органические удобрения			Минеральные удобрения			Азот пожнивно-корневых остатков бобовых культур
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	
1-й год	40	65	80	100	55	70	50
2-й год	40	25	20	-	30	30	30
3-й год	20	10	-	-	15	-	20
Всего	100	100	100	100	100	100	100

Данными таблицы 27 можно руководствоваться на разных типах почв при среднем содержании в них подвижных форм питательных веществ и благоприятных (оптимальных) условиях произрастания сельскохозяйственных культур. Если обеспеченность почвы фосфором или калием ниже или выше указанной на один-два класса, то вводится поправка к нормативу баланса соответственно $\pm 20-30$ % (в среднем ± 25 %), $\pm 40-60$ %

(в среднем ± 50 %), т.е. $\pm 20-30$ % на каждый последующий класс почвы. Положительный баланс по фосфору устанавливается с того момента, когда прибавка урожая от удобрений превышает контроль (урожай без удобрений) на 70 %, а по азоту и калию – в 2 раза.

Таблица 27

Примерные нормативы баланса питательных веществ в севооборотах при определении норм удобрений на прибавку урожая

Прирост урожая от удобрений за ротацию, % от урожая без удобрений	Баланс питательных веществ за севооборот, % к выносу с урожаем		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
30	35-40	60-65	30-35
50	50-55	85-95	45-50
70	65-70	105-120	60-65
100	80-85	125-145	70-75
150	95-100	150-170	85-90
200	105-110	170-190	95-100
300	120-125	190-215	105-115

Рассмотрим данный метод определения норм минеральных удобрений на планируемый урожай картофеля 20 т/га при тех же условиях его выращивания, как и в предыдущих методах (табл. 25).

Картофель, урожай 20 т/га;

- урожай без удобрений по содержанию легкогидролизуемого азота 7,5 т/га; прибавка урожая = 20 т/га – 7,5 т/га = 12,5 т/га.

$$\text{Прирост урожая} = \frac{\text{прибавка урожая}}{\text{урожай без удобрений}} \times 100 \%;$$

$$\text{Прирост урожая} = \frac{12,5 \text{ т/га}}{7,5 \text{ т/га}} \times 100 \% = 167 \%;$$

Баланс питательных веществ за севооборот по содержанию легкогидролизуемого азота, % от выноса:

Прирост урожая от удобрений за ротацию, % от урожая без удобрений N

150 97,5
200 107,5

разница:

50 10
1 $= \frac{1 \times 10}{50} = 0,2$

Прирост урожая 167 %:

норматив баланса по содержанию легкогидролизуемого азота

$97,5 + 17 \times 0,2 = 100,9 \%$

- урожай без удобрений по содержанию подвижных форм фосфора - 10,5 т/га; прибавка урожая = 20 т/га – 10,5 т/га = 9,5 т/га.

Прирост урожая = $\frac{\text{прибавка урожая}}{\text{урожай без удобрений}} \times 100 \%$;

Прирост урожая = $\frac{9,5 \text{ т/га}}{10,5 \text{ т/га}} \times 100 \% = 91 \%$;

Баланс питательных веществ за севооборот по содержанию подвижных форм фосфора, % от выноса:

Прирост урожая от удобрений за ротацию, % от урожая без удобрений P₂O₅

70 112,5
100 135

разница:

30 22,5
1 $= \frac{1 \times 22,5}{30} = 0,75$

Прирост урожая 91 %:

норматив баланса по содержанию подвижного фосфора

$112,5 + 21 \times 0,75 = 128,3 \%$

- урожай без удобрений по содержанию подвижных форм калия - 6,7 т/га; прибавка урожая = 20 т/га – 6,7 т/га = 13,3 т/га.

Прирост урожая = $\frac{\text{прибавка урожая}}{\text{урожай без удобрений}} \times 100 \%$;

Прирост урожая = $\frac{13,3 \text{ т/га}}{6,7 \text{ т/га}} \times 100 \% = 198,5 \%$;

Баланс питательных веществ за севооборот по содержанию подвижных форм фосфора, % от выноса:

Прирост урожая от удобрений за ротацию, % от урожая без удобрений K₂O

150 87,5
200 97,5

разница:

50 10
1 $= \frac{1 \times 10}{50} = 0,2$

Прирост урожая 198,5 %:

норматив баланса по содержанию подвижного калия

$87,5 + 48,5 \times 0,2 = 97,2 \%$

Таблица 28

Расчет норм минеральных удобрений на планируемый урожай картофеля

Показатели	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Вынос питательных веществ с планируемым урожаем, кг	120	40	180
Баланс питательных веществ за севооборот, % от выноса	100,9	128,3	97,2

**Расчет норм минеральных удобрений на планируемый урожай
картофеля**

Показатели	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
С учетом поправок на баланс требуемого всего питательных веществ удобрений на планируемый урожай, кг/га	$\frac{120 \times 100,9}{100}$ = 121	$\frac{40 \times 128,3}{100}$ = 51	$\frac{180 \times 97,2}{100}$ = 175
Последствие пожнивно-корневых остатков многолетних трав (в них содержится на 1 га около 120 кг), кг	36 (Кр 30%)	-	-
Последствие минеральных удобрений (N50P80K80), кг	-	24 (Кр 30%)	24 (Кр 30%)
Действие 30 т органических удобрений (N90P45K120) в 1-й год, кг	36 (Кр 40%)	29 (Кр 65%)	96 (Кр 80%)
Требуется питательных веществ за счет минеральных удобрений, кг	121 – 72 = 49	51 – 53 = 0	175 – 120 = 55
Коэффициент распределения в 1-й год, %	100	55	70
С учетом коэффициентов распределения следует внести с минеральными удобрениями, кг/га	$\frac{49 \times 100}{100}$ = 49	$\frac{0 \times 100}{55}$ = 0	$\frac{55 \times 100}{70}$ = 79
После округления, кг	50	0	80

Приведенные нормативы баланса питательных веществ за ротацию севооборота на дерново-подзолистых и серых лесных почвах (табл. 25) теоретически подходят и для других типов почв. Однако в практике земледелия допускаются большие отклонения от них. Объясняется это тем, что на данном этапе минеральные удобрения используют прежде всего там, где они дают высокую отдачу. Поэтому, например, в зонах недостаточного увлажнения, где эффективность удобрений низкая и ограничиваются внесением малых их норм, складывается отрицательный баланс питательных веществ (прежде всего по азоту и калию).

При разработке системы удобрения в севообороте чаще всего интенсивность баланса элементов питания на основных разностях почв складывается так, как показано в таблице 29.

Таблица 29

Баланс элементов питания на различных почвах, % к выносу

Почвы	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Дерново-подзолистые, серые лесные почвы (зона достаточного увлажнения)	120-130	170-250	85-130
Выщелоченные, типичные, обыкновенные черноземы (зона неустойчивого увлажнения)	65-85	100-180	30-75
Обыкновенные, южные черноземы и каштановые почвы (зона недостаточного увлажнения)	30-55	60-90	10-35
Южные черноземы и каштановые почвы (при орошении)	80-100	130-170	30-75

Домашнее задание. Рассчитать нормы минеральных удобрений тремя расчетными методами (методом элементарного баланса, на планируемую прибавку урожая и методом нормативного баланса) для озимой пшеницы, картофеля и кукурузы на зеленую массу:

Почва	Дерново-подзолистая среднесуглинистая рН _{KCl} - 5,6-6,0 Содержание N _{орг} – 70 мг/кг почвы; P ₂ O ₅ – 120 мг/кг почвы; K ₂ O – 150 мг/кг почвы Агрохимические картограммы двухлетней давности.
Содержание питательных веществ в навозе	0,4 % N, 0,2 % P ₂ O ₅ , 0,5 % K ₂ O
Вынос питательных элементов на 10 ц основной продукции с учетом побочной:	
Озимая пшеница	35 кг N, 12 кг P ₂ O ₅ , 26 кг K ₂ O
Картофель	6 кг N, 2 кг P ₂ O ₅ , 9 кг K ₂ O
Кукуруза на зеленую массу	2,5 кг N, 1,0 кг P ₂ O ₅ , 4,5 кг K ₂ O

122

№ поля	Чередование культур в севообороте	1 вариант			2 вариант			3 вариант		
		Урожай, ц/га	Минеральные удобрения, кг/га	Органические удобрения, т/га	Урожай, ц/га	Минеральные удобрения, кг/га	Органические удобрения, т/га	Урожай, ц/га	Минеральные удобрения, кг/га	Органические удобрения, т/га
1	Ячмень с подсевом многолетних трав	30	60N180P280K		27	45N155P240K		25	35N135P200K	
2	Многолетние травы 1 года пользования (сено)	70	60N		60	35N		50	20N	
3	Многолетние травы 2 года пользования (сено)	70	70N		60	45N		50	25N	
4	Озимая пшеница	50			40			30		
5	Картофель	300		50	250		40	200		30
6	Кукуруза на зеленую массу	500			400			350		

Контрольные вопросы:

1. В чем принцип метода определения норм минеральных удобрений с использованием нормативов баланса питательных веществ за севооборот?
2. Изложите содержание метода определения норм минеральных удобрений с использованием нормативов баланса питательных веществ за севооборот (метод нормативного баланса)
3. Какие данные используют для расчета норм удобрений методом нормативного баланса?
4. Назовите положительные и отрицательные стороны метода дифференцированного нормативного баланса.

Практическое занятие № 16. Определение норм минеральных удобрений под сельскохозяйственные культуры (продолжение)

Цель: изучить комплексный метод определения норм минеральных удобрений

Задачи:

1. Освоить комплексный метод определения норм минеральных удобрений;
2. Используя комплексный метод определения норм минеральных удобрений рассчитать количество удобрений, которое необходимо внести под сельскохозяйственные культуры.

Комплексный метод определения норм минеральных удобрений

В основу метода положены:

- ⇒ величина планируемого урожая;
- ⇒ обеспеченность почвы питательными веществами,
- ⇒ степень окультуренности (бонитет) почвы;
- ⇒ результаты полевых опытов с удобрениями и производственный опыт передовых хозяйств;

⇒ использование расчетных методов ввиду недостаточного количества опытной информации;

⇒ использование интерполирования и экстраполирования данных полевых опытов;

⇒ частичный учет биологических особенностей предшественника;

⇒ гранулометрический состав почвы.

Одна из таких рекомендаций норм удобрений для дерново-подзолистых представлена в таблице 30.

Примерные нормы удобрений, кг/га д.в., под сельскохозяйственные культуры на дерново-подзолистых почвах
(по Н.А. Сапожникову и М.Ф. Корнилову)

Планируемый урожай, т/га	Навоз, т/га	Азотные удобрения при окультуренности (бонитете) почвы			Фосфорные удобрения при содержании P ₂ O ₅ мл/кг почвы					Калийные удобрения при содержании K ₂ O мл/кг почвы				
		Хорошей (60)	Средней (40-60)	Слабой (20-40)	> 250	151- 250	101- 150	51- 100	< 50	> 250	171- 250	81- 170	41- 80	< 40
Горох и вика	-	20	30	40	20	40	60	90	110	30	40	50	80	100
Подсолнечник на силос	30-35	40	60	90	3	40	50	60	72	40	50	60	80	100
(зеленая масса)	50-55	80	100	X	70	80	90	100	120	80	100	120	140	160
Однолетняя бобово-злаковая смесь (зеленная масса)	15-20	-	20	30	30	40	50	80	100	20	30	40	60	70
	25-30	-	30	50	60	80	100	120	30	40	50	70	90	

126

Примерные нормы удобрений, кг/га д.в., под сельскохозяйственные культуры на дерново-подзолистых почвах
(по Н.А. Сапожникову и М.Ф. Корнилову)

Таблица 30

Планируемый урожай, т/га	Навоз, т/га	Азотные удобрения при окультуренности (бонитете) почвы			Фосфорные удобрения при содержании P ₂ O ₅ мл/кг почвы					Калийные удобрения при содержании K ₂ O мл/кг почвы				
		Хорошей (60)	Средней (40-60)	Слабой (20-40)	> 250	151- 250	101- 150	51- 100	< 50	> 250	171- 250	81- 170	41- 80	< 40
Ячмень (зерно)	-	40	50	80	10р	3	50	70	80	40	50	60	70	80
	3,5-4,0	-	70	90	30	70	90	120	130	70	80	90	110	130
Овес (зерно)	-	30	50	70	10р	30	40	60	70	30	40	50	60	70
	3,5-4,0	-	50	80	10р	50	60	100	120	50	60	70	100	120
Озимая рожь (зерно) по занятому пару	2,0-2,5	20	15	60	20	30	50	70	90	20	30	40	70	90
	3,0-3,5	40	40	60	40	60	80	100	110	40	50	60	90	110
Озимая рожь по чистому или клевверному пару	2,0-2,5	20	20	40	20	30	50	70	100	20	30	40	70	90
	3,0-3,5	20	40	50	50	70	90	110	130	50	60	70	90	110

125

Примерные нормы удобрений, кг/га д.в., под сельскохозяйственные культуры на дерново-подзолистых почвах
(по Н.А. Сапожникову и М.Ф. Корнилову)

Планируемый урожай, т/га	Навоз, т/га	Азотные удобрения при окультуренности (бонитете) почвы			Фосфорные удобрения при содержании P ₂ O ₅ мл/кг почвы						Калийные удобрения при содержании K ₂ O мл/кг почвы							
		Хорошей (60)	Средней (40-60)	Слабой (20-40)	> 250	151-250	101-150	51-100	< 50	> 250	171-250	81-170	41-80	< 40				
Культурное пастбище в год закладки при посеве бобово- злаковой травосмеси под покров																		
Культурное пастбище в годы использования (корм.ед.)		2500-	60	80	120	-	40	50	60	70	-	20	40	50	60			
		3000																
использования (корм.ед.)		4000-	160	200	240	50	60	80	90	100	40	50	60	80	100			
		5000																

128

Примерные нормы удобрений, кг/га д.в., под сельскохозяйственные культуры на дерново-подзолистых почвах
(по Н.А. Сапожникову и М.Ф. Корнилову)

Планируемый урожай, т/га	Навоз, т/га	Азотные удобрения при окультуренности (бонитете) почвы			Фосфорные удобрения при содержании P ₂ O ₅ мл/кг почвы						Калийные удобрения при содержании K ₂ O мл/кг почвы							
		Хорошей (60)	Средней (40-60)	Слабой (20-40)	> 250	151-250	101-150	51-100	< 50	> 250	171-250	81-170	41-80	< 40				
Клевер с тимофеевкой 1- го года	-	-	20	30	-	20	40	50	70	-	20	40	50	60				
использования с преобладанием клевера(сено)	-	20	40	40	20	40	60	70	80	40	50	60	60	70				
Многолетние травы с преобладанием злаковых	-	20	30	50	-	20	30	40	50	-	20	30	40	50				
преобладанием злаковых	-	40	50	70	20	40	60	80	100	30	40	50	60	80				

127

Примерные нормы удобрений, кг/га д.в., под сельскохозяйственные культуры на дерново-подзолистых почвах
(по Н.А. Сапожникову и М.Ф. Корнилову)

Планируемый урожай, т/га	Навоз, т/га	Азотные удобрения при окультурности (бонитете) почвы			Фосфорные удобрения при содержании P ₂ O ₅ мл/кг почвы			Калийные удобрения при содержании K ₂ O мл/кг почвы							
		Хорошей (60)	Средней (40-60)	Слабой (20-40)	> 250	151- 250	101- 150	51- 100	< 50	> 250	171- 250	81- 170	41- 80	< 40	
Столовая морковь и свекла	25-30	-	80	100	х	40	60	80	100	120	70	90	110	140	160

Примечание. X – высокий урожай не планируется до окультуривания почвы; P – рядковое удобрение

130

Продолжение табл. 30

Примерные нормы удобрений, кг/га д.в., под сельскохозяйственные культуры на дерново-подзолистых почвах
(по Н.А. Сапожникову и М.Ф. Корнилову)

Планируемый урожай, т/га	Навоз, т/га	Азотные удобрения при окультурности (бонитете) почвы			Фосфорные удобрения при содержании P ₂ O ₅ мл/кг почвы			Калийные удобрения при содержании K ₂ O мл/кг почвы							
		Хорошей (60)	Средней (40-60)	Слабой (20-40)	> 250	151- 250	101- 150	51- 100	< 50	> 250	171- 250	81- 170	41- 80	< 40	
Кормовая свекла	20,0-30,0	30-40	40	60	80	20	30	40	60	80	40	50	60	70	80
	40,0-50,0	50-60	70	110	х	60	70	80	100	120	90	100	110	120	140
Ден (волокно)	0,5-0,6	-	30	40	50	30	50	70	90	110	40	50	70	80	100
	0,8-1,0	-	50	60	х	60	80	100	120	140	60	70	80	100	120
Картофель	18-20	20-30	60	70	80	30	40	50	70	90	40	50	60	80	100
	26-30	40-50	80	90	100	50	60	70	90	100	60	70	80	100	120
Капуста средняя и поздняя	30-40	40-50	40	60	90	40	50	60	80	100	40	60	80	100	120
	50-60	50-60	120	160	х	90	110	120	140	170	80	100	120	140	160

129

Нормы, полученные по таблице 30, окончательно корректируют по таблице 31 в зависимости от условий применения удобрений.

Таблица 31

Корректировка норм минеральных удобрений в зависимости от условий их применения (по Н.А. Сапожникову и М.Ф. Корнилову)

Увеличение на 20–30 % (главным образом на почвах низкого бонитета)	Уменьшение на 20–30 %
<i>Азотные удобрения</i>	
- применение органических удобрений с пониженным содержанием доступного для растений азота; - на вновь осваиваемых дерново-подзолистых почвах	- посев культур по хорошему клеверищу, после высокоурожайной люцерны либо на хорошо окультуренных дерново-глеевых или темноцветных почвах; - под покровные культуры многолетних трав
<i>Фосфорные удобрения</i>	
- возделывание сельскохозяйственных культур на вновь освоенных почвах с очень низким содержанием легкорастворимых фосфатов и повышенным содержанием алюминия и железа; - в случае выворачивания на поверхность подзолистого горизонта; под покровные культуры многолетних трав; - при использовании фосфорных удобрений в северной части Нечерноземной зоны	- внесение в предшествующие годы высоких норм фосфорных удобрений; - применение повышенных норм навоза (при нормальном содержании в нем фосфора); - при локальном внесении фосфорного удобрения

Окончание табл. 31

Корректировка норм минеральных удобрений в зависимости от условий их применения (по Н.А. Сапожникову и М.Ф. Корнилову)

Увеличение на 20–30 % (главным образом на почвах низкого бонитета)	Уменьшение на 20–30 %
<i>Калийные удобрения</i>	
- на торфяных почвах; - при высоких нормах азотных удобрений	- на глинистых почвах; - после длительного (в течение ряда лет) применения повышенных норм калийных удобрений; - при внесении повышенных норм навоза

В нашем примере норма минеральных удобрений на планируемый урожай картофеля 20 т/га составляет по табл. 29 (при внесении 20–30 т/га навоза) $N_{70}P_{70}K_{60}$. После корректировки окончательные нормы внесения на 1 га будут: N - 70 кг (норма без изменений), P_2O_5 - 50 кг (учтена поправка 30 % от нормы 70 кг на последствие ранее внесенных фосфорных удобрений) и K_2O - 60 кг (без изменений ввиду слабого последствия ранее применяемых калийных удобрений).

В итоге рассмотренные расчетные и комплексный методы определения норм минеральных удобрений на планируемый урожай картофеля 20 т/га дали следующие результаты по азоту 70–90 кг, фосфору 0–50 кг и калию 60–85 кг.

К каждому методу определения норм удобрений надо подходить творчески, а правильность установления их под отдельные культуры в севообороте контролировать балансом питательных веществ за ротацию, который позволяет судить о возможном урожае и перспективе изменения почвенного плодородия.

Контрольные вопросы:

1. Что положено в основу комплексного метода определения норм минеральных удобрений?
2. Каковы основные приёмы использования комплексного метода?
3. Назовите положительные и отрицательные стороны комплексного метода определения норм минеральных удобрений.

Практическое занятие № 17. Контрольная работа по теме «Определение норм минеральных удобрений под сельскохозяйственные культуры»

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. **Агрохимия** : учебник / Б. А. Ягодин, П. М. Смирнов, А. В. Петербургский [и др.]. – 2-е изд., перераб. и доп. – Москва : Агропромиздат, 1989. – 639 с. – ISBN 5-10-000624-2
2. **Ягодин Б. А.** Агрохимия : учебник / Б. А. Ягодин, Ю. П. Жуков, В. И. Кобзаренко. – Москва : Мир, 2003. – 584 с. – ISBN 5-03-003615-6.
3. **Ефимов В. Н.** Система удобрения : учебник / В. Н. Ефимов, И. Н. Донских, В. П. Царенко. – Москва : КолосС, 2002. – 320 с. – ISBN 5-9532-0021-8.
4. **Кидин В. В.** Система удобрения : учебник / В. В. Кидин. – Москва : Издательство РГАУ-МСХА, 2012. – 534 с. – ISBN 978-5-9675-0615-4.
5. **Муравин Э. А.** Агрохимия : учебник / Э. А. Муравин, Л. В. Ромодина, В. А. Литвинский. – Москва : Издательский центр «Академия», 2014. – 304 с. – ISBN 978-5-4468-0579-2.
6. **Муравин Э. А.** Агрохимия : учебник / Э. А. Муравин, В. И. Титова. – Москва : КолосС, 2009. – 463 с. – ISBN 978-5-9532-0545-0.
7. **Лапушкин В. М.** Система удобрения в лесном хозяйстве : учебное пособие / В. М. Лапушкин. – Москва : Проспект, 2021. – 144 с. – ISBN 978-5-392-33687-6.

СОДЕРЖАНИЕ

ТЕМА 1. ОПРЕДЕЛЕНИЕ И ЗАДАЧИ СИСТЕМЫ УДОБРЕНИЯ	4
Практическое занятие № 1. Определение и задачи системы удобрения	4
ТЕМА 2. ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПОТРЕБНОСТИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР В УДОБРЕНИЯХ	7
Практическое занятие № 2. Потребность растений в элементах питания.....	7
Практическое занятие № 3. Расчет выноса элементов питания сельскохозяйственной культурой на единицу основной продукции с учетом соответствующего количества побочной.....	14
Практическое занятие № 4. Использование питательных веществ растениями из почв и удобрений	22
Практическое занятие № 5. Влияние пожнивных и корневых остатков сельскохозяйственных культур на пищевой режим почвы.....	37
Практическое занятие № 6. Контрольная работа по теме «Физиологические основы определения потребности сельскохозяйственных культур в удобрениях»	45
ТЕМА 3. ВЛИЯНИЕ РАЗЛИЧНЫХ ФАКТОРОВ НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ ОРГАНИЧЕСКИХ И МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ.....	45
Практическое занятие № 7. Влияние различных факторов на эффективность органических и минеральных удобрений	45
ТЕМА 4. ПРИЕМЫ, СРОКИ, СПОСОБЫ И ТЕХНИКА ВНЕСЕНИЯ УДОБРЕНИЙ	58
Практическое занятие № 8. Приемы, сроки, способы и техника внесения удобрений.....	58
Практическое занятие № 9. Приемы, сроки, способы и техника внесения удобрений (продолжение)	68
ТЕМА 5. ОПРЕДЕЛЕНИЕ НУЖДАЕМОСТИ ПОЧВ В ИЗВЕСТКОВАНИИ И РАСЧЕТ ДОЗ ИЗВЕСТИ	77

Практическое занятие № 10. Определение нуждаемости почв в известковании и расчет доз извести	77
ТЕМА 6. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТИ ФОСФОРИТОВАНИЯ ПОЧВ	90
Практическое занятие № 11. Установление целесообразности замены суперфосфата фосфоритной мукой по методу Б.А. Голубева	90
ТЕМА 7. ОПРЕДЕЛЕНИЕ НОРМ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ ПОД СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ КУЛЬТУРЫ.....	94
Практическое занятие № 12. Определение норм минеральных удобрений под сельскохозяйственные культуры	94
Практическое занятие № 13. Расчетные методы определения норм минеральных удобрений.....	102
Практическое занятие № 14. Расчетные методы определения норм минеральных удобрений (продолжение)	109
Практическое занятие № 15. Расчетные методы определения норм минеральных удобрений (продолжение)	112
Практическое занятие № 16. Определение норм минеральных удобрений под сельскохозяйственные культуры (продолжение).....	123
Практическое занятие № 17. Контрольная работа по теме «Определение норм минеральных удобрений под сельскохозяйственные культуры».....	133
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК	134

Учебное издание

**Гусева Юлия Евгеньевна, Налиухин Алексей Николаевич,
Демин Вадим Александрович**

ПРАКТИКУМ ПО СИСТЕМЕ УДОБРЕНИЯ

Учебное пособие

Подписано для размещения в Электронно-библиотечной системе РГАУ-
МСХА имени К.А. Тимирязева 20 ноября 2023 г.