

Министерство науки и высшего образования РФ
ФГБОУ ВО Университет биотехнологий

Институт фундаментальных и прикладных
агробиотехнологий

Кафедра почвоведения, агрохимии и земледелия

СИСТЕМА УДОБРЕНИЯ

Методические указания
для лабораторно-практических занятий, самостоятельных
и контрольных работ



Новосибирск 2026

УДК 631.81(07)

ББК 40.44, Я 7

С 409

Кафедра почвоведения, агрохимии и земледелия

Составители: канд. с.-х. наук, доцент *А.Н. Мармулев*;

канд. с.-х. наук *А.Г. Митракова*;

Рецензент канд. с.-х. наук, доцент *Н.В. Иванова*

Система удобрения: методические указания для лабораторно-практических занятий, самостоятельных и контрольных работ / Сибирский государственный университет инженерии и биотехнологий, Институт фундаментальных и прикладных агробиотехнологий.; сост.: А.Н. Мармулев, А.Г. Митракова. – Новосибирск, 2026. – 29 с.

Предназначены для студентов, обучающихся по направлению подготовки 35.03.04 Агрономия.

Утверждены и рекомендованы к изданию методическим советом Института фундаментальных и прикладных агробиотехнологий (протокол № 4 от 31 марта 2026 г.).

© Сибирский государственный университет инженерии и биотехнологий, 2026

ВВЕДЕНИЕ

Целью дисциплины является формирование системного мировоззрения, представлений, теоретических знаний, практических умений и навыков по научным основам, приемам, методам и способам разработки, оценки, освоению и контролю современных систем удобрения.

Задачами дисциплины является изучение:

- агрономически и экономически наиболее эффективных и экологически безопасных методов, приемов и способов применения удобрений и мелиорантов в агроландшафтах различных природно-климатических территорий;
- научных основ современных систем удобрения агроценозов;
- методик обоснования, разработок и реализации технологий применения удобрений в агроценозах.

В результате освоения дисциплины студент должен:

Знать: определения, свойства, методологические основы, структуру и классификацию систем и методов определения оптимальных доз, комбинаций и соотношений различных удобрений, сроков и способов их применения под сельскохозяйственные культуры; методы агрономического, экономического и экологического обоснования принципов построения систем удобрения; обоснование технологий применения удобрений и этапы их освоения;

Уметь: проектировать общие схемы систем, годовые и календарные планы применения удобрений; составлять технологические схемы применения удобрений;

Владеть: терминами и понятиями системы удобрения при ее проектировании, оценке эффективного плодородия почвы и продуктивности посевов; необходимыми знаниями для оценки рекомендаций применения удобрений в агроценозах; навыками обоснования системы удобрения, годовых и календарных планов, технологий применения удобрений.

В методических указаниях приведены темы разделов и лабораторно-практических занятий, вопросы для самостоятельной работы студентов и

подготовки к контрольным работам, дается список рекомендуемой литературы.

1. ПОНЯТИЕ О СИСТЕМЕ УДОБРЕНИЯ. НАУЧНЫЕ ПРИНЦИПЫ ПОСТРОЕНИЯ СИСТЕМ УДОБРЕНИЙ

Удобрения в зависимости от видов, доз, сроков и способов внесения, комбинаций и соотношений их и почвенно – климатических условий обладают неодинаковым действием и последствием. Они наиболее полно используются (и, следовательно, наиболее эффективны) культурами в севооборотах и в других агроценозах при определенном чередовании их, обусловленном структурой посевных площадей каждого хозяйства. Эти обстоятельства вызывают настоятельную необходимость перехода от удобрения отдельных культур к всесторонне обоснованным системам удобрения каждого севооборота (или другого агроценоза) в любом хозяйстве.

Система удобрения – это основанное на знаниях свойств и взаимоотношений растений, почвы и удобрений, агрономически и экономически наиболее эффективное и экологически безопасное применение удобрений при любой обеспеченности ими хозяйства в каждом севообороте и внесевоборотном участке (агрolandшафте) с учетом конкретных климатических и экономических условий. Более подробное определение системы удобрения можно сформулировать так: система удобрения в севообороте (агроценозе) – всесторонне обоснованные виды, дозы, соотношения и способы применения удобрений (и мелиорантов), определенные с учетом биологических потребностей культур в питательных элементах при принятом чередовании их и фактическом плодородии почвы, для получения максимально возможных урожаев культур хорошего качества при имеющихся ресурсах с одновременным регулированием окультуренности почв в конкретных природно – климатических условиях.

Общую схему системы удобрения каждого севооборота (агроценоза) разрабатывают (и используют), как минимум, на полную ротацию севообо-

рота (или более продолжительный период) на основании среднесуточной (5- 10 лет) обеспеченности хозяйств удобрениями и средневзвешенного (по результатам последнего агрохимического обследования) плодородия почв всех полей севооборота с указанием видов, доз, соотношений и общей обеспеченности (потребности) ими в кг/га действующих веществ, а также возможного баланса питательных элементов при ее реализации.

Дозы и соотношение удобрений (и мелиорантов) общей схемы системы удобрения ежегодно корректируются в годовых планах применения удобрения с учетом размещения культур по полям и плодородия почв этих полей, погодных условий и фактической обеспеченности удобрениями каждого севооборота (хозяйства) за год с указанием и способов внесения конкретных форм их в кг/га или т/га физической массы.

На основании годового плана составляют календарный план приобретения (накопления) и применение удобрений (и мелиорантов) с указанием общих количеств конкретных видов их на всю удобряемую площадь каждого севооборота и всего хозяйства. Это позволяет правильно определить объемы складов и хранилищ для агрохимических средств, очередность приобретения количеств и видов их лучше управлять всеми материально-техническими ресурсами предприятия.

При реализации годовых планов применение удобрений перед внесением скорректированных ранее доз азотных удобрений перед посевом (по результатам почвенной) и в подкормки культур (по результатам растительной диагностики) их ещё раз корректируют.

Цель системы удобрения – ежегодно обеспечивать максимально возможно агрономическую и экономическую эффективность и экологическую безопасность имеющихся природно-экономических ресурсов (удобрений, мелиорантов, почв, культур, техники и т.д) каждого хозяйства при любой обеспеченности ими.

Задачи системы удобрения в каждом агроценозе (хозяйстве) решаются при успешной разработке и реализации её и заключаются в следующем:

повышение продуктивности всех возделываемых культур и улучшение качества получаемой продукции с ростом удобрённости посевов до оптимальных уровней;

устранение различий (выравнивание) в плодородии отдельных полей каждого севооборота при любой обеспеченности удобрениями и (или) повышение плодородия почв всех полей до оптимального уровня при соответствующем росте обеспеченности посевов удобрениями;

повышение оплаты единиц удобрений прибавками урожаями всех возделываемых культур т.е. рост экономической эффективности применяемых удобрений при любой обеспеченности ими вплоть до максимальной;

получение сертифицируемой продукции всех культур при постоянном контроле за изменением агрохимических показателей плодородия почв;

повышение производительности труда всех работников, организационно-хозяйственной и управленческой деятельности специалистов и руководителей;

постоянное выполнение всевозрастающих требований по охране окружающей среды от загрязнения средствами химического земледелия.

Степень достижения указанных цели и задач системы удобрения существенно изменяется не только от биологических особенностей (природы) возделываемых культур, но и от почвенно-климатических и агротехнических условий, а также от количества (насыщенности) и качества (видов и форм) применяемых (и мелиорантов), т.е. от всего сложного комплексов фактов жизни и продуктивности возделываемых культур.

2. КЛАССИФИКАЦИЯ ПОЧВ ПО ОБЕСПЕЧЕННОСТИ

ПИТАТЕЛЬНЫМИ ЭЛЕМЕНТАМИ

По существующей в России классификации все почвы по степени обеспеченности питательными элементами и реакции группируют в 6 классов (приложение). Эту классификацию используют при агрохимических обследованиях почв, составлении агрохимических карт (картограмм) и паспор-

тов полей и для разработок рекомендаций по определению оптимальных доз удобрений и мелиорантов под возделываемые культуры в конкретных природно – экономических условиях.

Для отдельных регионов страны уровни градаций обеспеченности растений питательными элементами, безусловно, необходимо уточнять на основании местных данных полевых опытов, видового и сортового разнообразия культур и конкретных почвенно – климатических условий. При этом следует помнить, что средние (оптимальные) уровни обеспеченности почв питательными элементами неодинаковы для разных групп и отдельных культур. Для зерновых, зернобобовых и трав это третий класс, для пропашных – четвертый, а для овощных – пятый класс. Для более оперативного регулирования доз удобрений, мелиорантов и пищевых режимов под отдельными культурами существует почвенная диагностика питания растений.

3. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ АГРОХИМИЧЕСКОГО ОБСЛЕДОВАНИЯ ПОЧВ

Принятое при агрохимическом обследовании разделение почв на шесть групп (классов), от очень бедных (1-й класс) до очень высокообеспеченных (6-й класс), позволяет все сельскохозяйственные культуры, различающиеся по потребности в питательных элементах, сгруппировать по обеспеченности элементов почвы, т.е. обеспеченность почв питательными элементами может быть выражена по отношению к их подвижными формами питательных определенной сельскохозяйственной культуре или группе культур. Многочисленные полевые опыты, проведенные в различных почвенно- климатических условиях, подтвердили тесную корреляцию между содержанием в почве подвижных форм питательных элементов и эффективностью соответствующих видов удобрений под всеми сельскохозяйственными культурами: чем выше в почве содержание питательных элементов, тем меньше эффективность соответствующих удобрений, и, наоборот, чем ниже в почве содержа-

ние элемента, тем выше эффективность внесения этого элемента с удобрениями.

На основании полевых опытов все сельскохозяйственные культуры по потребности в питательных элементах и выносу их с урожаями подразделяют на три основные группы: 1) культуры невысокого выноса питательных элементов (зерновые колосовые, зернобобовые и травы); 2) культуры повышенного выноса (кормовая и сахарная свекла, картофель, кукуруза); 3) культуры высокого выноса (овощные и некоторые технические – чай, цитрусовые, виноград).

Естественно, обеспеченность почв питательными элементами для указанных групп культур не может быть одинаковой (табл. 1). Агрохимическое обследование почв в хозяйстве позволяет с учетом возделываемых культур определить нуждаемость в отдельных видах удобрений, определить нуждаемость почв в химической мелиорации и рассчитать нормы извести и гипса.

Таблица 1.

Класс (группа) почвы	Зерновые, зернобобовые, травы	Пропашные	Овощные
1-й	Очень низкая	-	-
2-й	Низкая	Очень низкая	-
3-й	Средняя	Низкая	Очень низкая
4-й	Повышенная	Средняя	Низкая
5-й	Высокая	Повышенная	Средняя
6-й	Очень высокая	Высокая	Повышенная

Наличие агрохимических картограмм или паспортов полей позволяет более обоснованно подходить к дифференцированному применению удобрений по отдельным полям и отдельно обрабатываемым участкам с учетом плодородия почвы на них и тем самым значительно повысить агрономическую и экономическую эффективность удобрений.

Нормы и дозы удобрений, установленные опытным путем или расчетными методами, могут быть уточнены под любую культуру при размещении

ее в поле с известной обеспеченностью питательными элементами. При высокой обеспеченности почвы норма соответствующих удобрений будет уменьшена, с тем чтобы полнее использовать плодородие почвы, на бедной же почве норма удобрения возрастет, чтобы не только обеспечить культуру, но и повысить обеспеченность почвы этими элементами.

При разработке проектно – сметной документации по применению удобрений для получения плановых урожаев культур также нужны данные агрохимического обследования почв.

4. ОПРЕДЕЛЕНИЕ НОРМ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ ПОД ОСНОВНЫЕ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ КУЛЬТУРЫ

Установление оптимальных норм минеральных удобрений является обязательным условием рационального их применения в целях повышения урожая и качества сельскохозяйственных культур. При расчете норм удобрений необходимо учитывать величину планируемого урожая, почвенно-климатические и агротехнические условия его получения, особенности питания растений.

Из существующих методов определения норм минеральных удобрений под сельскохозяйственные культуры наиболее распространены следующие:

1. Определение норм удобрений с использованием результатов полевых опытов и агрохимических картограмм.
2. Расчетные (балансовые) методы.
3. Нормативный метод.

4.1. Определение норм удобрений с использованием результатов полевых опытов и агрохимических картограмм

Полевые опыты с удобрениями проводятся научно-исследовательскими учреждениями и проектно-изыскательскими станциями химизации в системе

географической сети опытов в различных природно-климатических зонах. По результатам опытов устанавливают нормы удобрений для основных возделываемых культур, они рекомендуются к практическому использованию в пределах зоны со сходными почвенно-климатическими условиями (средние зональные нормы).

Агроном использует агрохимические картограммы, делает расчеты на основании поправочных коэффициентов на обеспеченность почвы доступными питательными веществами и по ним корректирует рекомендованные нормы удобрений для условий каждого конкретного поля. Поправочные коэффициенты разработаны для фосфорных и калийных удобрений (табл. 2, 3).

Таблица 2

Поправочные коэффициенты к средним нормам фосфорных удобрений с учетом содержания подвижных форм фосфора в почве

Обеспеченность почвы подвижным фосфором	Зерновые культуры, лен	Пропашные культуры	Овощные культуры
Очень низкая	1,4-1,5	Требуется окультуривание почв	
Низкая	1,0	1,3-1,4	Окультуривание
Средняя	0,6-0,7	1,0	1,2-1,3
Повышенная	0,4-0,6	0,7-0,8	1,0
Высокая	0,1-0,3	0,1-0,3	0,4-0,6

Примечание. За «1,0» принята средняя рекомендованная норма удобрения.

Задание 1. Скорректировать средние нормы фосфорных удобрений с учетом обеспеченности почв подвижным фосфором (кг/га д.в.)

Зерновые Пропашные Овощные

Дерново-подзолистые почвы

Средняя норма удобрений	60	70	80
Обеспеченность почвы фосфором	_____	_____	_____
Поправочный коэффициент	_____	_____	_____
Уточненная норма удобрения, кг/га д.в.	_____	_____	_____

Серые лесные почвы

Средняя норма удобрений	40	60	80
-------------------------	----	----	----

Обеспеченность почвы фосфором	_____	_____	_____
Поправочный коэффициент	_____	_____	_____
Уточненная норма удобрения, кг/га д.в.	_____	_____	_____

Черноземы выщелоченные
и оподзоленные

Средняя норма удобрений	60	60	80
Обеспеченность почвы фосфором	_____	_____	_____
Поправочный коэффициент	_____	_____	_____
Уточненная норма удобрения, кг/га д.в.	_____	_____	_____

На почвах с высокой и очень высокой обеспеченностью подвижным фосфором применяют рядковое внесение фосфорных удобрений или их не вносят совсем.

Таблица 3

Поправочные коэффициенты к средним нормам калийных удобрений с учетом содержания подвижного калия в почве

Обеспеченность почвы подвижным калием	Зерновые культуры, лен	Пропашные культуры	Овощные культуры
Очень низкая	1,3-1,5	1,5-2,0	1,5-2,0
Низкая	1,2-1,3	1,4-1,5	1,4-1,5
Средняя	1,0	1,0	1,0
Повышенная	0,7-0,8	0,7-0,8	0,8-1,0
Высокая	0,1-0,3	0,3-0,5	0,7-0,8

При очень высоком содержании подвижного калия в почве калийные удобрения вносить нецелесообразно.

Задание 2. Скорректировать средние нормы калийных удобрений с учетом обеспеченности почв подвижным калием (кг/га д.в.)

	Зерновые	Пропашные	Овощные
<u>Дерново-подзолистые почвы</u>			
Средняя норма удобрений	60	60	80
Обеспеченность почвы калием	_____	_____	_____
Поправочный коэффициент	_____	_____	_____

Уточненная норма удобрения, _____
кг/га д.в.

Серые лесные почвы

Средняя норма удобрений	40	40	60
Обеспеченность почвы калием	_____	_____	_____
Поправочный коэффициент	_____	_____	_____
Уточненная норма удобрения, кг/га д.в.	_____	_____	_____

Такие расчеты проводят для всех распространенных в хозяйстве почв.

По азоту агрохимические картограммы не составляют. Потребность сельскохозяйственных культур в азотных удобрениях определяется с учетом обеспеченности почв нитратным азотом весной (табл. 4).

Таблица 4

Ориентировочные нормы азотных удобрений под полевые культуры, кг/га д.в.

Обеспеченность азотом	Потребность в азотных удобрениях	Подтайга		Лесостепь		Степь	
		зерновые	пропашные	зерновые	пропашные	зерновые	пропашные
Очень низкая	Очень сильная	60	60-80	45	60-80	45	40-60
Низкая	Сильная	45	60	30	50-60	30	30-45
Средняя	Средняя	30	45	20	40	0	30
Высокая	Отсутствует	Удобрения не применяются					

Под многолетние травы в зависимости от обеспеченности почв нитратным азотом азотные удобрения вносят в следующих нормах (табл. 5).

Таблица 5

Ориентировочные нормы азотных удобрений под многолетние травы, кг/га д.в.

Обеспеченность азотом	Потребность в азотных удобрениях	Подтайга	Лесостепь	Степь
Очень низкая	Очень сильная	60-80	60-80	45-60
Низкая	Сильная	45-60	30-45	30-45
Средняя	Средняя	30	40	30

При высокой обеспеченности почв нитратным азотом потребность в азотных удобрениях отсутствует.

В Сибири широко внедряется система почвенной диагностики азотного питания полевых культур и применения азотных удобрений. На основе количественных градаций обеспеченности почв нитратным азотом в слое 0-40 см определяются нормы внесения азотных удобрений под сельскохозяйственные культуры (табл. 6).

Задание 3. Определить нормы азотных удобрений под зерновые культуры при содержании нитратного азота в слое почвы 0-40 см перед посевом: в зоне подтайги – 2,5 мг/кг; лесостепи – 11,5; степи – 8 мг/кг.

Таблица 6

Шкала обеспеченности почв азотом и определение потребности в азотных удобрениях (по Г.П. Гамзикову, 1989)

Обеспеченность растений азотом	Содержание нитратного азота в слое 0-40 см		Потребность в азотном удобрении
	мг/кг	кг/га	
Очень низкая	меньше 5	меньше 25	очень сильная
Низкая	5-10	25-50	сильная
Средняя	10-15	50-75	средняя
Высокая	больше 15	больше 75	отсутствует

4. 2. Расчетные (балансовые методы)

Для определения норм удобрений балансовыми методами используют следующие показатели:

- вынос питательных элементов растениями;
- количество питательных веществ, которое растение может получить из почвы;
- коэффициенты использования питательных веществ растениями из органических и минеральных удобрений.

Вынос питательных элементов растениями является расходной частью баланса, которая определяет потребность в питательных веществах для получения планируемого урожая или его прибавки. Показатели величины выноса элементов питания приводятся в справочниках по применению удобрений.

Приходная часть баланса последовательно формируется за счет запасов питательных веществ почвы (пахотный горизонт), применения органических и минеральных удобрений. Обязательным является учет зональных коэффициентов использования (%) питательных веществ из почвы и удобрений, а также знание биологических особенностей питания растений.

4.2.1. Планируемая урожайность

Начальным этапом расчета является определение величины планируемой урожайности. Для этого можно использовать следующую формулу:

$$Y = \frac{1000000}{K_b S (1 - 0,7 P)},$$

где Y – величина возможного урожая, т/га;

W – запас продуктивной влаги в почве весной, мм;

P – сумма осадков за вегетационный период растений, мм;

0,7 – коэффициент использования осадков;

K_b – коэффициент водопотребления, м³/т;

S – сумма составных частей товарной (основной) и нетоварной (побочной) продукции;

V_c – стандартная влажность, %.

Запас продуктивной влаги в почве определяют по формуле:

$$W = 0,1 \cdot d \cdot h \cdot (B - B_z),$$

где W – запас продуктивной влаги, мм;

0,1 – коэффициент перевода водяного слоя;

d – объемная масса почвы, г/см³;

h – мощность слоя почвы, см;

B – влажность почвы, %;

B_z – влажность завядания, %.

Коэффициент водопотребления — количество воды (м³), испаряемое растениями и почвой для образования 1 т сырой массы товарного урожая. Коэффициент водопотребления неодинаков для разных культур, он также подвержен значительным колебаниям в зависимости от условий возделывания (табл. 7). Для более точных расчетов следует применять конкретные коэффициенты водопотребления, получаемые в опытах зональных научно-исследовательских учреждений.

Стандартная влажность для зерновых культур составляет 14%, для однолетних и многолетних трав на сено – 16, для кукурузы на силос – 70, для корне- и клубнеплодов (картофель, свекла) – 75%.

Для определения показателя S нужно знать соотношение основной и побочной продукции в урожае различных сельскохозяйственных культур (табл. 8). Для пропашных культур и различных трав этот показатель не учитывается.

Таблица 7

Коэффициенты водопотребления для различных сельскохозяйственных культур, м³/т

Культура	Характеристика года		
	влажный	нормальный	засушливый
Озимая пшеница	410	480	510
Озимая рожь	410	440	500
Ячмень	370	430	470
Овёс	460	530	560
Яровая пшеница	400	470	500
Кукуруза на зерно	260	280	320
Кукуруза на силос	220	240	260
Просо	370	420	450
Гречиха	625	640	700
Горох	650	720	800
Соя	640	700	780
Картофель	80	110	160
Кормовая свёкла	75	110	120
Подсолнечник	460	585	625
Рапс	700	770	825
Вико-овёс (сено)	425	550	625
Люцерна на сено	525	575	650
Капуста	185	195	210
Морковь	80	90	100

Соотношение различных видов продукции в урожае сельскохозяйственных культур

Культура	Основная продукция	Отношение основной продукции к побочной
Озимая рожь	Зерно	1 : 2
Яровая пшеница	- « -	1 : 1,6
Овес, горох	- « -	1 : 1,5
Ячмень	- « -	1 : 1,4
Рапс, просо, гречиха, соя	- « -	1 : 2
Подсолнечник	- « -	1 : 2,5
Вика	- « -	1 : 1,2
Кукуруза	- « -	1 : 1,1
Лен-долгунец	Семена	1 : 8
	Волокно	1 : 6
Картофель	Клубни	1 : 1
Свекла кормовая	Корнеплоды	1 : 0,4
Свекла сахарная	- « -	1 : 0,5

Задание 4. Рассчитать возможную урожайность яровых зерновых (пшеница, овес, ячмень) в лесостепной зоне Новосибирской области при: $W = 150-200$ мм, $P = 180-220$ мм.

Задание 5. Рассчитать возможную урожайность зеленой массы кукурузы и клубней картофеля в пригородной зоне Новосибирской области. $W = 150-210$ мм, $P = 180-220$ мм.

Задание 6. Рассчитать возможную урожайность многолетних злаковых и бобовых трав на сено для лесостепной зоны Новосибирской области. $W = 150-200$ мм, $P = 180-220$ мм.

4.2.2. Вынос урожаем питательных веществ из почвы

Биологические особенности растений, а также условия их выращивания определяют вынос элементов минерального питания с урожаями различных культур. Общий вынос питательных веществ растениями зависит от величины урожая и химического состава растений. Общий вынос питательных веществ можно рассчитать по формуле:



где $B_{\text{общ}}$ – вынос питательных веществ урожаем, кг/га;

$У_1$ – урожайность товарной продукции, т/га;

$Э_1$ – содержание элемента питания в товарной продукции, %;

$У_2$ – урожайность побочной продукции, т/га;

$Э_2$ – содержание элемента питания в побочной продукции, %;

10 – коэффициент пересчета в килограммы.

Вынос элементов питания на 1 т продукции (B_m) определяют по формуле: $B_m = \frac{B_{\text{общ}}}{U}$

Для основных сельскохозяйственных культур в таблице 9 приведены размеры выноса питательных веществ.

Таблица 9

Примерный вынос питательных веществ урожаями некоторых сельскохозяйственных культур

Культура	На 1 т основной продукции с учетом побочной, кг		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Озимая рожь	31	14	26
Яровая пшеница	35	12	18
Ячмень	29	13	26
Овес	28	13	29
Просо	30	14	36
Горох	65	14	22
Вика и викоовсяные смеси	40	14	23
Картофель	6,0	2,0	8,0
Свекла	6,5	1,5	8,0
Кукуруза на силос	4,0	1,5	6,0
Подсолнечник на силос	3,0	1,0	6,0
Горох-овес, вика-овес на зеленый корм	2,0	1,6	4,0
Однолетние травы (зеленый корм)	11,4	1,6	4,8
Однолетние травы (сено)	21,0	4,5	19,0
Многолетние травы на сено	17,6	6,3	19,5
Многолетние травы на силос	3,7	1,5	3,9
Капуста белокочанная	3,4	1,3	4,4
Морковь столовая	3,2	1,0	5,0
Свекла столовая	2,7	1,5	4,3
Огурец	1,7	1,4	2,6
Томат, лук-репка	3,7	1,2	4,0

4.2.3. Усвоение растениями питательных веществ из почвы

Растения усваивают только некоторую часть содержащихся в почве доступных форм питательных веществ. Коэффициент использования растением того или иного 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.

Коэффициенты использования питательных веществ очень изменчивы, они зависят от водно-физических, биохимических и агрохимических свойств почв.

Для сибирских почв средние коэффициенты усвоения питательных веществ примерно составляют, %:

	зерновые	пропашные
Азот	40-50	50-60
Фосфор	5-10	10-20
Калий	15-20	20-30

4.2.4. Использование растениями питательных веществ из удобрений

Коэффициент использования питательных веществ из удобрений показывает долю их потребления растениями от общего количества вносимого с удобрением элемента питания на создание прироста урожая. Для расчетов могут быть использованы следующие средние величины коэффициентов использования питательных веществ из удобрений (табл. 10).

Таблица 10

Средние коэффициенты использования питательных веществ растениями из удобрений, %

Год действия	Из органических удобрений			Из минеральных удобрений		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
1-й	20-25	25-30	50-60	60-70	15-20	50-60
2-й	20	10-15	10-15	-	10-15	20
3-й	10	5	-	-	5	-

4.2.5. Расчет удобрений по общему выносу питательных веществ планируемым урожаем

Задание 7. По форме рассчитать норму удобрений по общему выносу питательных веществ планируемым урожаем, используя ранее полученные результаты по урожайности, выносу и коэффициентам использования питательных веществ.

Форма 1

Показатели	Культура _____		
	Урожайность		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
1. Примерный вынос питательных веществ, кг/т			
2. Вынос питательных веществ планируемым урожаем, кг/га			
3. Почва 3.1. Содержание подвижных элементов питания в почве, мг/кг 3.2. Запасы питательных веществ в пахотном слое почвы, кг/га 3.3. Коэффициенты использования питательных веществ почвы, % 3.4. Количество питательных веществ, поглощаемых растениями из почвы, кг/га			
4. Органические удобрения 4.1. Внесено органического удобрения, т/га 4.2. Содержание питательных веществ в удобрении, % 4.3. Количество элементов питания в удобрении, кг 4.4. Коэффициент использования удобрений, % 4.5. Использование растениями элементов питания с учетом коэффициентов, кг			
5. Минеральные удобрения 5.1. Требуется внести с минеральными удобрениями, кг/га д.в. 5.2. Коэффициент использования минеральных удобрений, % 5.3. Будет внесено питательных веществ с учетом коэффициентов использования, кг/га 5.4. Содержание действующего вещества в удобрении, % 5.5. Норма физических туков, ц/га			

4.2.6. Расчет норм удобрений на планируемую прибавку урожая

В этом методе показателем плодородия почв при существующей агротехнике может служить средняя урожайность за последние 2-3 года на полях без удобрений. Зная урожайность культуры в конкретных почвенно – климатических условиях на неудобренном фоне, определяют прибавку урожая от применения органических и минеральных удобрений. Норму удобрений рассчитывают на полученную прибавку урожая. Установленные нормы минеральных удобрений корректируют по содержанию в почве подвижных питательных веществ с использованием соответствующих поправочных коэффициентов.

Форма 2

Показатели	Культура		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
1. Фактическая урожайность за последние 3-5 лет, т/га			
2. Планируемая урожайность, т/га			
3. Прибавка урожая, т/га			
4. Примерный вынос питательных веществ, кг/т			
5. Вынос питательных веществ прибавкой урожая, кг/га			
6. Органические удобрения 6.1. Внесено органического удобрения, т/га 6.2. Содержание питательных веществ в удобрении, % 6.3. Количество элементов питания в удобрении, кг 6.4. Коэффициент использования удобрений, % 6.5. Использование растениями элементов питания с учетом коэффициентов, кг			
7. Минеральные удобрения 7.1. Требуется внести с минеральными удобрениями, кг/га д. в. 7.2. Коэффициент использования минеральных удобрений, % 7.3. Будет внесено питательных веществ с учетом коэффициентов использования, кг/га 7.4. Содержание действующего вещества в удобрении, % 7.5. Норма физических туков, ц/га			

4.3. Нормативный метод

В нормативном методе учитывается определенное количество питательных веществ минеральных удобрений, которые расходуются на производство единицы продукции. Эта величина, установленная в полевых опытах для разных сельскохозяйственных культур в различных природно-хозяйственных зонах имеет наименование «норматив затрат минеральных удобрений на производство 1 т сельскохозяйственной продукции, кг д.в.» (табл.11).

Таблица 11

Нормативы затрат минеральных удобрений на производство сельскохозяйственной продукции, кг д.в.

Культура	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Зона подтайги			
Озимая рожь	24	27	16
Яровая пшеница	37	36	34
Ячмень	21	32	21
Овес	20	20	13
Кукуруза	3,2	2,4	2,5
Картофель	4,1	3,4	3,6
Многолетние травы на сено	18,3	16,1	15,3
Лесостепная зона			
Озимая рожь	13	18	16
Яровая пшеница	26	29	16
Ячмень	25	23	20
Овес	20	20	13
Кукуруза	3,2	2,1	2,2
Картофель	4,0	4,4	4,4
Многолетние травы на сено	18,3	16,1	15,3
Степная зона			
Озимая рожь	19	24	16
Яровая пшеница	21	26	12
Ячмень	17	33	20
Овес	14	19	8
Картофель	3,8	5,5	4,0
Многолетние травы на сено	18,3	16,1	15,3

4.3.1. Определение потребности в азотных удобрениях

Общую потребность в азоте на определенный уровень урожайности рассчитывают по формуле:

$$N = \frac{Y \times H}{K},$$

где N – потребное количество азота для формирования урожая, кг/га;

Y – уровень урожайности, т/га;

H – норматив расхода азота на 1 т основной и соответствующее количество побочной продукции, кг;

K – усредненный коэффициент использования минерального азота:

0,6-0,7 – для зоны северной лесостепи;

0,5-0,6 – для зоны южной лесостепи;

0,4-0,5 – для степной зоны.

Потребность в азоте для растений определяют на основе почвенной диагностики. В условиях Западной Сибири основным источником азота для растений является нитратный азот, содержание которого определяется в слое 0-40 см перед посевом. Дополнительное количество азота получают растения в течение вегетации за счет текущей нитрификации под посевами. Текущая нитрификация – величина непостоянная и зависит от типа почвы, предшественника, климатических условий в период вегетации (табл. 12).

Таблица 12

Примерные величины текущей нитрификации в почвах Западной Сибири, кг/га

Культура	Степь	Южная лесостепь	Северная лесостепь	Тайга и подтайга
Пшеница	50-70	50-60	40-50	30-40
Кукуруза	70-80	60-70	50-60	40-50

Для расчетов условно можно принять, что и другие однолетние культуры потребляют примерно такое же количество азота за счет текущей нит-

рификации. Формула расчета норм азотных удобрений приобретает следующий вид:

$$N = \frac{Y \cdot H}{K} - (Nn - Nt)$$

где N – необходимое количество азота для формирования урожая, кг/га;

Y – уровень урожайности, т/га;

H – норматив расхода азота на 1 т продукции, кг;

K – усредненный коэффициент использования минерального азота;

Nn – весенний запас азота в почве, кг;

Nt – поступление азота за счет текущей нитрификации, кг.

4.3.2. Определение потребности в фосфорных и калийных удобрениях

Потребность в фосфорных или калийных удобрениях определяется по формуле:

$$D = Y \times H \times K,$$

где D – норма фосфорных (или калийных) удобрений, кг/га д.в.;

Y – уровень урожайности, т/га;

H – норматив затрат фосфорных (или калийных) удобрений на производство 1 т продукции, кг д.в.;

K – поправочный коэффициент на содержание фосфора (или калия) в почве.

Для Новосибирской области в соответствии со шкалой обеспеченности почв подвижными формами фосфора и калия по Чирикову установлены следующие коэффициенты (табл. 13 и 14).

Таблица 13

Поправочные коэффициенты на обеспеченность почв подвижным фосфором

Содержание P_2O_5 , мг/кг почвы	Поправочный коэффициент, K	Степень потребности растений в удобрениях
0-20	1,5	Очень высокая
21-50	1,3	Высокая
51-100	1,0	Средняя
101-150	0,7	Рядковое удобрение
151 и выше	0,5	Рядковое удобрение

Поправочные коэффициенты на обеспеченность почв подвижным калием

Содержание K_2O , мг/кг почвы	Поправочный коэффициент, К	Степень потребности растений в удобрениях
менее 40	1,3	Очень высокая
41-80	1,0	Высокая
81-120	0,7	Средняя
121-180	0,5	Низкая
более 180	0,3	Отсутствует

Задание 8. Используя нормативы затрат минеральных удобрений (табл.11), рассчитайте нормы удобрений на планируемый урожай сельскохозяйственных культур по зонам.

5. ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ И ПОДГОТОВКИ К КОНТРОЛЬНЫМ РАБОТАМ

1. Задачи и виды систем удобрений.
2. Каковы физиологические основы определения потребности сельскохозяйственных культур в удобрениях?
3. Что такое биологический и хозяйственный вынос питательных веществ?
4. Что влияет на использование питательных веществ из почвы?
5. Влияние азотных удобрений на урожай и качество с.-х. культур, устойчивость растений к болезням и вредителям.
6. Влияние фосфорных и калийных удобрений на урожай и качество с.-х. культур, устойчивость растений к болезням и вредителям.
7. Средние коэффициенты использования подвижных форм азота, фосфора и калия на разных типах почв.
8. Каковы средние коэффициенты использования питательных веществ растениями из органических удобрений?
9. Каковы средние коэффициенты использования питательных веществ из минеральных удобрений?
10. Способы внесения удобрений, их назначение в питании растений.

11. Влияние прикорневых и поверхностных подкормок азотными удобрениями на урожайность и качество зерна пшеницы.
12. Какие виды диагностики используют для проведения подкормок?
13. В каких случаях применяется некорневая подкормка? Какова ее роль?
14. Под какие культуры наиболее целесообразно вносить повышенные дозы органических удобрений?
15. Нормы, место и сроки внесения органических удобрений в различных севооборотах.
16. Способы (допосевное, припосевное, послепосевное) и приемы (локальное, вразброс, запасное) внесения удобрения.
17. Сочетание минеральных и органических удобрений при применении их под полевые культуры.
18. Методы расчета доз удобрений под сельскохозяйственные культуры.
19. Значение агрохимических картограмм и их использование при расчетах норм удобрений.
20. Расчетные методы определения норм минеральных удобрений.
21. Составление годового и календарного плана применения удобрений.
22. Удобрения и охрана окружающей среды.

6. СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

Основная литература:

4.1. Список основной литературы

1. Ягодин, Б. А. Агрохимия : учебник для вузов / Б. А. Ягодин, Ю. П. Жуков, В. И. Кобзаренко. — 5-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2025. — 584 с. — ISBN 978-5-507-52372-6. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/448739>. — Режим доступа: для авториз. пользователей.

4.2. Список дополнительной литературы

1. Клименко, Н. Н. Физиология растений : учебное пособие / Н. Н. Клименко. — Иркутск : Иркутский ГАУ, 2022. — 103 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/300128>. — Режим доступа: для авториз. пользователей.
2. Дзанагов, С. Х. Агрохимия : учебник для вузов / С. Х. Дзанагов. — 2-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2024. — 376 с. — ISBN 978-5-507-47486-8. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/382325>. — Режим доступа: для авториз. пользователей.
3. Ториков, В. Е. Система удобрения в адаптивном земледелии / В. Е. Ториков, Н. М. Белоус, О. В. Мельникова. — Санкт-Петербург : Лань, 2023. — 196 с. — ISBN 978-5-507-46518-7. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/333188>. — Режим доступа: для авториз. пользователей.

Классификация почв по обеспеченности питательными элементами (мг/кг) и кислотности

Класс	P ₂ O ₅				K ₂ O				N (по Тюрину и Кононовой)			Нитрифицирующая способность	pH _{сол}
	По Кирсанову	По Чирикову	По Мачигину	По Аррениусу, Ониани	По Кирсанову	По Чирикову	По Мачигину	По Масловой	pH<5	pH 5-6	pH>6,0		
1	<25	<20	<10	<80	<40	<20	<100	<50	<40	<30	<30	<5	<4,5
2	25-50	20-50	10-15	80-150	40-80	20-40	100-200	50-100	41-50	31-40	31-40	5-8	4,5
3*	51-100	51-100	15-30	151-300	81-120	41-80	201-300	101-150	51-70	41-60	41-50	8-15	4,6-5,0
4**	101-150	101-150	31-45	301-450	121-170	81-120	301-400	151-200	71-100	61-80	51-70	15-30	5,1-5,5
5***	151-250	151-200	46-60	451-600	171-250	121-180	401-600	201-300	101-140	81-120	71-100	31-60	5,6-6,0
6	>250	>200	>60	>600	>250	>180	>600	>300	>140	>120	>100	>60	>6,0

*Средняя обеспеченность для зерновых, зернобобовых, однолетних и многолетних трав.

**Средняя обеспеченность для пропашных культур.

***Средняя обеспеченность для овощных, а по фосфору и для технических культур.

Мармулев Алексей Николаевич

Митракова Анна Григорьевна

СИСТЕМА УДОБРЕНИЯ

Методические указания для лабораторно-практических занятий,
самостоятельных и контрольных работ

Печатается в авторской редакции