ИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет им. В.И. Вернадского»

Академия биоресурсов и природопользования

Факультет агрономии, садово-паркового и лесного хозяйства

Кафедра земледелия и агрономической химии

Скляр С.И

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

«АГРОХИМИЯ»

для обучающихся по направлению подготовки
35.06.01 – **Сельское хозяйство**

Симферополь
2020

УДК
ББК

Методические рекомендации подготовил:
Скляр С.И. –профессор кафедры земледелия и агрономической химии, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент.

Методические рекомендации для проведения практических занятий по дисциплине «Агрохимия» для обучающихся по направлению подготовки 35.06.01 сельское хозяйство, очной формы обучения

Методические рекомендации рассмотрены, рекомендованы к изданию и использованию в учебном процессе на заседании кафедры земледелия и агрономической химии Агротехнологической академии
Протокол № _8__от_23.06._ 2020 г.

Методические рекомендации рассмотрены, рекомендованы к изданию и использованию в учебном процессе учебно–методической комиссией факультета агрономии садово-паркового и лесного хозяйства Агротехнологической академии
Протокол № __4_от 10.09. 2020 г.

Председатель учебно–методической комиссии факультета АСПиЛХ – доцент, к.с.–х.н., Кеньо И.М.

Методические рекомендации рассмотрены, рекомендованы к изданию и использованию в учебном процессе учебно–методическим советом Агротехнологической академии
Протокол № _5_от _30.09. 2020 г.

Председатель учебно–методического совета АТА – д.т.н., доцент Мельничук А.Ю.

Рецензенты:
Осенний Н.Г., кандидат с.-х. наук, профессор, профессор кафедры земледелия и агрономической химии факультета АТА «КФУ им. В.И. Вернадского»;
Валин Д.Н., ВРИО директора ФГБУ «Центр агрохимической службы «Крымский».

Ответственный за выпуск – профессор кафедры земледелия и агрономической химии АТА ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В.И. Вернадского» Скляр С.И.

© Скляр С.И., КФУ 2020

СОДЕРЖАНИЕ

№ п/п	Тема	Стр.
	Введение	4
1	Общие методические рекомендации при изучении дисциплины	5
2	Методические указания по выполнению проектной работы «Проектирование системы применения удобрений в севообороте»	8
3	Рабочая тетрадь по выполнению проектной работы «Проектирование системы применения удобрений в севообороте»	39
	Литература	61
	Приложение	63

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время в РФ и странах мира особое внимание уделяется увеличению производства сельскохозяйственной продукции и повышению эффективности земледелия. Решение этой задачи возможно за счёт роста урожайности сельскохозяйственных культур, повышения продуктивности пашни без ущерба для окружающей среды. Среди факторов интенсификации земледелия важное место занимают удобрения, применение которых по разным оценкам обеспечивает до 40-50% прибавки урожая сельскохозяйственных культур.

Использование ресурсов в значительной степени зависит от того, насколько глубоко специалисты овладеют современными достижениями науки и квалифицированно их применяют в практической деятельности. Потенциал почвенно-климатической зоны и сортового состава сельскохозяйственных культур, применение средств механизации, защиты растений и орошения в полной мере могут быть реализованы при оптимальной обеспеченности почвы подвижными формами питательных веществ, выбором видов, форм, норм (доз), способов и сроков применения удобрений, учитывающих биологические особенности культур.

Знания, умения и навыки у обучающегося направления 35.06.01 Сельское хозяйство по вопросам применения удобрений формируются в процессе изучения дисциплины «Агрохимия», в том числе при подготовке самостоятельной расчетной работы «Проектирование системы применения удобрений в севообороте». Самостоятельная работа включает изучение методических указаний по выполнению расчетной работы и ее выполнение в виде расчетной тетради.

1. ОБЩИЕ МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПРИ ИЗУЧЕНИИ ДИСЦИПЛИНЫ

Цель дисциплины «Агрохимия» – дать будущим специалистам глубокие теоретические и практические знания по вопросам агрохимии, питания растений в связи со свойствами почв и удобрений; влияния удобрений на продуктивность сельскохозяйственных растений, качество урожая, плодородие почвы и окружающую среду.

Объём аудиторных занятий ограничен учебным планом дисциплины. Поэтому большое значение для овладения учебным материалом, предусмотренным рабочей программой дисциплины, имеет самостоятельная работа обучающийся с учебной литературой.

При изучении дисциплины «Агрохимия» обучающиеся должны

знать:

- агрохимические свойства почвы, особенности поведения удобрений в почве;
- биологические особенности сельскохозяйственных растений в связи с питанием и удобрением;
- свойства органических, минеральных, бактериальных удобрений и микроудобрений;
- расчет норм удобрений на запланированную величину урожая.

уметь:

- производить отбор и подготовку образцов почвы, воды, удобрений и растений к проведению агрохимического анализа;
- в соответствии со стандартом анализа готовить химические реактивы;
- произвести подготовку приборов и оборудования к работе;
- выполнить агрохимический анализ;
- производить расчеты норм удобрений и химических мелиорантов;

- с учетом агрохимических свойств почвенной разности, эффективного плодородия почвы конкретного поля обоснованно выбирать формы, сроки, способы внесения удобрений, глубину их заделки в почву;

- обосновать норму и место внесения органических удобрений и мелиорантов в севообороте;

- рассчитывать в почве баланс питательных веществ и органического вещества.

владеть:

- способностью формировать рекомендации производству на основе результатов агрохимического анализа образцов почвы, растений и продукции растениеводства методами расчетов норм органических удобрений в севообороте для создания бездефицитного баланса элементов питания и органического вещества (гумуса) в почве;

- корректировкой содержания подвижных фосфатов в почве в интервалах между соседними циклами агрохимической паспортизации полей;

- корректировкой расчетных норм минеральных удобрений для получения запланированных уровней урожайности.

- методом оценки экономической эффективности применения удобрений.

Изучение дисциплины направлено на подготовку обучающихся к производственно-технологическому виду деятельности. Дисциплина «Агрохимия» входит в обязательную часть учебного плана.

Дисциплина «Агрохимия» базируется на знаниях, полученных обучающимися при изучении дисциплин:

- «Ботаника» – морфологическое строение растений, ботаническую классификацию, уметь пользоваться определителем растений;

- «Физиология растений» – особенности роста и развития полевых культур, формирование жаростойкости, засухоустойчивости, зимостойкости, морозоустойчивости и других их свойств, этапы органогенеза полевых культур, фазы роста и развития, уметь определять этапы органогенеза и фазы роста культуры;

- «Сельскохозяйственные машины» – основные марки сельскохозяйственных машин и их регулировки;

- «Физика» – физические основы осушения, увлажнения, орошения и других мелиоративных мероприятий, методы учёта и регулирования температуры и влажности.

- «Почвоведение» – агрохимические показатели плодородия почвы. Управление почвенным плодородием.

- «Общее земледелие» – законы земледелия, рациональное использование почвенных ресурсов и повышение плодородия почв.

«Агрометеорология» – влияние метеоусловий на обеспеченность растений факторами роста.

«Агрохимия» – система применения удобрений.

Изучение дисциплины «Агрохимия» является практической и теоретической базой для изучения таких дисциплин «Орошаемое земледелие», «Управление качеством продукции растениеводства», Эколого-биологическое растениеводство».

Дисциплина «Агрохимия» изучается на 2 курсе в 4 семестре.

2. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ ПРОЕКТНОЙ РАБОТЫ

«Проектирование системы применения удобрений в севообороте»

ВВЕДЕНИЕ

С целью обеспечения экологической и продовольственной безопасности страны в Российской Федерации первостепенное внимание уделяется сохранению плодородия и эффективному использованию земель сельскохозяйственного назначения. Для этого в последнее время принято ряд нормативно-правовых актов, среди которых наиболее важные:

- Федеральный закон от 16.07.1998 г. № 101-ФЗ «О государственном регулировании обеспечения плодородия земель сельскохозяйственного назначения» (ред. от 28.12.2013 г.);

- Федеральный закон от 24.07.2002 г. № 101-ФЗ «Об обороте земель сельскохозяйственного назначения» (ред. от 31.12.2014 г.); Земельный кодекс РФ (от 25.10.2001 г. № 136-ФЗ);

- Концепция развития государственного мониторинга земель сельскохозяйственного назначения и земель, используемых или предоставляемых для ведения сельского хозяйства, в составе земель иных категорий, и формирования государственных информационный ресурсов на период до 2020 года, утвержденная Распоряжением Правительства РФ от 30.07.2010 г. № 1292-р (ред. 30.05.2014 г.);

- Постановление Правительства РФ от 22.07.2011 г.№ 612 «Об утверждении критериев существенного снижения плодородия земель сельскохозяйственного назначения»;

- Приказ МСХ РФ от 04.05.2010 г. № 150 «Об утверждении Порядка государственного учета показателей состояния плодородия земель сельскохозяйственного назначения» (ред. от 08.08.2012 г.);

- Распоряжение МСХ РФ от 22.12.2011 г. № 110-р «О системе показателей государственного мониторинга земель сельскохозяйственного назначения»;

- Приказ МСХ РФ от 11.01.2013 г. № 5 «Об утверждении методики расчета показателя почвенного плодородия в субъекте Российской Федерации».

Для реализации указанных решений Федеральное государственное бюджетное учреждению «Центр агрохимической службы «Крымский» (РК, г. Симферополь, ул. Киевская, 75/1, тел. 25-82-40, 27-35-67) проводит агрохимическую паспортизацию почв земель сельскохозяйственного назначения Республики Крым. На основе ее результатов аграрным предприятиям выдается агрохимический, эколого-токсикологический паспорт.

Агрохимическая паспортизация почв земель сельскохозяйственного назначения (АХПСН) – это сплошное агрохимическое обследование почвы, при котором устанавливают важнейшие агрохимические показатели ее эффективного плодородия. Для каждого поля в слое почвы 0-20 см определяется содержание гумуса (% масс.), подвижного фосфора (мг P_2O_5/100 г или мг P_2O_5/кг почвы), обменного калия (мг K_2O/100 г или мг K_2O/кг почвы), степень солонцеватости солонцеватых почв (и солонцов) и расчет дозы гипса. Результаты обследования вносят в агрохимический паспорт поля. Спустя 5 лет производят очередное обследование с определением тех же агрохимических показателей с занесением их в агрохимический паспорт этого же поля, и так далее, через каждые 5 лет.

Такой мониторинг важнейших агрохимических показателей устанавливает уровень эффективного плодородия почвы и его изменение во времени. Эти сведения используются при решении следующих задач:

1. Разработка и обоснование системы мероприятий, позволяющей замедлять и останавливать процессы деградации почвы, сохранять и повышать ее плодородие.

2. Разработка и обоснование технологии высокоэффективного применения минеральных и органических удобрений, основными элементами которой являются расчет оптимальных норм и доз удобрений, определение сроков и способов их внесения под любую культуру в конкретном поле.

Таким образом, проектирование системы применения удобрений в севообороте позволяет решить обозначенные выше проблемы современного

земледелия. Выполнив и защитив самостоятельную расчетную работу, обучающиеся приобретают практические навыки разработки основных параметров системы применения минеральных и органических удобрений в севообороте.

Цель работы – разработать план применения минеральных и органических удобрений в овощном орошаемом севообороте, обеспечивающем бездефицитный баланс гумуса в почве, высокодоходное применение минеральных удобрений, формирование запланированных уровней урожайности с допустимым содержанием нитратного азота в овощной продукции. Для этого необходимо рассчитать нормы и дозы удобрений, обосновать сроки и способы их внесения, обоснованно избрать оптимальные формы и виды.

Основной задачей расчетной работы «Проектирование системы применения удобрений в севообороте» является закрепление теоретических знаний и приобретение практических навыков в расчете и установлении перечисленных выше основных элементов системы удобрения культур в севообороте.

Для выполнения самостоятельной расчетной работы обучающийся получает индивидуальное задание на кафедре.

При выполнении самостоятельной расчетной работы используются следующие сведения и материалов:

а) данные, характеризующие климатические условия агропредприятия или района, взятые из агроклиматического справочника Республики Крым;

б) данные, характеризующие агрохимические и агрофизические свойства почвы агропредприятия (административного района).

в) индивидуальное задание (табл. 1), включающее схему севооборота, содержание подвижных форм фосфора и калия в почве каждого поля, планируемая урожайность сельскохозяйственных культур.

При выполнении расчетной работы обучающиеся используют учебную литературу, публикации преподавателей университета в научных изданиях, материалы лекций, лабораторных и практических занятий, рекомендации научно-исследовательских учреждений, сведения, полученные при проведении собственных научных исследований в ходе учебной практики, а также консультации преподавателей кафедры.

Самостоятельную расчетную работу проверяет преподаватель, который делает заключение о допуске ее к защите, или необходимости доработки указанных замечаний. Обучающийся защищает работу перед преподавателем. Работа является содержательным модулем и оценивается по 100-балльной шкале.

2.1. ХАРАКТЕРИСТИКА КЛИМАТИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ В СВЯЗИ С ПРИМЕНЕНИЕМ УДОБРЕНИЙ

В таблице 1 приводится погодно-климатическая характеристика хозяйства на основе многолетних наблюдений ближайшей метеостанции, публикуемая в агроклиматических справочниках. Используя эти сведения, необходимо рассчитать коэффициенты увлажнения **К** (по Н.Н. Иванову) для вегетационных периодов следующих групп культур (табл. 2):

- озимые на зеленый корм;
- озимые на зерно;
- ранние яровые;
- поздние яровые;
- поукосные и пожнивные культуры.

В расчетах принимается следующая длительность периодов вегетации сельскохозяйственных культур:

- озимые на зеленый корм – с октября по май включительно;
- озимые на зерно – с октября по июнь включительно;
- ранние яровые – с марта по июнь включительно;
- поздние яровые – с мая по август включительно;
- поукосные и пожнивные культуры – с июня по сентябрь включительно;

Среднегодовой коэффициент увлажнения рассчитывают за период с января по декабрь включительно.

Коэффициент увлажнения рассчитывают по формуле:

$$\mathbf{K = P/E}, \text{ где:} \qquad (1)$$

Р – сумма осадков за вегетационный период групп культур, мм;

Е – испаряемость за вегетационный период, мм.

Для расчета величины испаряемости влаги за период вегетации необходимо предварительно вычислить испаряемость за каждый месяц года - $\mathbf{E_{мес.}}$ по формуле:

$$\mathbf{E_{мес.} = 18{,}4 \cdot Д}, \text{ где:} \qquad (2)$$

Д – среднемесячный дефицит влажности воздуха в миллибарах (мбар).

Для оценки влагообеспеченности культур по Н.Н. Иванову принята следующая градация:

Если **К** меньше 0,30 – увлажнение скудное;

0,31 – 0,59 – недостаточное;

0,60 – 0,99 – неустойчивое;

1,00 – 1,50 – достаточное;

более 1,50 – избыточное.

Таблица 1. **Климатические условия (по средним многолетним данным)**

Метеостанция _____

Показатели	Месяцы												Сумма или среднее, за год (за период вегета-ции)
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
Атмосферные осадки, мм*													
Температура воздуха, ^{0}С**													
Дефицит его влажности Д, мбар*													
Испаряемость, $E_{мес.}$, мм*													

Примечание: * сумма за год и за период вегетации культуры;
** среднее за год и за период вегетации культуры.

Таблица 2. **Коэффициент увлажнения культур**

№ по-	Культура	Период вегетации	Сумма осадков	Испаря-емость	Коэффи-циент

ля			(Р), мм	(Е), мм	увлажнения (К)
1					
2					
3					
4					
5					
6					

На основании данных о влагообеспеченности этих групп культур следует сделать вывод о возможной эффективности удобрений и установить очередность удовлетворения потребности культур в удобрениях. В первую очередь их выделяют под культуры с большим коэффициентом увлажнения (обосновать этот тезис, используя биологические законы: закон минимума, закон ограничивающих факторов). Используя рекомендованную литературу, укажите роль воды в жизни растений. Эти сведения в последующем необходимо использовать для обоснования уменьшения норм удобрений при их дефиците в хозяйстве.

Используя сведения о дефиците влажности воздуха, температуре, влагообеспеченности культур, сделать вывод о глубине заделки удобрений в суходольных и орошаемых условиях. При этом исходить из того факта, что растения усваивают питательные вещества лишь из увлажненной почвы.

Для оценки условий появления всходов озимых культур необходимо использовать суммы осадков, температурный фон и коэффициенты увлажнения по Н.Н. Иванову в сентябре – октябре. Показать роль допосевного внесения удобрений, особенно в неблагоприятные годы, когда получение всходов из-за недостаточного увлажнения почвы откладывается на позднее время (2-3 декады ноября), а длительность осеннего периода вегетации и подготовки растений к зимовке существенно сокращается.

Для оценки условий перезимовки следует использовать данные агроклиматического справочника о резкости колебания зимних температур, глу-

бине снежного покрова, вероятности выпирания растений озимых культур. В этой связи показать:

- защитную роль снежного покрова в периоды с экстремально низкими температурами и сильным ветром;

- дать определение понятию «выпирание» растений;

- охарактеризовать условия погоды, при которых оно наблюдается;

- сделать заключение об устойчивости против неблагоприятных условий зимовки хорошо удобренных раскустившихся с осени посевов в сравнении с менее развитыми растениями, не получивших до посева достаточного количества элементов питания;

- установить глубину миграции нитратов по профилю почвы к моменту возобновления весенней вегетации озимых в Вашем районе. Сопоставить ее с глубиной проникновения корней озимых культур, подошедших к этому сроку в разных фазах развития (3 листа, начало кущения, полное кущение). Учитывая также встречное движение корневых систем озимых в более глубокие слои почвы, а нитратов с восходящим током влаги к ее поверхности, сделать вывод о возможности использования растениями нитратного азота из этих слоев почвы.

Эти данные позволяют судить о значении внесения удобрений под озимые с осени, о необходимости ранневесенних подкормок озимых культур.

2.2. ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ УДОБРЕНИЙ В СВЯЗИ С АГРОХИМИЧЕСКИМИ СВОЙСТВАМИ ПОЧВЫ

В этом разделе необходимо определить тип почвы, наиболее представленный в Вашем административном районе (агропредприятии). Дать его характеристику с обязательным указанием в тексте параметров следующих агрохимических свойств:

- название почвы; _____

- емкость ее поглощения, ммоль (мг-экв)/100 г почвы; _____

- состав обменно поглощенных катионов в ППК; _____

- степень насыщенности ППК основаниями; _____

- pH почвенного раствора; _____

- буферность почвы; _____

- содержание гумуса в пахотном слое, %; _____

- содержание валового азота, %; _____

- содержание валового фосфора, %; _____

- содержание валового калия, %; _____

- содержание общих карбонатов, %. _____

Используя приведенные в тексте сведения о валовых запасах гумуса, фосфора и калия в пахотном слое почвы (в %), представьте эти запасы в т/га.

В таблице 1 задания указано содержание подвижных форм фосфора и калия в каждом поле севооборота. Определите среднее содержание этих элементов питания в целом по севообороту. Рассчитайте запасы доступных (подвижных, усвояемых) для растений форм фосфора и калия в кг д.в. на 1 га.

Для расчетов необходимо принять глубину пахотного слоя 0-25 см с плотностью почвы 1,2 т/м^3. Расчеты представить в таблице 3.

Таблица 3. **Запасы валовых (общих) и подвижных форм элементов минерального питания в пахотном слое почвы (0-25 см)**

Показатели	%	т/га	мг/100 г	кг/га
Азот (N)			-	-
Фосфор (P_2O_5)				
Калий (K_2O)				
Гумус			-	-

Приведенные показатели и результаты расчетов необходимо использовать для обоснования решения следующих вопросов:

1. Возможно ли применение на данных почвах удобрений, обладающих подкисляющим и подщелачивающим действием? Вывод обосновать исходя из буферности почвы, реакции почвенного раствора (pH), содержания карбонатов;

2. Обоснуйте выбор наиболее приемлемых форм фосфорных удобрений для использования на почвах Крыма, обладающих нейтральной и слабощелочной реакцией (pH ≥7);

3. Сделайте заключение о возможности применения высоких норм отдельных видов удобрений в запас (на 3-4 культуры). Ответ обосновать величиной емкости поглощения, поведением азотных, фосфорных и калийных удобрений в почве (потери элементов питания за счет миграции в глубокие слои почвы, улетучивания в атмосферу в газообразной форме).

4. Сделать заключение об ожидаемой сравнительной эффективности азотных, фосфорных и калийных удобрений. Для ответа используйте сведения о содержании валовых и подвижных форм элементов питания в почве (табл. 3). Сопоставьте эти величины с потребностью растений в элементах питания, которые для большинства культур характеризуется отношением: $N:P_2O_5:K_2O = 3:1:3$.

5. Сделать заключение о порядке ограничивающих факторов по элементам питания культур.

Ответ мотивируйте, используя следующие сведения:

- содержание элементов питания в почве;
- изменение отзывчивости культур на внесение азотных, фосфорных и калийных удобрений;
- влияние условий влагообеспеченности;
- влияние предшественника.

2.3. ХАРАКТЕРИСТИКА КУЛЬТУР СЕВООБОРОТА В СВЯЗИ С ИХ МИНЕРАЛЬНЫМ ПИТАНИЕМ И УДОБРЕНИЕМ

По каждой культуре своего севооборота привести следующие сведения:

1. Тип и распространение корневой системы в стороны и вглубь почвы (количественные характеристики):

- это свойство привлекайте для обоснования возможности культур использовать плодородие верхнего слоя почвы, а влагу и нитратный азот – из глубоких ее слоев. Указать значение такой возможности.

2. Способность усваивать фосфор и калий из труднодоступных соединений почвы:

- сделайте заключение об отзывчивости культур, обладающих таким свойством, на внесение фосфорно-калийных удобрений. Есть ли такие культуры в Вашем севообороте? Перечислите их в порядке снижения способности поглощать фосфаты и калий из труднорастворимых веществ. Как на практике использовать эту биологическую особенность культур при дефиците удобрений? Продемонстрируйте это на примере составления плана их применения в севообороте при недостаточной обеспеченности удобрениями.

3. Критические периоды в питании и периоды максимального потребления питательных веществ:

- приведите определения этих двух понятий.

- укажите наступление критического периода в питании всех культур Вашего севооборота. Используя сведения о динамике поглощения веществ по фазам развития растений, укажите фрагмент вегетационного периода, являющийся периодом наибольшего их поглощения.

- используйте указанные сведения для обоснования сроков внесения минеральных удобрений под культуры Вашего севооборота.

4. Отношение культур севооборота к реакции почвенного раствора, его концентрации, присутствию хлора в удобрениях, предрасположенности к накоплению нитратов в урожае:

Обобщите сведения о культурах севооборота в таблице 3 рабочей тетради.

Используя сведения по вопросам 1, 2, 3 и 4 предложите для отдельных культур наиболее приемлемые формы и сроки внесения минеральных удобрений, их сочетание с органическими удобрениями.

2.4. РАСЧЕТ НОРМ УДОБРЕНИЙ

2.4.1 Принцип метода

Привести описание метода расчета норм минеральных удобрений.

Существует много методов расчета норм удобрений. Они различаются степенью сложности, количеством учитываемых факторов, влияющих на продуктивность растений, уровнями использования плодородия почвы, планируемой величиной урожая или только его прибавкой и т.п.

Сотрудниками кафедры земледелия и агрономической химии разработан точный и очень экономичный *вариант нормативно-расчетного метода определения норм минеральных удобрений*. Его фундаментальной основой является полевой эксперимент с удобрением полевых, кормовых и овощных культур.

Решающее влияние на величину расчетной нормы элементов питания оказывают величина планируемой урожайности культуры, ее биологические особенности и содержание доступных форм элементов питания в почве, которое устанавливают при агрохимической паспортизации поля. В случае применения навоза, учитывают его действие и последействие.

Расчет норм минеральных удобрений производится по формуле

$$\mathbf{X = (У \cdot Б - Н \cdot С) \cdot П}, \text{ где:} \quad (3)$$

Х – норма удобрения, кг действующего вещества (д.в.) на 1 га;

У – планируемая урожайность культуры, ц/га;

Б – норматив внесения удобрений на создание 1 ц планируемой урожайности культуры, кг д.в.;

Н – норма навоза, внесенная под планируемую культуру, ее предшественник или предпредшественник, т/га;

С – поступление элементов питания для планируемой культуры из одной тонны навоза, зависящее от места его внесения в севообороте и условий влагообеспеченности, кг д.в./год;

П – множитель, зависящий от содержания в почве доступных форм фосфора (**Пр**) и калия (**Пк**). Содержание в почве доступных форм азота, в отличие от

фосфора и калия, резко колеблется во времени под влиянием погодных условий, культуры, системы обработки почвы, предшественников и т.п. Поэтому **П** – множитель для азота (**$П_N$**) всегда равен 1. Отмеченные особенности поведения азота в почве учтены в величинах норматива Б и предельных нормах азота, приведенных в таблице (Приложение 1).

Планируемая урожайность – **У** должна устанавливаться на уровне, достигнутом в хозяйстве или районе за последние годы (3–5 лет). По мере повышения культуры земледелия в хозяйстве и росте урожайности планируемый ее уровень постепенно повышают, устанавливая его на 5–10% выше достигнутого. Планируемая урожайность должна соответствовать почвенно-климатическим, технологическим и экономическим возможностям хозяйства.

Величины норматива **Б** для основных элементов минерального питания (**$Б_N$, $Б_P$, $Б_K$**) и различных сельскохозяйственных культур были установлены по результатам многочисленных полевых экспериментов с удобрением этих культур и представлены в таблице (Приложение 1). Величина норматива **Б** характеризует потребность культуры в элементе питания на формирование 1 ц планируемой урожайности, а произведение **У · Б** в приведенной выше формуле, выражает полную потребность культуры в элементе питания для создания запланированного уровня урожайности, т.е. представляет собой норму удобрения.

Величина этой нормы подвергается двум корректировкам. Первая корректировка связана с влиянием действия или последействия навоза. Культура, под которую внесен навоз, испытывает его действие, а следующая за ней – последействие. В орошаемых условиях последействие навоза проявляется лишь на одной культуре. На суходольных землях оно более продолжительно, заметно проявляясь на двух культурах.

Величины поступления элементов питания для планируемой культуры из одной тонны навоза **С**, в зависимости от места его внесения в севообороте, представлены в таблице (приложение 2). Произведение **Н · С**, в приведенной формуле характеризует размер участия той или иной нормы органического удобрения, внесенной в севообороте, в обеспечении планируемой культуры

элементами питания: азотом – **Н · C_N**, фосфором – **Н · C_P** и калием – **Н · C_K**. Поэтому культуры, испытывающие действие или последействие навоза, получают минеральные удобрения по разности (**У · Б** – **Н · С**) между полной их потребностью в элементах питания (**У · Б)** и величиной **Н · С**. Под культуры, на которые не распространяется влияние органических удобрений, вносят лишь минеральные удобрения, норма которых не уменьшается (**У · Б**).

Вторая корректировка нормы удобрения (**У · Б**) связана с содержанием элементов питания в почве в доступной растениям форме (подвижные, усвояемые). Чем оно выше, то есть чем плодороднее почва, тем меньше роль минеральных удобрений. Их нормы на высокоплодородных почвах существенно уменьшаются или в течение некоторого числа лет их внесение может быть неоправданным.

В связи с этим при расчете норм фосфорных и калийных удобрений необходимо использовать **П**-множитель. Его величины зависят от содержания в почве подвижных форм P_2O_5 (**$П_P$** – множитель) и K_2O (**$П_K$** – множитель), которое устанавливают при проведении агрохимической паспортизации поля и заносят в паспорт этого поля.

Из-за резко выраженной количественной и качественной трансформации в почве основных форм азота (NO_3^-, NH_4^+, $-NH_2$), являющихся источником потерь этого элемента питания за счет вертикальной миграции нитратов в глубокие слои почвы, улетучивания в атмосферу аммиака и оксидов азота, долгосрочная агрохимическая паспортизация полей по азоту в настоящее время не проводится. [5]. По этой причине **П**-множитель для азота (**$П_N$**) во всех случаях принимается равен 1.

Отмеченные особенности поведения азота в почве учтены в величинах норматива **$Б_N$** и предельных норм азота. В таблице (приложение 1) в графе «Предельная норма азота, кг N/га» указаны максимальные нормы этого элемента, допустимые для внесения под культуры. Превышение указанных величин может сопровождаться существенным возрастанием вероятности полегания растений, повреждением их болезнями и вредителями, накоплением избыточных количеств нитратного азота в кормах и овощах. Такая продукция не

пригодна для длительного хранения в свежем виде. При обычной агротехнике применение более высоких норм азота оказывается экономически нецелесообразным.

2.4.2. Расчет выхода полуперепревшего навоза от культур севооборота

Перед проведением расчетов норм органических и минеральных удобрений, подлежащих внесению, необходимо установить возможный выход навоза от культур севооборота. Полученное количество навоза может использоваться в данном севообороте и других севооборотах, где выход навоза оказывается недостаточным или его получение невозможно (овощные севообороты и др.).

Выход массы полуперепревшего навоза зависит от количества кормов и подстилки для животных, получаемых от культур севооборота, рассчитывают по формуле:

Навоз, т = 2 · (Воздушно сухое вещество кормов (в тоннах**) / 2) + воздушно сухое вещество подстилки (**в тоннах**)** (4)

Для выполнения расчетов в таблицу 4 переносят сведения об урожайности культур севооборота из таблицы 1. Выход соломы устанавливают в зависимости от соотношения зерно:солома в урожае разных культур:

- в урожае озимых культур, кукурузы, овса, сорго, подсолнечника, рапса оно составляет 1:1,5;
- в урожае ярового ячменя, проса, гречихи, сои, риса, льна – 1:1;
- выход жмыха, поступающего на корм, составляет 40% от урожая зерна подсолнечника.

Учитывая потребность хозяйства в кормах указать, какая часть урожая зерна и соломы зерновых культур будет использована на корм животным:

- установить доли урожая соломы для использования на подстилку и в качестве органического удобрения;
- установить место, или места в севообороте, где при заделке в почву каждой тонны соломы не потребуется дополнительного внесения на 1 га 10-12 кг азота;

- в расчетах исходить из того, что стебли льна, подсолнечника, рапса, сои и кукурузы на зерно во всех случаях оставляют в поле и заделывают в почву.
- урожай зеленых и сочных кормов пересчитывают на воздушно-сухое вещество, умножая его на следующие коэффициенты: злаковые и бобово-злаковые смеси – 0,25; крестоцветные и их смеси со злаками – 0,20; свекла кормовая, тыква – 0,15.

2.4.3. Расчет потребности севооборота в навозе

Вычисленное количество навоза будет использовано не только в данном севообороте. Поэтому, при расчете годовой потребности в навозе культур Вашего севооборота, нужно планировать его внесение в количестве 7-8 тонн на 1 га севооборотной площади в условиях суходола и 10-11 тонн при орошении. В этом случае складывается бездефицитный баланс гумуса в почве.

Если в севообороте имеются эксплуатационные поля, занятые люцерной или эспарцетом, то их исключают из расчета потребности севооборота в навозе. Это уменьшение норм навоза связано с тем, что лишь под покровом многолетних бобовых трав в почве формируется бездефицитный, а в случае достаточно высокой продуктивности (30-40 т зеленой массы с 1 га), – положительный баланс гумуса благодаря следующим биологическим особенностям этих культур:

1) Расход гумуса за счет его минерализации в почве под покровом многолетних трав, в сравнении с другими культурами, оказывается наименьшим и составляет около 0,6 т/га в год. Наибольшие величины его убыли формируются в полях, занятых черным паром (2,0 т/га), овощными культурами и картофелем (1,6 т/га), кукурузой на зерно (1,5 т/га);

2) С многолетними бобовыми травами не может сравниться ни одна другая культура по количеству корневой массы и надземных поукосных остатков, поступающих в почву, и участвующих в синтезе гумусовых веществ. Это обусловлено следующими причинами. Во-первых, тесной корреляцией между

высокой урожайностью надземной части (30-50 т зеленой массы с 1 га) и массой корней, и, во-вторых, тем, что лишь в биологическом урожае люцерны и эспарцета масса корневой системы превышает массу надземной части;
3) Из-за высокой насыщенности растительных остатков многолетних бобовых трав азотом, их доля, трансформирующаяся в гумус, оказывается наибольшей (22-25%) среди других культур.

Вследствие отмеченных биологических особенностей под покровом многолетних трав с продуктивностью 30-40 т/га масса вновь образованного гумуса в почве оказывается в 2-2,5 раза выше, чем его расход в процессах минерализации, а положительный баланс гумуса составляет около 1,5-1,9 т/га в год.

Бездефицитный баланс гумуса в почве может формироваться при заделке в почву достаточного количества побочной продукции зерновых и зернобобовых культур, рапса, подсолнечника. Специальными исследованиями установлено, что при заделке 1 т измельченной соломы пшеницы, ячменя в почве синтезируется такое же количество гумуса, как при запашке 3,4 т/га подстилочного навоза. Следовательно, внесение 8 т навоза на суходольных и 11 т на 1 га севооборотной площади орошаемых земель может быть замещено заделкой соломы в количестве 2,5 и 3,5 т/га соответственно.

При урожайности зерновых культур на суходоле 2-3 т зерна с 1 га и соотношении между зерном и соломой 1:1,5 масса заделываемой в почву соломы будет составлять 3,5-4,5 т/га, микробиологическая переработка которой должна обеспечить расширенное воспроизводство гумуса и такие поля можно исключать из расчета потребности севооборота в навозе.

Аналогичный подход должен применяться при формировании выводов при запашке побочной продукции урожая зернобобовых, масличных и других культур.

Если в севообороте имеются поля с заделкой в почву сидератов, то их также допустимо исключать из расчета необходимой для внесения нормы навоза.

2.4.4. Обоснование места внесения навоза в севообороте

После расчета потребности в навозе, необходимо обосновать место его внесения в севообороте. Если расчетная норма навоза окажется достаточно высокой (60-70 т/га), целесообразнее разделить ее на две части и обосновать места их внесения в предложенном севообороте.

Необходимо высказать свои соображения критического характера в оценке места внесения навоза в севообороте Вашего индивидуального задания в предшествующие годы. Покажите многообразие ролей основных видов органических удобрений в земледелии. В условиях дефицита навоза предложите альтернативные пути решения проблемы бездефицитного баланса гумуса в почве в севообороте Вашего задания.

2.4.5. Расчет норм минеральных удобрений

После решения проблемы с внесением органических удобрений необходимо приступить к расчету норм минеральных удобрений под культуры. Эти расчеты необходимо проводить с использованием рассмотренной ранее формулы **Х= (У · Б – Н · С) · П** (3)

Необходимые для расчетов значения **Б** – нормативов для различных сельскохозяйственных культур приведены в приложении 1. Величины **С**-нормативов, зависящие от времени внесения навоза в севообороте и условий влагообеспеченности, представлены в приложении 2. Величины **П**-множителей, зависящие от содержания подвижных форм фосфора и калия в почве, указаны в приложении 3.

Как отмечалось, агрохимическое обследование почв проводится периодически – один раз в пять лет. Содержание подвижного фосфора в почве, установленное в год проведения обследования, составившее, например, 3,1 мг P_2O_5/100 г почвы, соответствует высокой обеспеченности растений (> 3,0 мг P_2O_5/100 г почвы) и не предполагает внесение фосфорных удобрений ($\mathbf{П_P}$ = 0). При таком подходе уже через один–два года уровень содержания подвижного фосфора существенно снижается и возделывание культур без внесения фосфатов может оказаться малорентабельным из-за ограничивающего влия-

ния фосфатов. По этой причине исключительно большое значение приобретает прогноз изменения содержания подвижного фосфора в почве в пятилетнем временном интервале между последним и последующим туром агрохимической паспортизации земель.

Такой прогноз легко выполняется при использовании фосфат-модели проф. Колянда Н.К.:

$$\mathbf{p = (p_п + 0{,}0104\ P) \cdot (0{,}789 + 0{,}211e^{(-0{,}213\ (p_п + 0{,}0104P)})}, \text{ где:} \qquad (5)$$

$\mathbf{p_п}$ – содержание подвижных фосфатов по методу Мачигина под предшествующей культурой, мг P_2O_5 на 100 г почвы; (**р**-предшествующее);

р – их содержание под очередной культурой);

Р – доза $\mathbf{P_2O_5}$ под очередную культуру, кг/га, (в виде фосфата или навоза);

е – основание натуральных логарифмов (**е=2,71828**);

0,0104 – приращение подвижных фосфатов в 100 г почвы от внесения 1 кг $\mathbf{P_2O_5}$ на 1 га;

0,789 – предел отношения $\mathbf{p:p_п}$**;**

0,211 – предел отношения $\mathbf{(p_п\text{-}p)\ p_п}$**;**

-0,213 – индекс соотношения процессов мобилизации и иммобилизации подвижных фосфатов в почве.

Например, под предпредшественником в 2015 г. содержалось 2,28 мг $\mathbf{P_2O_5}$ на 100 г почвы **($p_п$ = 2,28),** под предшественник внесено 30 кг $\mathbf{P_2O_5}$ на 1 га **(Р = 30).** Тогда под предшественником в 2016 г. содержание P_2O_5 составит:

$$\mathbf{P = (2{,}28 + 0{,}0104 \cdot 30)\ (0{,}789 + 0{,}211e^{(-0{,}213\ (2{,}28 + 0{,}0104 * 30)}) = 2{,}36\ мг/100\ г.}$$

Содержание обменного калия под предшественником оставляют без изменений, так как это снижение незначительно и не влияет на урожайность культур севооборота и эффективность применяемых удобрений.

Вычисления по фосфат-модели (5) можно проводить на ЭВМ.

Эти вычисления можно провести и вручную на микрокалькуляторах, имеющих функцию $\mathbf{e^x}$. Порядок действий в приведенном выше примере следующий:

0,0104 ·30 + 2,28 = F П + · 0,213 /-/ = F e^x · 0,211 + 0,789 = F П→ x =, или

0,0104 · 30 + 2,28 = X→M · 0,213 /-/ = 2ndF e^x · 0,211 + 0,789 = MR =
На индикаторе появится ответ: **2,359...**

Таблица 5. **Пример корректировки содержания фосфора в почве по фосфат-модели**

Поле	Содержание фосфора в почве под предпредшественником, мг P_2O_5/100 г (из табл.1)	Внесено фосфора под предшественник			Прогноз содержания фосфора в почве под планируемой культурой, мг P_2O_5/100 г
		с навозом		с фосфорными удобрениями, кг P_2O_5/га	
		норма навоза, т/га	кг P_2O_5/га		
1	2,28			30	2,36
2	2,1	30	75	-	2,60
3	1,3			-	1,23
4					
5					
6					

Откорректированные уровни содержания подвижного фосфора в почве под предшественником используем для определения величины **$П_р$** – множителя (приложение 3), который применяем в формуле для расчета нормы фосфорного удобрения для планируемой культуры.

Таким образом, агроному необходимо вести корректировку содержания подвижного фосфора в почве во всех полях севооборотов в пятилетнем цикле между последним и предстоящим туром агрохимической паспортизации земель. В этом случае нормы фосфорных удобрений под планируемые культуры во все пять лет будут максимально приближаться к оптимальным нормам, обеспечивая наибольшую их окупаемость.

Расчет норм удобрений выполняют по формуле (3) и заносят результаты в графы 11, 12, 13 табл. 6.

При содержании менее 2,5 мг P_2O_5 в 100 г почвы, независимо от результатов расчетов, дополнительно следует планировать припосевное внесение фосфорных удобрений в дозе 7 кг P_2O_5/га для пропашных культур и 10 кг P_2O_5/га - для культур сплошного сева (графа 14).

Ситуация 1.

Культура – озимая пшеница по не бобовому предшественнику.

Планируемая урожайность – 60 ц/га (У=60)

Удобрение навозом - под предшественник внесено 50 т/га (Н=50)

Содержание P_2O_5 под предшественником, вычисленное по фосфат-модели - 2,36 мг на 100 г почвы (см. расчет на с. 21).

Содержание обменного калия – 28 мг K_2O на 100 г почвы.

Условия выращивания – при орошении.

В приложениях 1, 2, 3 находят:
$Б_N = 2,2$; $Б_P = 1,1$; $Б_K = 1,5$; предел $Д_N = 130$ кг/га
$С_N = 1,2$; $С_P = 0,4$; $С_K = 1,8$;
$П_N = 1,0$; $П_P = 0,6$; $П_K = 0$.
На основании этих данных по формуле 3 получают:
$X_N = (60 \cdot 2,2 – 50 \cdot 1,2) \cdot 1 = 72$ (округленно 70);
$X_P = (60 \cdot 1,1 – 50 \cdot 0) \cdot 0,6 = 39,6$ (округленно 40);
$X_K = (60 \cdot 1,5 – 50 \cdot 1,8) \cdot 0 = 0$
Следовательно, под озимую пшеницу следует внести $N_{70}P_{40}$ и P_{10} в рядки при посеве.

Для следующей культуры в данном поле будет содержаться: P_0 = **0,0104 · 40 + 2,36 = X→M · 0,213 /-/ = 2ndF e^x · 0,211 + 0,789 = · MR = 2,51**

<u>Примечание:</u>

1. Прямое действие навоза, внесенного под планируемую культуру, учитывают при расчете норм азота, фосфора и калия (X_N), (X_P), (X_K) по формуле (**3**).

2. Последействие навоза, внесенного под предшественник планируемой культуры, учитывают при расчете норм азота (X_N) и калия (X_K). Последействие фосфора учтено путем использования возросшего содержания P_2O_5 в почве, установленного по фосфат-модели.

3. Последействие навоза, внесенного под предпредшественник планируемой культуры учитывают только при расчете норм азота (X_N), так как фосфор и калий навоза уже учтены в результатах агрохимической паспортизации земель, если она проводится на следующий год после внесения навоза.

Ситуация 2.

Планируемая культура – кукуруза на силос.

Планируемая урожайность – 150 ц/га (У=150).

Содержание подвижного фосфора под предшественником, вычисленное по фосфат-модели, - 2,15 мг P_2O_5 на 100 г почвы.

Содержание обменного калия – 18 мг K_2O на 100 г почвы.

Удобрение навозом – 30 т/га непосредственно под кукурузу (Н=30).

Условия выращивания – без орошения.

В этой ситуации из приложений 1, 2, 3:

$\mathbf{Б_N}$ = 0,25; $\mathbf{Б_P}$ = 0,20; $\mathbf{Б_K}$ = 0,30;

$\mathbf{C_N}$ = 0,8; $\mathbf{C_P}$ = 0,8; $\mathbf{C_K}$ = 3,6;

$\mathbf{П_N}$ = 1,0; $\mathbf{П_P}$ = 0,6; $\mathbf{П_K}$ = 0,7.

Тогда расчеты показывают, что:

$X_N = (150 \cdot 0{,}25 – 30 \cdot 0{,}8) \cdot 1 = 14$

$X_P = (150 \cdot 0{,}2 – 30 \cdot 0{,}8) \cdot 0{,}6 = 4$

$X_K = (150 \cdot 0{,}3 – 30 \cdot 3{,}6) \cdot 0{,}7 = - 44$

Следовательно, под кукурузу в этой ситуации нужно внести 30 т/га навоза и P_7 в рядки при посеве. Калийные удобрения не требуются, так как поступление K_2O из навоза превышает потребность в нем, о чем свидетельствует отрицательный результат при вычислении X_K. Азотные и фосфорные удобрения здесь не вносят потому, что их расчетные дозы маленькие.

Для следующей культуры в данном поле будет содержаться:

$\mathbf{P_0 = 0{,}0104 \cdot 0 + 2{,}15 = X \rightarrow M \cdot 0{,}213 /-/ = 2ndF\ e^x \cdot 0{,}211 + 0{,}789 = \cdot MR = 1{,}98}$

Ситуация 3.

Культура – яровой ячмень с подсевом эспарцета.

Планируемая урожайность: ячменя – 35 ц/га (У = 35); эспарцета первого года (сено) – 32 ц/га (У = 32); второго года (зеленая масса) – 120 ц/га (У = 120).

Содержание подвижного фосфора под предшественником, вычисленное по фосфат-модели составляет 1,65 мг P_2O_5 на 100 г почвы.

Содержание обменного калия – 23 мг K_2O на 100 г почвы.

Удобрение навозом – не вносили два года и не планируется.

Условия выращивания – без орошения, предгорно-степная зона, семена эспарцета будут обработаны ризоторфином.

В этой ситуации фосфорные и калийные удобрения нужно внести в запас на три года под яровой ячмень, так как под эспарцет их внести с заделкой в почву на глубину 15-25 см технически невозможно.

В приложениях 1, 2, 3 находим:

Для ярового ячменя:
$Б_N$ = 2,0; **$Б_P$** = 1,1; **$Б_K$** = 1,5; предел X_N = 90кг/га.
Для эспарцета на сено:
$Б_N$ = 0; **$Б_P$** = 1,5; **$Б_K$** = 2,0; предел X_N = 40кг/га.
Для эспарцета (зеленая масса):
$Б_N$ = 0; **$Б_P$** = 0,3; **$Б_K$** = 0,4; предел X_N = 40кг/га.
Для двух культур:
$С_N$ = 0; **$С_P$** = 0; **$С_K$** = 0;
$П_N$ = 1; **$П_P$** = 0,8; **$П_K$** = 0,7.

С учетом этих данных нормы удобрений составят:

а) для ярового ячменя:

$X_N = (35 \cdot 2{,}0 – 0 \cdot 0) \cdot 1 = 70$
$X_P = (35 \cdot 1{,}1 – 0 \cdot 0) \cdot 0{,}8 = 31$
$X_K = (35 \cdot 1{,}5 – 0 \cdot 0) \cdot 0{,}7 = 37$

б) для эспарцета первого года пользования:

$X_N = (32 \cdot 0 – 0 \cdot 0) \cdot 1{,}0 = 0$
$X_P = (32 \cdot 1{,}5 – 0 \cdot 0) \cdot 0{,}8 = 38$
$X_K = (32 \cdot 2 – 0 \cdot 0) \cdot 0{,}7 = 45$

в) для эспарцета второго года пользования:

$X_N = (120 \cdot 0 – 0 \cdot 0) \cdot 1{,}0 = 0$
$X_P = (120 \cdot 0{,}3 – 0 \cdot 0) \cdot 0{,}8 = 28{,}8$
$X_K = (120 \cdot 0{,}4 – 0 \cdot 0) \cdot 0{,}7 = 33{,}6$

Следовательно, под яровой ячмень нужно внести $N_{70}P_{31+38+28,8}$ $K_{37+45+33,6}$ и P_{10} в рядки. На эспарцете удобрения применять не нужно, кроме P_{10} в рядки при посеве.

Содержание P_2O_5 под этими культурами будет следующим:

P_0 = **0,0104 · 98 + 1,65 = X→M · 0,213 /-/ = 2ndF e^x · 0,211 + 0,789 = ·MR = 2,42 мг под яровым ячменем;**

P_0 = **0,0104 · 0 + 2,42 = X→M · 0,213 /-/ = 2ndF e^x · 0,211 + 0,789 = ·MR = 2,21 мг под эспарцетом первого года;**

P_0 = **0,0104 · 0 + 2,21 = X→M · 0,213 /-/ = 2ndF e^x · 0,211 + 0,789 = ·MR = 2,03 мг под эспарцетом второго года.**

Это означает, что для культуры, следующей после эспарцета $P_п$= 2,03 мг P_2O_5 на 100 г почвы.

Ситуация 4.

Планируемая культура – озимая пшеница по пару.

Планируемая урожайность – 50 ц/га (У = 50).

Содержание подвижного фосфора под предшественником, вычисленное по фосфат-модели составляет 1,8 мг P_2O_5на 100 г почвы.

Содержание обменного калия - 19 мг K_2O на 100 г почвы.

Удобрение навозом - 40 т/га под закладку пара.

Условия возделывания – без орошения.

В этой ситуации поступление азота, фосфора и калия для озимой пшеницы из навоза происходит за счет его разложения в течение двух лет: под паром и под озимой пшеницей.

В приложениях 1, 2, 3 находим:
$\mathbf{Б_N}$ = 0; $\mathbf{Б_P}$ = 1,1; $\mathbf{Б_K}$ = 1,5;
В пару:
$\mathbf{С_N}$ = 0,8; $\mathbf{С_P}$ = 0,8; $\mathbf{С_K}$ = 3,6;
Под озимой пшеницей:
$\mathbf{С_N}$ = 1,0; $\mathbf{С_P}$ = 0,3; $\mathbf{С_K}$ = 1,2;
$\mathbf{П_N}$ = 1,0; $\mathbf{П_P}$ = 1,8; $\mathbf{П_K}$ = 1,0
Тогда:
$X_N = (50 \cdot 0 – [(40 \cdot 0,8) + 40 \cdot 1)] \cdot 1,0 = - 72$
$X_P = (50 \cdot 1,1 – [(40 \cdot 0,8) + 40 \cdot 0,3)] \cdot 0,8 = 11$
$X_K = (50 \cdot 1,5 – [(40 \cdot 3,6) + 40 \cdot 1,2)] \cdot 1,0 = - 117$
Следовательно, под пшеницу в этой ситуации необходимо внести 40 т/га навоза и P_{10} в рядки при посеве. Внесение минеральных удобрений, как и в ситуации 2, нецелесообразно.

Содержание P_2O_5 в паровом поле и под озимой пшеницей будет следующим:

P_0 = **0,0104 · 100 + 1,8 = X→M · 0,213 /-/ = 2ndF e^x · 0,211 + 0,789 = · MR = 2,57 мг** P_2O_5/100 г почвы **в пару;**

P_0 = **0,0104 · 0 + 2,57 = X→M · 0,213 /-/ = 2ndF e^x · 0,211 + 0,789 = · MR = 2,34 мг** P_2O_5/100 г почвы **под паровой пшеницей.**

Это означает, что для культуры, следующей после паровой пшеницы, содержание подвижных фосфатов в почве составит 2,34 мг P_2O_5/100 г почвы .

Результаты расчетов занести в таблицу 6.

Если по расчету количество элементов питания (в графах 11-13) окажется менее 15 кг P_2O_5 или 30 кг N и K_2O, основное их внесение и подкормки не планируют.

Под колонкой «**Итого**» этой таблицы 6 определить годовую потребность в азотных, фосфорных и калийных удобрениях путем суммирования соответствующих норм удобрений для каждой культуры. Полученные результаты

будут соответствовать полной (100%-й) обеспеченности хозяйства удобрениями.

Определить количество удобрений, соответствующее заданной обеспеченности хозяйства ими (см. задание, с. 6).

По разности между полной и заданной обеспеченностью удобрениями установить их дефицит.

Таблица 7. **Расчет норм минеральных удобрений, кг д.в./га**

№ поля	Планируемая культура	Урожайность (У), ц/га	Содержание в почве, мг/100 г		П–множитель		Б–норматив			Требуется на планируемый урожай, кг д.в./га			Припосевное внесение, кг д.в./га	Итого, кг д.в./га		
			P_2O_5 (прогноз)	K_2O	**Р**	**К**	**N**	**Р**	**К**	**N**	**Р**	**К**	**Р**	**N**	**Р**	**К**
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
1																
2																
3																
4																
5																
6																
Всего					при полной обеспеченности удобрениями											
					при заданной обеспеченности удобрениями											
					дефицит (недостаток) удобрений											

2.4.6. Составление плана применения удобрений

Таблица 7. План применения удобрений (пример)

№ поля	Культура	Удобрение	Расчетные дозы д.в., кг/га	Дозы при фактической обеспеченности по:		Способы и сроки внесения
				д.в., кг/га	навоз, т/га; мин.уд, ц/га	
1	2	3	4	5	6	7
1	Черный пар					
		Навоз	-	-	40 т	Под осн. обр., ноябрь-февраль
2	Озимая пшеница	Рсг	10	10	0,5	При посеве, 1-2 дек. октября
		Nм	30	-	-	Некорневая подкормка, 3 дек. мая
3	Озимый ячмень	Рсг	50	45	2,3	Под осн. обр., 2-3 дек. июля
		Кх	30	-	-	-
		Naa	60	60	1,7	В предпос. обр., 1-2 дек. октября
		Рсг	10	10	0,5	При посеве, 1-2 дек. октября
		3	4	5	6	7
		Naa	60	30	0,9	Подкормка по мерзлоталой почве, январь-февраль

Условные обозначения удобрений:
Naa - аммиачная (аммонийная) селитра;
Na - сульфат аммония;
Nм - карбамид (мочевина);
Рсг - простой гранулированный суперфосфат;
Рс - простой порошковидный суперфосфат;
Кк - калийная соль;
Кс - сульфат калия;
Кх - хлорид калия;
Раф - аммофос.

Например, перед закладкой пара (поле 1) было внесено 40 т навоза на 1 га. Основное внесение фосфора и калия оказалось нецелесообразным.

Потребовалось лишь внесение су- перфосфата при посеве с семенами, так как содержание подвижного фосфора в почве составляло менее 2,5 мг P_2O_5/100 г почвы.

При наличии азотных удобрений и результатах листовой диагностики, свидетельствующих о целесообразности проведения некорневой подкормки посева озимой пшеницы, ее проводят 10 % раствором мочевины в дозе 20-30 кг азота на 1 га в дополнение к расчетным нормам азота.

Расчетные нормы удобрений под озимый ячмень составили: 50 кг/га P_2O_5, 30 кг/га K_2O и 120 кг/га азота. Припосевное фосфорное удобрение (P_{10}) также оказалось целесообразным (содержание подвижного фосфора в почве составляло менее 2,5 мг/100 г). В таких случаях P_{10} вносят в дополнение к расчетным нормам P_2O_5.

При этом расчетные нормы удобрений дробят на дозы в соответствии с выводами, сделанными в предыдущих разделах, выдерживая производственную последовательность применения удобрений.

В случае внесения фосфатов и калия в запас, например, под покровную культуру и многолетние травы, в графе 4 записывают суммарные нормы. Выбор сроков и способов внесения удобрений нужно привести в тексте.

После этого составляют план применения удобрений при фактической обеспеченности хозяйства (табл.7, графы 5, 6). Сокращение их доз под ту или иную культуру также следует обосновать, учитывая:

1) водообеспеченность культуры;

2) биологические особенности (усвояющая способность, длительность вегетации, особенности динамики поглощения);

3) обеспеченность почвы питательными элементами;

4) предшественник и его удобренность;

5) экономическую значимость культуры.

2.5. РАСЧЕТ БАЛАНСА ПИТАТЕЛЬНЫХ ВЕЩЕСТВ В ПОЧВЕ

Дайте определение понятия баланс элементов питания в почве. Укажите виды баланса. Отметьте практическую значимость баланса питательных веществ в почве.

Составление баланса необходимо для того, чтобы выяснить компенсируют ли удобрения вынос питательных веществ из почвы урожаями. Сведения о выносе элементов питания с 1 тонной урожая представлены в приложении 4.

Для этого в таблице 8 вычисляют вынос элементов питания, культурами севооборота, используя планируемую урожайность и вынос элемента питания с 1 т основной и соответствующим количеством побочной продукции, если ее также убирают с поля.

Затем из таблицы 6 берут сумму элементов питания, подлежащих внесению в севообороте при фактической обеспеченности удобрениями, валовое количество N, P, K в навозе, внесенном под планируемую культуру, и количество азота, который поступит в почву от многолетних бобовых культур. Одна тонна навоза содержит 5 кг азота, 2,5 кг P_2O_5 и 6 кг K_2O.

При расчете не следует включать в вынос количество азота, отчуждаемого бобовыми культурами. Если в севообороте имеются многолетние бобовые травы, то они оставляют после себя в почве примерно 3 кг азота на 1 т зеленой массы, или 15 кг на 1 т сена.

При расчете баланса калия следует иметь в виду, что при уборке подсолнечника до 90% выноса калия возвращается в почву с пожнивными остатками.

По разности между поступлением и выносом элементов питания определяют их баланс (в кг/га) и рассчитывают коэффициент возврата. Затем дают характеристику баланса и предложения по его оптимизации.

При характеристике баланса элемен- тов питания в севообороте необходимо исходить из того, что коэффициенты возврата азота, фосфора и калия в условиях Крыма, обеспечивающие высокие уровни урожайности и окупаемости удобрений, должны составлять не менее 85-90% по азоту, 100% по фосфору и 50% по калию [12].

Таблица 8. Расчет баланса питательных веществ в почве

№ поля	Планируемая культура	Урожайность, ц/га	Вынос, кг д. в.					
			N		P_2O_5		K_2O	
			на 1 т	с 1 га	на 1 т	с 1 га	на 1 т	с 1 га
1								
2								
3								
4								
5								
6								
7								
8								
Итого вынос								
Внесено								
• с минеральными удобрениями								
• с навозом								
• поступило азота от многолетних бобовых культур								
Всего поступило								
Баланс в севообороте **(+)**, кг/га								
Коэффициент возврата, %								

РАБОЧАЯ ТЕТРАДЬ
ДЛЯ ВЫПОЛНЕНИЯ ПРОЕКТНОЙ РАБОТЫ
«ПРОЕКТИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ ПРИМЕНЕНИЯ УДОБРЕНИЙ В СЕВООБОРОТЕ»

по дисциплине «Агрохимия»

Обучающегося(йся) ___ курса
Форма обучения _____
Направление подготовки 35.06.01 Сельское хозяйство

_____
Ф.И.О. (полностью)

Руководитель _____
должность, фамилия и инициалы

Оценка по национальной шкале _____
Количество баллов _____ Оценка ECTS _____
Преподаватель _____

Симферополь – 20___

ВВЕДЕНИЕ

Таблица – 1. **Задание № ___**

Республика Крым _____ район
Агропредприятие_____
Метеостанция _____

№ поля	Предпредшественник			Предшественник		Планируемая культура	Урожай-ность (У), ц/га
	содержание, мг/100 г почвы		внесено навоза,	внесено			
	P_2O_5	K_2O	т/га	навоза, т/га	P_2O_5,кг/га		
1							
2							
3							
4							
5							
6							
7							
8							

Обеспеченность хозяйства удобрениями от полной потребности (%):

азотными _____; фосфорными _____ ; калийными _____ .

Севооборот размещен на орошаемых (неорошаемых) землях (подчеркнуть).

1. ХАРАКТЕРИСТИКА КЛИМАТИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ В СВЯЗИ С ПРИМЕНЕНИЕМ УДОБРЕНИЙ

Таблица 2 – Климатические условия (по средним многолетним данным)
Метеостанция _____

Показатели	Месяцы												Сумма или среднее, за год (за период вегетации)
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
Атмосферные осадки, мм*													
Температура воздуха, ^{0}С**													
Дефицит его влажности Д, мбар*													
Испаряемость, $Е_{мес.}$, мм*													

Примечание: * сумма за год и за период вегетации культуры;
** среднее за год и за период вегетации культуры.

Таблица 3 – Коэффициент увлажнения культур

№ поля	Культура	Период вегетации	Сумма осадков (Р), мм	Испаряемость (Е), мм	Коэффициент увлажнения (К)
1					
2					
4					
5					
6					
7					
8					

Сделать выводы об эффективности удобрений в соответствии с требованиями методических указаний.

2. ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ УДОБРЕНИЙ В СВЯЗИ С АГРОХИМИЧЕСКИМИ СВОЙСТВАМИ ПОЧВЫ

По почвенной карте определите тип почвы, наиболее представленный в Вашем районе (хозяйстве). Дайте его характеристику с обязательным указанием в тексте агрохимических свойств, указанных в методических указаниях.

Таблица 3 – Запасы валовых (общих) и подвижных форм элементов минерального питания в пахотном слое почвы (глубина 0-25 см,) объемная масса 1,2)

Показатели	%	т/га	мг/100 г	кг/га
Азот (N)			-	-
Фосфор (P_2O_5)				
Калий (K_2O)				
Гумус			-	-

Приведенные показатели и результаты расчетов необходимо использовать для обоснования решения вопросов, указанных в методических указаниях.

3. ХАРАКТЕРИСТИКА КУЛЬТУР СЕВООБОРОТА В СВЯЗИ С ИХ МИНЕРАЛЬНЫМ ПИТАНИЕМ

Руководствуясь методическими указаниями, по каждой культуре Вашего севооборота из литературных источников приведите сведения сначала в тексте, а затем обобщите их в сводной таблице 4.

Таблица 4 – Сводные данные по характеристике культур севооборота

Культура	Корневая система			Отношение к реакции почвенного растворах (pH), его концентрации, присутствию хлора в удобрениях, предрасположенности к накоплению нитратов в урожае	Требования к плодородию почвы
	тип (стержневая, мочковатая)	архитектоника (распространение по глубине и ширине)	усвояющая способность труднодоступных соединений фосфора и калия почвы		
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					

Продолжение таблицы 4 – Сводные данные по характеристике культур севооборота

Культура	Периоды в минеральном питании		Вынос, кг д.в. на 1 т		
	критический период	период максимального потребления	а) основной продукции с учетом побочной б) без побочной продукции		
			N	P_2O_5	K_2O
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					

Используя сведения по вопросам 1, 2, 3 и 4 методических указаний, предложите для отдельных культур наиболее приемлемые формы и сроки внесения минеральных удобрений, их сочетание с органическими удобрениями.

4. РАСЧЕТ НОРМ УДОБРЕНИЙ

4.1. Принцип метода

Опишите его сущность, руководствуясь требованиями методических указаний.

4.2. Расчет выхода полуперепревшего навоза

Таблица 5 – Расчет выхода полуперепревшего навоза от культур севооборота

№ поля	Культура	Урожайность, т/га					Пересчет на воздушно-сухое вещество, т/га	
		Зерно	Вегетативная масса, солома	Использование, в том числе			корм	подстилка
				на корм	на подстилку	заделка соломы в почву		
1								
2								
3								
4								
5								
6								
7								
8								
ВСЕГО								

1. Рассчитайте выход полуперепревшего навоза, руководствуясь методическими указаниями

2. Дайте характеристику навоза, как органического удобрения многостороннего действия.

4.3. Расчет потребности севооборота в навозе

Сделать выводы, соответствует ли по количеству выход навоза от севооборота потребности этого севооборота в навозе.

В случае дефицита навоза предложите, как решить проблему бездефицитного баланса гумуса в почве.

4.4. Обоснование места внесения навоза в севообороте

4.5. Расчет норм минеральных удобрений

Таблица 6 – Корректировка содержания подвижного фосфора в почве

№ поля	Содержание фосфора в почве под предпредшественником, мг P_2O_5/100 г (из табл.1)	Внесено фосфора под предшественник			Прогноз содержания фосфора в почве под планируемой культурой, мг P_2O_5/100 г
		с навозом		с фосфорными удобрениями, кг P_2O_5/га	
		норма навоза, т/га	кг P_2O_5/га		
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					

Анализ полученных результатов и выводы.

Расчет норм минеральных удобрений выполняют по формуле (**3**) для всех культур севооборота в соответствии с ситуациями, описанными в методических указаниях. При этом учитывается прогноз содержания подвижного фосфора в почве для последующей культуры.

Результаты расчета норм минеральных удобрений заносят в соответствующие графы таблицы 7.

Таблица 7 – Расчет норм минеральных удобрений

№ поля	Планируемая культура	Урожайность (У), ц/га	Содержание в почве, мг/100 г		П–множитель		Б–норматив			Требуется на планируемый урожай, кг д.в./га			Припосевное внесение, кг д.в./га	Итого, кг д.в./га		
			P_2O_5 (прогноз)	K_2O	**Р**	**К**	**N**	**Р**	**К**	**N**	**Р**	**К**	**Р**	**N**	**Р**	**К**
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
1																
2																
3																
4																
5																
6																
7																
8																
ВСЕГО					при полной обеспеченности удобрениями											
					при заданной обеспеченности удобрениями											
					дефицит (недостаток) удобрений											

4.6. СОСТАВЛЕНИЕ ПЛАНА ПРИМЕНЕНИЯ УДОБРЕНИЙ

Таблица 8 – План применения удобрений в севообороте (при полной и заданной обеспеченности удобрениями)

№ поля	Культура	Удобрение	Расчетные дозы, кг д.в. на 1 га	Дозы при заданной обеспеченности		Способы и сроки внесения удобрений
				кг д.в. на 1 га	навоза, т/га; минеральных удобрений, ц/га	
1	2	3	4	5	6	7
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						

Руководствуясь методическими указаниями обоснуйте:

- дробление норм удобрений на дозы;
- сроки и способы внесения удобрений, глубину их заделки в почву;
- уменьшение норм и доз удобрений при их дефиците.

5. БАЛАНС ЭЛЕМЕНТОВ ПИТАНИЯ В ПОЧВЕ

Дать определение понятию баланс элементов питания. Виды баланса элементов питания в почве и их практическая значимость.

Таблица 9 – Расчет баланса питательных веществ в почве

№ поля	Планируемая культура	Урожайность, ц/га	Вынос, кг д. в.					
			N		P_2O_5		K_2O	
			на 1 т	с 1 га	на 1 т	с 1 га	на 1 т	с 1 га
1								
2								
3								
4								
5								
6								
7								
8								
Итого вынос								
Внесено								
• с минеральными удобрениями								
• с навозом								
• поступило азота от многолетних бобовых культур								
Всего поступило								
Баланс в севообороте **(±)**, кг/га								
Коэффициент возврата, %								

Дайте оценку фактически сложившемуся балансу элементов питания в почве, используя критерии, приведенные в методических указаниях.

Перечень обязательных вопросов, на которые необходимо заготовить ответы для защиты проектной работы

Знать:

1. Роль влагообеспеченности в жизни и питании растений, их продуктивности, отзывчивости на внесение удобрений.
2. Критические периоды в питании растений, период максимального поглощения питательных веществ. Роль обеспеченности растений элементами питания и влагой в эти периоды.
3. Сроки внесения азота под озимые в зависимости от предшественника, норм удобрений, условий увлажнения.
4. Сущность основных агрохимических свойств почвы и их значение при применении удобрений: сроки, способы внесения, глубина заделки в почву.
5. Поглотительные свойства почвы, их роль в применении удобрений.
6. Сущность и значение агрохимической паспортизации земель сельскохозяйственного назначения;
7. Свойства основных минеральных удобрений:

– аммонийная селитра ($N_{аа}$), сульфат аммония ($N_с$), карбамид ($N_м$), суперфосфат простой ($P_с$) и двойной, хлорид калия ($K_х$), сульфат калия ($K_с$), аммофос, нитрофосы, нитрофоски по следующим показателям:

– формула удобрения, % д.в., взаимодействие с почвой, правила внесения (сроки, способы, глубина заделки, возможность и целесообразность использования в подкормку).

Порядок написания работы проектной работы

1. Оформление титульного листа.
2. Задание к работе.
3. Значение агрохимической паспортизации земель сельскохозяйственного назначения.
4. Биологические особенности культур севооборота в связи с питанием и удобрением.
5. Расчет прогноза содержания подвижного фосфора в полях севооборота.
6. Расчет потребности севооборота в навозе. Обоснование места и способа его внесения в севообороте.
7. Расчет норм минеральных удобрений под культуры севооборота.
8. Обоснование форм минеральных удобрений и расчет их норм в физической массе в полях севооборота.
9. Обоснование способов и сроков внесения минеральных удобрений.
10. Расчет баланса элементов питания в почве севооборота.

При написании проектной работы следует учесть, что номера таблиц в тексте рабочей тетради и методических указаний не совпадают.

ЛИТЕРАТУРА

1. Агроклиматический справочник по Крымской области. – Л.: Гидрометеоиздат. – 136 с.

2. Агрохімія: Підручник для студентів вищих навчальних закладів / Городній М.М., Мельник С.І., Малиновський А.С. та ін. – 2-е видання. – К.: ТОВ «Алефа», 2003. – 775 с.

3. Бонитировка и качественная оценка почв: Учебно-методическое пособие / В.С. Цховребов, В.И. Фаизова, А.Н. Марьин, А.А. Новиков, Д.В. Калугин, А.М. Никифорова, Л.Ю. Чистоглядова. – Ставрополь: Параграф, 2011. – 61 с.

4. Визначення науково обґрунтованої потреби у мінеральних добривах під запланований урожай сільськогосподарських культур: Методичні рекомендації. – Київ, 2008. – 39 с.

5. Гапиенко А.А., Кискачи А.В., Скляр С.И. Удобрение полевых, овощных и многолетних культур: Уч. Пособие. – Симферополь: Таврида, 1999. – 112 с.

6. Гапиенко А.А., Сычевский М.Е. Методика агрохимической паспортизации земель сельскохозяйственного назначения и практического использования ее результатов / Симферополь, 2009. – 26 с.

7. Котов В.П. Биологические основы получения высоких урожаев овощных культур: Учебное пособие. – СПб; М.; Краснодар: Лань, 2010. – 128 с.

8. Лабораторный практикум по агрохимии для агрономических специальностей: учебное пособие /А.Н. Есаулко, В.В. Агеев, А.И. Подколзин, Ю.И. Гречишкина. – Ставрополь: СтГАУ, 2010. – 276 с. – https://e.lanbook.com/book/5747.

9. Минеев, В.Г. Агрохимия: Учебник для вузов / В.Г. Минеев. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Изд-во МГУ «КолосС», 2004. – 720 с.

10. Минеев, В.Г. Практикум по агрохимии : Учебное пособие. – 2-е изд., перераб. и доп. / Под ред. академика РАСХН В.Г. Минеева. – М.: Изд-во МГУ, 2001.– 689 с. URL: https://www.studmed.ru/mineev-vg-red-praktikum-po-agrohimii_35e492d3fe8.html

11. Научно обоснованная система земледелия республики Крым / Под ред. Е.В. Николаева, В.П. Гордиенко. – Симферополь, 1994. – 352 с.

12. Научное обоснование основных направлений развития агропромышленного комплекса Крыма в условиях рыночного производства / Под ред. Е.В. Николаева. – Симферополь: Таврия, 2004. – 312 с.

13. Половицкий И.Я., Гусев П.Г. Почвы Крыма и повышение их плодородия: Справочное издание. – Симферополь: Таврия, 1987. – 152 с.

14. Справочник по минеральным удобрениям: Теория и практика применения / Под ред. М.В. Каталымова. – М.: Сельхозгиз, 1960. – 551с.

15. Сычевский М.Е. Баланс элементов питания в земледелии Крыма и охрана окружающей среды/ сельскохозяйственное производство и экология Крыма / Тезисы доклада II республиканской научно-практической конференции (8 апреля 1992 г.). - «Сельскохозяйственное производство и экология Крыма», часть II. – Симферополь, 1992. – С. 65-67.

16. Тараканов Г.И., Мухина В.Д. Овощеводство: Учебник. – М.: Колос, 2005. – 403 с.

17. Технология производства и хранения овощей, бахчевых культур и картофеля: Учебное пособие / Турбин В.А., Деменьев Ю.Н., Резник Н.Г., Кеньо И.М.. Тигунова И.Е., Соколов А.С. – Симферополь: ЮФ НУБиП Украины «КАТУ», 2013. – 56 с.

18. Ягодин, Б.А. Агрохимия : учебник / Б.А. Ягодин, Ю.П. Жуков, В.И. Кобзаренко. — 2-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2016. — 584 с. — ISBN 978-5-8114-2136-7. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система «Лань» : [сайт]. — URL: https://e.lanbook.com/book/87600.

ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение 1

Б - нормативы для полевых и овощных культур, кг д.в. на 1 ц основной продукции

Культура	Удобрения			Предельная норма азота, кг/га
	Азотные	Фосфорные	Калийные	
1	2	3	4	5
БЕЗ ОРОШЕНИЯ				
Озимая пшеница по чистому пару	0,00	1,10	1,50	Нет/40
Озимая пшеница по занятому пару	1,70	1,10	1,50	60/100
Оз. пшеница, ячмень, рожь на зерно по непаровым предшественникам	2,20	1,10	1,50	80/120
Яровой ячмень, овес	2,00	1,10	1,50	60/90
Кукуруза, сорго на зерно	1,30	1,00	1,50	40/60
Зернобобовые: горох, вика	1,00	1,80	2,00	30/40
Подсолнечник	2,00	2,00	2,00	40/60
Рапс, перко, горчица на семена	2,50	2,00	2,00	60/90
Лен масличный	4,00	3,00	4,00	35/45
Клещевина	3,00	2,00	2,00	30/45
Табак (скелетные сорта)	2,50	2,00	4,00	40/60
Бахчевые	0,30	0,15	0,60	60/90
Бобово-злаковые смеси, сено	1,25	1,00	1,50	40/60
Кукуруза, сорго, суданская трава, подсолнечник, зеленая масса	0,25	0,20	0,30	40/60
Суданская трава, сено	1,25	1,00	1,50	40/60
Озимые злаки, зеленая масса	0,40	0,25	0,30	70/80
Эспарцет, сено	1,00	1,50	2,00	30/40
Крестоцветные, их смеси со злаками, зеленая масса	0,40	0,25	0,40	70/90
Бобово-злаковые смеси, зеленая масса	0,25	0,20	0,30	40/60
Эспарцет, зеленая масса	0,20	0,30	0,40	30/40
Шалфей (соцветия)	0,60	0,20	0,30	
Лаванда (соцветия)	2,00	0,70	3,00	
Роза эфиромасличная (цветки)	1,50	0,50	1,60	
ПРИ ОРОШЕНИИ				
Оз. пшеница после люцерны	1,30	1,10	1,50	80
Оз. пшеница и ячмень после сои, по обороту пласта люцерны	1,50	1,10	1,50	110
Оз. пшеница и ячмень после небобовых предшественников	2,20	1,10	1,50	130
Яровой ячмень на зерно, покровная культура	2,50	1,00	1,50	100
1	2	3	4	5
Кукуруза на зерно после люцерны	0,80	1,00	1,50	80
Сорго и кукуруза на зерно по другим предшественникам	1,50	1,00	1,50	140
Соя, горох, вика, фасоль	1,00	1,80	2,00	30

1	2	3	4	5
Рис после люцерны	0,50	1,00	2,00	60
Рис по обороту пласта люцерны	1,70	1,00	2,00	110
Рис по рису	2,20	1,00	2,00	140
Рапс, перко, горчица на семена	2,50	2,00	2,00	100
Озимые злаки, зеленая масса	0,40	0,25	0,30	100
Кукуруза, подсолнечник, суданская трава, зеленая масса	0,25	0,20	0,30	120
Свекла кормовая, полусахарная	0, 10	0,08	0,11	120
Крестоцветные и их смеси со злаками, зеленая масса	0,40	0,25	0,40	90
Бобово-злаковые смеси, зеленая масса	0,25	0,20	0,30	60
Люцерна, зеленая масса	0	0,17	0,20	0
Сорго-суданковые гибриды, зеленая масса	0,15	0,10	0,10	150
Озимые злаки на сено	2,00	1,25	1,50	100
Бобово-злаковые смеси на сено	1,25	1,00	1,50	60
Суданская трава на сено	1,25	1,00	1,50	120
Люцерна на сено	0	0,80	1,20	0
Поукосные на зерно (гречиха, просо, подсолнечник)	3,50	1,50	2,00	90
Поукосные на зерно (кукуруза, сорго)	2,00	1,00	1,50	140
Поукосные на зеленую массу (бобово-злаковые смеси)	0,35	0,20	0,30	90
Поукосные на зеленую массу (кукуруза, сорго)	0,30	0,20	0,30	100
Пожнивные на зеленую массу (кукуруза, сорго)	0,35	0,20	0,30	100
Бахчевые	0,30	0,15	0,60	100
Томаты после люцерны	0,15	0,30	0,30	80
Томаты по другим предшественникам	0,25	0,25	0,30	120
Перец, баклажаны	0,60	0,40	0,70	90
Огурцы	0,50	0,30	0,50	100
Капуста ранняя	0,40	0,30	0,30	90
Капуста средняя и поздняя после люцерны	0,15	0,20	0,30	80
Капуста средняя и поздняя по другим предшественникам	0,25	0,20	0,30	120
Корнеплоды столовые	0,30	0,20	0,25	90
Лук	0,20	0,15	0,15	60
Редис	0,50	0,30	0,60	60
Картофель	0,40	0,30	0,50	90

*При выращивании культур без орошения: первое число для степной, второе – для предгорно-степной зоны Крыма.

Приложение 2

С-нормативы (поступление N, P_2O_5, K_2O для планируемой культуры из 1 т навоза, кг д.в./год)

Место внесения навоза в севообороте	При орошении			Без орошения		
	C_N	C_P	C_K	C_N	C_P	C_K
Под планируемую культуру	1,4	0,8	3,6	0,8	0,8	3,6
Под предшественник	1,2	0*	1,8	1,0	0*	1,2
Под предпредшественник	-	-	-	0,4	0*	0

0* Примечание. Последействие фосфатов в составе навоза проще учитывать через повышение уровня прогнозируемого содержания подвижного фосфора в почве, поэтому множитель $C_P = 0$.

Приложение 3

П-множитель для южных черноземов и каштановых почв

Содержание P_2O_5, мг/100 г почвы	$П_P$	Содержание K_2O, мг/100 г почвы	$П_K$	$П_N$
< 1	1,5	< 10	2,1	1,0
1,01-1,5	1,0	10,1-15	1,4	1,0
1,51-2	0,8	15,1-20	1,0	1,0
2,01-2,5	0,6	20,1-25	0,7	1,0
2,51-3	0,4	25,1-30	0	1,0
> 3,0	0	> 30	0	1,0

Приложение 4

Примерный вынос сельскохозяйственными культурами питательных веществ с 1 тонной урожая, кг д.в.

№ п/п	Культуры	Вынос питательных веществ		
		N	P_2O_5	K_2O
1.	Пшеница озимая на зерно	31,0	9,0	23,0
2.	Пшеница озимая без соломы	22,9	6,6	9,5
3.	Рожь озимая на зерно	28,3	9,4	26,0
4.	Рожь озимая без соломы	17,5	5,8	6,0
5.	Рапс озимый на семена	22,9	10,7	6,1
6.	Ячмень озимый и яровой	30,5	9,7	25,5
7.	Овес	29,0	9,4	29,0
8.	Сорго без стеблей	16,8	9,0	3,7
9.	Просо	32,6	8,8	34,1
10.	Гречиха	30,3	10,8	40,0
11.	Рис	22,0	10,0	30,0
12.	Кукуруза на зерно	27,5	8,2	37,0
13.	Кукуруза на зерно без стеблей	15,3	5,9	8,6
13.	Лен масличный на семена без соломы	36,3	11,5	10,0
14.	Подсолнечник на семена без стеблей	25,5	9,9	9,6
15.	Горох	50,7	10,3	20,0
	Горох без стеблей	40,1	7,8	10,0
16.	Соя	74,2	15,0	20,1
17.	Соя без соломы	56,0	12,4	10,4
18.	Вика на семена	62,6	12,5	20,5
19.	Эспарцет на семена	83,5	13,3	22,0
20.	Донник на семена	82,4	11,1	25,0
21.	Бобовые культуры на зеленую массу	6,8	1,35	3,5
22.	Злаково-бобовые смеси на зеленую массу	4,8	1,28	4,5
23.	Злаковые культуры на зеленую массу	4,4	1,4	4,5
24.	Кукуруза, сорговые культуры на зеленую массу	3,5	1,15	4,5
25.	Подсолнечник на зеленую массу	3,7	1,15	10,4
26.	Рожь + рапс на зеленую массу	3,6	1,6	4,5
27.	Рапс на зеленую массу	4,0	1,6	4,6
28.	Картофель	6,5	2,1	11,1
29.	Картофель без ботвы	3,6	1,4	6,0
30.	Свекла кормовая	3,17	0,92	4,8
31.	Свекла кормовая без ботвы	2,19	0,69	4,2
32.	Свекла полусахарная	4,25	1,15	5,4
33.	Свекла полусахарная без ботвы	2,45	0,69	3,5
34.	Сено бобовых культур	19,5	4,1	15,0
35.	Сено бобово-злаковых культур	13,9	4,3	20,0
36.	Сено злаковых культур	12,9	3,7	24,0
37.	Табак листья	24,5	6,6	50,9

«АГРОХИМИЯ»
Методические рекомендации
для проведения практических занятий
Составитель: Скляр Степан Иванович
Подписано к печати «___» _____ 2020 г.
Формат _____, объем _____ п.л.
Заказ № _____Тираж _____экз.
Отпечатано в АТА, г. Симферополь