

**ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ
ПО АГРОНОМИЧЕСКОЙ ХИМИИ**

Учебное пособие



КРАСНОЯРСК 2022

Министерство сельского хозяйства Российской Федерации
ФГБОУ ВО «Красноярский государственный аграрный университет»

Е.Н. Белоусова

**ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ
ПО АГРОНОМИЧЕСКОЙ ХИМИИ**

Рекомендовано учебно-методическим советом федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Красноярский государственный аграрный университет» для межвузовского использования в качестве учебного пособия для студентов, обучающихся по направлению 44.03.04 – Профессиональное обучение (по отраслям), направленность «Агрономия»

Электронное издание

Красноярск 2022

ББК 44.152я73

Б 43

Рецензенты:

А.А. Шнедт, д-р с.-х. наук, директор ФГБНУ «ФИЦ Красноярский научный центр Сибирского отделения Российской академии наук»

Ю.В. Бабиченко, канд. биол. наук, ведущий специалист-эксперт отдела государственного земельного надзора управления Россельхознадзора по Красноярскому краю

Б 43 **Белоусова, Е.Н.**
Лабораторный практикум по агрохимической химии [Электронный ресурс]: учебное пособие / Е.Н. Белоусова; Красноярский государственный аграрный университет. – Красноярск, 2022. – 259 с.

Издание включает теоретическую часть, задачи и упражнения, вопросы к семинару, тестовые задания, вопросы к коллоквиуму, литературу, приложения.

Предназначено для проведения лабораторно-практических занятий по дисциплине «Агрохимия» для студентов очной формы обучения по направлению 44.03.04 – Профессиональное обучение (по отраслям), направленность «Агрономия».

ББК 44.152я73

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение.....	6
1 Организация лабораторного практикума.....	8
1.1 Техника безопасности при работе с химическими реактивами... ..	10
2 Отбор и подготовка образцов к химическому анализу.....	15
2.1 Подготовка растительных образцов к лабораторным исследованиям.....	15
2.2 Взятие почвенных образцов в поле и подготовка почвенных образцов к анализу.....	19
3 Химический состав и питание растений.....	25
3.1 Сухое вещество, его состав и количественное определение (основные теоретические положения).....	25
3.2 Расчет выноса минеральных питательных веществ растениями из почвы.....	27
3.3 Использование растениями питательных веществ из почвы... ..	28
3.4 Использование растениями питательных элементов из удобрений.....	30
3.5 Определение содержания влаги и сухого вещества в растительном материале (лабораторная работа).....	31
Задачи и упражнения.....	33
4 Анализ почвы и диагностика потребности в проведении агрохимических мероприятий (основные теоретические положения)... ..	36
4.1 Гипсование солонцовых почв (практическое занятие) (основные теоретические положения).....	38
Задачи и упражнения.....	45
4.2 Известкование кислых почв (основные теоретические положения).....	47
Задачи и упражнения.....	58
Вопросы к семинару.....	60
Тестовые задания.....	62
4.3 Пищевой режим почвы.....	65
4.3.1 Оценка обеспеченности почв азотом и определение потребности растений в азотных удобрениях (основные теоретические положения).....	65
Задания.....	75
4.3.2 Оценка обеспеченности почв подвижным фосфором и потребность растений в фосфорных удобрениях (основные теоретические положения).....	76

4.3.3 Оценка обеспеченности почв калием и определение потребности полевых культур в калии (основные теоретические положения).....	83
Тестовые задания.....	88
4.3.4 Методика агрохимического картографирования почв (основные теоретические положения).....	92
Вопросы к семинару.....	102
Агрохимическая оценка почвы (практическая работа).....	103
Вопросы к коллоквиуму.....	104
5 Характеристика и качественный анализ удобрений.....	106
5.1 Распознавание минеральных удобрений по качественным реакциям (лабораторная работа).....	106
5.2 Свойства основных удобрений, особенности их применения (практическое занятие).....	108
5.2.1 Свойства основных азотных удобрений, особенности их применения (практическое занятие).....	109
5.2.2 Свойства основных фосфорных удобрений, особенности их применения (практическое занятие).....	118
5.2.3 Свойства основных калийных удобрений, особенности их применения (практическое занятие).....	122
5.2.4. Свойства основных комплексных удобрений, особенности их применения (практическое занятие).....	126
Вопросы к семинару.....	130
5.3 Правила смешивания удобрений (практическая работа) (основные теоретические положения).....	132
Задачи и упражнения.....	137
5.4 Арбитражные анализы удобрений.....	137
Задачи и упражнения.....	140
5.5 Хранение минеральных удобрений.....	142
Тестовые задания.....	148
6 Анализ органических удобрений (основные теоретические положения).....	155
6.1 Качество органических удобрений.....	158
6.2 Использование соломы на удобрение и оценка ее качества (лабораторная работа).....	160
6.3 Выбор места для удобрений в севообороте.....	162
Тестовые задания.....	165
7 Теоретические и практические основы системы применения удобрений.....	167

7.1 Расчет доз минеральных удобрений (основные теоретические положения).....	167
Задачи и упражнения.....	171
7.2 Рациональное распределение удобрений в севообороте (основные теоретические положения).....	173
Задачи и упражнения.....	183
Вопросы к коллоквиуму.....	184
7.3 Приемы внесения удобрений (основные теоретические положения).....	186
7.4 Способы внесения удобрений.....	188
7.5 Технология внесения удобрений.....	195
Тестовые задания.....	202
8 Анализ растений и его значение в регулировании питания.....	205
8.1 Растительная диагностика (основные теоретические положения).....	205
8.2 Визуальная диагностика.....	206
8.3 Листовая диагностика.....	214
8.4 Методика проведения тканевой диагностики. Экспресс-анализ нитратов, фосфатов и калия по В.В. Церлинг (лабораторная работа).....	222
8.5 Организация контроля за содержанием нитратов и нитритов в овощной продукции (лабораторная работа).....	228
8.5.1 Организация контроля и отбор проб продукции (основные теоретические положения).....	228
8.5.2 Определение нитратов в овощах различными методами.....	231
8.5.3 Определение нитритов в овощах.....	236
8.5.4 Способы снижения содержания нитратов в продукции.....	237
Тестовые задания.....	239
Заключение.....	244
Литература.....	245
Приложения.....	250

Введение

В настоящем учебном пособии для проведения лабораторно-практических занятий со студентами, изучающими агрохимию, представлены методические разработки по всем модулям данного курса. Во все темы и разделы включены теоретические положения и вопросы научного обоснования разработанных практических занятий, что помогает достичь главной цели обучения по агрохимии, заключающейся не только в ознакомлении с предметом, но и его теоретическом и практическом освоении.

Принцип «знать – уметь – предсказать» – главный принцип агрохимика-почвоведа, способного по готовым или самостоятельно добытым данным агрохимического анализа почв, растений, удобрений увидеть пути решения проблемы повышения плодородия почв, увеличения урожая, улучшения его качества, биологической полноценности, а также научно предсказать результаты и выводы проделанной работы. Необходимо помнить, что научное предсказание (прогноз) – венец любой науки. Научное всегда светит и греет, а учебное только блестит (Н.Н. Пирогов).

Применять удобрения рационально и экономно нельзя, не опираясь на агротехнические, организационно-экономические и хозяйственные приемы возделывания высших растений, для которых предназначена система удобрений. Поэтому агрономическая химия тесно связана с растениеводством, экономикой, земледелием, физиологией растений и другими науками.

Как справедливо отмечал агрохимик А.В. Соколов: «Агрохимия изучает питание растений при наличии неравномерного, динамического распределения питательных веществ среди физически, химически и биологически неоднородного и непрерывно изменяющегося субстрата – почвы»; постоянно изменяются и сами развивающиеся культурные растения. Не остаются без превращений и вносимые в почву удобрения, взаимодействующие как с почвой, так и с растением. На первый взгляд, кажется, что невозможно разобраться в этом переплетении явлений и процессов. Между тем это далеко не так. Руководствуясь законами диалектики, необходимо стремиться изучать эти явления и процессы во взаимной связи и в движении, ибо только такой путь ведет к прогрессу. Диалектическая сущность агрохимии –

это исследование процесса взаимного влияния трех систем «почва – удобрение – растение», результатом которого является урожай и его качество (Ермохин, 2018).

Задача лабораторного практикума по агрономической химии – показать пути управления этими условиями, дать соответствующие рекомендации производству с учетом вида культуры, ее физиологических особенностей, свойств данной почвы, определяющих ее плодородие, и природы действия удобрений на эту почву и взятого для возделывания на ней растения.

Знание этих закономерностей и помогает специалисту разработать правильное решение вопроса в каждом конкретном случае. Только при таком подходе применение удобрений – могучий фактор влияния на почву и растение.

1 Организация лабораторного практикума

Общие требования

Учебная группа делится на бригады по 2-3 человека, каждая из которых выполняет конкретную лабораторную работу по индивидуальному заданию. В течение лабораторного практикума каждый студент выполняет цикл работ по разработанной преподавателем рейтинг-карте.

В приведенных лабораторных работах изложен краткий конспект теории и приведен ход выполнения каждого задания. После описания лабораторной работы даны вопросы и тестовые задания, позволяющие подготовиться студентам к отчету по данному заданию.

В целях самоподготовки в конце лабораторных работ приведены вопросы. Основной теоретический материал, необходимый для понимания и усвоения изучаемой темы и выполнения лабораторных работ по ней, приведен в начале каждой темы и отражен в сущности лабораторной работы. Более подробно и глубоко теоретический материал излагается в специальных изданиях. Для контроля полученных знаний после выполнения всех лабораторных работ студенты пишут контрольную работу с последующей защитой. В нее включаются теоретические вопросы по изученным методам анализа, вопросы по лабораторным работам и задания по типовым расчетам результатов анализа. Для подготовки к контрольной работе следует использовать список вопросов, который приведен в конце каждого раздела данного пособия. Студенты, выполнившие все необходимые лабораторные, практические и контрольные работы, допускаются к сдаче зачета.

Работа в лаборатории и организация рабочего места

Перед выполнением лабораторного практикума студенты в обязательном порядке проходят инструктаж по технике безопасности и расписываются в журнале учета инструктажа. Приступая к выполнению работы, студент должен внимательно прочитать описание ее хода и инструкцию к используемым приборам.

Необходимо подготовить химическую посуду и реактивы. При этом вся используемая посуда должна быть тщательно вымыта. После промывки водопроводной водой она дважды споласкивается дистиллированной. Для удаления капель воды внутри бюреток и пипеток их

споласкивают дважды тем раствором, которым они будут наполняться. Нельзя загромождать рабочее место книгами, тетрадями и посторонними предметами. На столе все необходимое для анализа размещается так, чтобы им было удобно пользоваться. Рабочее место должно всегда быть чистым и сухим.

При работе в лаборатории следует помнить и выполнять следующие общие правила:

1. В лаборатории запрещается: приступать к работе, не имея спецодежды (халата); оставлять без присмотра включенные электроприборы; принимать пищу; пить воду из лабораторной посуды; пробовать вещества на вкус; наклоняться над сосудом и нюхать вещества.

2. Летучие вещества и концентрированные растворы кислот и оснований должны находиться в вытяжном шкафу; при работе шкаф необходимо включать.

3. Работая с концентрированными растворами кислот, щелочей, аммиака, нужно надеть защитные очки.

4. Нельзя прикасаться к электрощитам и электроприборам мокрыми или влажными руками. При включении прибора следует брать за вилку, а не за провод.

5. При смешивании или разбавлении растворов веществ, сопровождающемся выделением тепла, необходимо применять термостойкую посуду.

В процессе выполнения большинства работ следует готовить стандартные растворы, которые можно выливать только после проверки результатов работы преподавателем. В начале каждого занятия назначается дежурный. По окончании работы склянки с растворами, которые еще понадобятся, следует поставить на место, посуду помыть, убрать рабочее место и сдать его дежурному. Дежурный сдает лабораторию лаборантам.

Оформление лабораторных работ и составление отчета

Лабораторные работы оформляются в отдельной тетради – рабочем журнале. Можно также использовать заранее подготовленные распечатки электронного рабочего журнала, которые после заполнения следует хранить в специальной папке. Записи в рабочем журнале надо выполнять аккуратно. Недопустимо вести их карандашом, а также на отдельных листочках или черновиках. В отчет о лаборатор-

ной работе обязательно заносят результаты всех измерений (даже неудачных) и расчеты. Это необходимо для проверки правильности выполнения работы. Также это дает возможность внести необходимые изменения и уточнения в выполнение эксперимента или расчета.

По каждой выполненной работе отчет составляется студентом индивидуально и представляется преподавателю для проверки. В нем обязательно отражаются:

- 1) дата выполнения работы;
- 2) название и номер лабораторной работы;
- 3) цель лабораторной работы;
- 4) используемые реактивы и оборудование;
- 5) уравнения протекающих химических реакций;
- 6) экспериментальные данные и расчеты (очень подробно, с соблюдением правил записи результатов и единиц измерений);
- 7) на миллиметровой бумаге или с помощью компьютера строятся градуировочные графики (обязательно вшиваются в лабораторный журнал);
- 8) оценка погрешности определения (после проверки результата преподавателем).

При ведении рабочего журнала необходимо уделять особое внимание точности измерений и записи их результатов.

1.1 Техника безопасности при работе с химическими реактивами

Все химические эксперименты должны проводиться только в тех условиях, которые указаны в методических руководствах. Приготовление и переливание концентрированной щелочи, хранение и переливание концентрированных кислот и аммиака, все работы с летучими, неприятно пахнущими веществами, а также с веществами, образующими при измельчении едкую или ядовитую пыль, необходимо проводить в вытяжном шкафу. Выполнять перечисленные виды работ необходимо в халате, шапочке, защитной маске или защитных очках и в резиновых перчатках. Вся работа с концентрированными кислотами и щелочами разрешается проводить только в присутствии в лаборатории не менее двух человек и при работающей вытяжной системе. Бутыли с агрессивными жидкостями нужно переносить только в обрешетке.

Из бутылей вместимостью более 10 л концентрированные кислоты и аммиак можно наливать только при помощи сифона. Перели-

вая концентрированную азотную кислоту, следует помнить, что при попадании на органические материалы она способна вызывать их воспламенение.

При приготовлении растворов серной кислоты необходимо вливать кислоту в воду, а не наоборот. Нюхать вещество надо с осторожностью, не наклоняясь над сосудом, а направляя к себе пары движением кисти руки. Нельзя низко наклоняться над сосудом, в котором что-либо кипит или в который наливается какая-либо жидкость. Нагревая пробирку с жидкостью, нужно направлять ее отверстием от себя и не в сторону других лиц, работающих в лаборатории. При отгонке азота по методу Кьельдаля нужно убедиться, что используемая посуда из термостойкого стекла не имеет трещин и царапин. Отгонку аммиака необходимо проводить в защитной маске и очках.

Запрещается:

- набирать концентрированные кислоты, щелочи и другие едкие и ядовитые вещества в пипетку ртом;
- пользоваться реактивами, находящимися в сосудах без этикеток;
- оставлять какие-либо вещества в сосудах без надписей;
- производить эксперименты в грязной посуде;
- пробовать какие-либо вещества на вкус;
- сливать в раковину неразбавленные и не нейтрализованные отходы кислот, щелочей, сильных окислителей (хромовую смесь);
- оставлять без присмотра кипящие, выпариваемые или прокаливаемые вещества;
- находиться в лаборатории в свободно болтающейся одежде (халат внакидку, шаль на плечах и т. п.), а также с распущенными длинными волосами;
- при работах, связанных с опасностью взрыва, пожара, находиться в лаборатории в одиночку;
- хранить и принимать пищу в лабораторном помещении;
- курить в лаборатории и примыкающих к ней помещениях.

Правила обращения со стеклом

Прежде чем использовать стеклянную посуду для нагревания в ней жидкостей, следует убедиться, что на стеклянном сосуде имеется знак, свидетельствующий о его термостойкости.

Большие химические стаканы с жидкостью следует поднимать только двумя руками, так, чтобы отогнутые края стакана опирались на указательные пальцы.

Вставляя пробку в горлышко тонкостенного сосуда, держать сосуд нужно как можно ближе к пробке. Вставляя стеклянную трубку в пробку или надевая резиновую трубку, стеклянную трубку нужно держать как можно ближе к вставляемому концу, при этом руку следует обернуть полотенцем.

Правила безопасности при работе с газом и электричеством

Электронагревательные приборы и газовые горелки должны стоять на керамических подставках. При работе с электронагревательными приборами следует проверить состояние контактов. Последние в процессе работы не должны нагреваться или искрить. Провода, подводимые к контакту, должны иметь запрессованные наконечники. Подводящие провода должны иметь хорошую изоляцию и защиту от внешнего механического и химического воздействия. Сечение проводов должно соответствовать потребляемой мощности и паспортной характеристике прибора.

Запрещается работа на электронагревательных приборах, не имеющих заземления. Какие-либо переключения или замена деталей в измерительных (фотоэлектроколориметры, потенциометры, электрические весы и др.) и в электронагревательных приборах могут производиться только после их полного отключения от электросети. Пользоваться газовыми горелками можно только в вытяжном шкафу при включенной вентиляции. Пламя газовой горелки должно быть хорошо отрегулировано. Если пламя коптящее или если горение сопровождается сильным шумом, горелку нужно выключить, дать охладиться и отрегулировать подачу газа и воздуха. В случае отключения вентиляции газовые горелки следует выключить. При появлении запаха газа в помещении нельзя зажигать спички, вставлять или вынимать из розеток вилки электроприборов. Помещение нужно проветрить, утечку газа устранить, вызвав при необходимости аварийную службу.

Противопожарная безопасность

Для предупреждения возникновения пожара необходимо строгое соблюдение инструкций по всем видам работ. Каждый работающий в лаборатории должен знать, где размещаются электрические рубильники, газовые краны, средства пожаротушения, запасной выход. Доступы к ним всегда должны быть свободны.

В случае возникновения пожара нужно обесточить помещение, отключить газ, убрать от огня горючие предметы. О пожаре сообщить администрации и вызвать пожарную команду.

Мелкие очаги огня следует засыпать песком, хранимым в специальных емкостях, или плотно накрыть их противопожарным одеялом, перекрывая доступ воздуха. Большие очаги огня следует ликвидировать с помощью огнетушителей.

Необходимо помнить, что газопенные огнетушители типа ОХП нельзя использовать для тушения установок, находящихся под током. Для этих целей применяют порошковые или углекислотные огнетушители. При загорании одежды на человеке необходимо использовать противопожарные одеяла или любую плотную ткань для прекращения доступа воздуха к очагу огня.

Первая помощь при несчастных случаях в химической лаборатории

Термические ожоги. При ожогах первой степени (покраснение кожи, ощущение жжения) следует сразу же на пораженный участок направить струю холодной воды из водопроводного крана до исчезновения неприятных ощущений. При более сильных ожогах (второй степени и больше, когда поражаются более глубокие слои кожи) рекомендуется наложить на пораженный участок сухую асептическую повязку и направить пострадавшего в медицинский пункт.

Химические ожоги. Пораженное место промокнуть фильтровальной бумагой или чистой тканью, промыть струей воды в течение не менее 15 минут, затем наложить примочки 2%-го раствора гидрокарбоната натрия (NaHCO_3) в случае ожога концентрированными кислотами или 2%-го раствора уксусной, лимонной или борной кислоты при ожогах щелочами.

При ожоге плавиковой кислотой (HF) пораженное место промокнуть фильтровальной бумагой или чистой сухой тканью, промыть большим количеством воды, погрузить на 10-15 минут в 3%-й рас-

твор NH_4OH , затем наложить компресс с пастой, приготовленной из суспензии MgO . Если агрессивное вещество попало на кожу через одежду, то ее ткань следует разрезать ножницами, чтобы не увеличивать площадь поражения. В случае попадания на кожу разъедающего органического вещества необходимо обмыть ожог не водой, а одним из органических растворителей (спирт, бензол), затем наложить сухую асептическую повязку и направить пострадавшего в медицинский пункт.

Химические ожоги глаз. Промыть глаз водой лучше с помощью душа или водяного фонтанчика в течение 10-15 минут. В случае попадания в глаз кислоты продолжить промывание 2%-м раствором гидрокарбоната натрия. Особенно опасны поражения глаз щелочами. После удаления щелочи водой продолжить промывание глаза изотоническим (0,9%-м раствором хлорида натрия) в течение 30-60 минут. Затем следует немедленно обратиться к врачу.

Кровотечения. Для остановки капиллярного или венозного кровотечения достаточно наложить на рану давящую повязку. Из раны предварительно удалить осколки стекла, обработать кожу вокруг раны раствором йода. Нельзя допускать попадания йода внутрь раны! Нельзя прикасаться к ране руками! Непосредственно на кровоточащую рану необходимо наложить стерильный бинт, марлю или чистую ткань. Поверх ткани сделать плотный валик из бинта, ваты или чистого носового платка. Валик туго прибинтовать.

Для остановки артериального кровотечения следует наложить жгут (резиновую трубку) выше места ранения. Под жгут вложить записку с указанием точного времени его наложения. Рану забинтовать стерильным бинтом и немедленно отправить пострадавшего в ближайшее лечебное учреждение. Максимальное время использования жгута 1-1,5 часа. Если за это время пострадавший не доставлен в больницу, необходимо очень медленно и осторожно распустить жгут на несколько минут, чтобы не произошло омертвление конечности. Помните, что сильное кровотечение может привести пострадавшего к смерти за 3-5 минут!

2 Отбор и подготовка образцов к химическому анализу

2.1 Подготовка растительных образцов к лабораторным исследованиям

Отбор растительной пробы – ответственный этап работы, требует определенных навыков и опыта. Ошибки при отборе пробы и подготовке к анализу не компенсируются качественной аналитической обработкой собранного материала. Основой при отборе проб растений в агро- и биоценозах служит метод средней пробы. Чтобы средняя проба отражала статус всей совокупности растений, учитывают макро- и микрорельеф, гидротермические условия, равномерность и густоту стояния растений, их биологические особенности. Растительные пробы отбираются в сухую погоду, в утренние часы, после высыхания росы. При изучении процессов обмена веществ в растениях в динамике эти часы соблюдаются в течение всего вегетационного периода (Белюченко, Смагина, 2012).

Лабораторную пробу семян зерновых бобовых, зерновых и масличных культур отбирают из средней пробы массой 150-250 г. Чем крупнее семена, тем больше должна быть масса пробы. Отобранный образец подсушивают при 70-80 °С в термостате в течение 15-18 часов (оставляют на ночь). Затем пробу измельчают, не давая ей охладиться. Семена зерновых и зерновых бобовых размалывают в лабораторной или кофейной мельнице сначала до состояния грубого помола, а потом, отрегулировав мельницу на тонкий помол, повторяют измельчение. После грубого помола пробу можно уменьшить тем же способом, что и при отборе лабораторной пробы. После размала одного образца мельницу очищают щеткой и пропускают некоторую часть материала следующего образца, которую отбрасывают.

Если образец мал (например, при вегетационных опытах), во избежание потерь его весь растирают в фарфоровой ступке.

Крупные семена (подсолнечника, клещевины) очищают от оболочки и анализируют только ядро. По результатам взвешивания семян, ядер и лузги определяют процент оболочек. Если семян достаточно, то после подсушивания их можно пропустить через дисковую мельницу, отрегулированную так, чтобы оболочка обдиралась, а ядро оставалось целым. Лузгу отвеивают вентилятором. При малом количестве семян оболочку снимают вручную: сначала раздавливают ее пинцетом, а затем извлекают неповрежденное ядро. При измельчении семян и ядер масличных культур следует избегать выжимания из них

масла. В мельнице ядра можно измельчать до состояния крупного помола. Лучше использовать для этого фарфоровую ступку, разбивая ядра короткими ударами пестика.

Вегетативные органы (листья, стебли) при подготовке к анализу отделяют друг от друга и помещают в марлевые мешки. Для ускорения подсушивания стебли разрезают на несколько частей. Мешки развешивают на проволоке в тени под навесом, в сарае на сквозняке. Если листья, стебли и другие органы не предполагают анализировать отдельно, растения высушивают до воздушно-сухого состояния целиком и только тогда помещают в марлевые мешки. После этого образцы грубо измельчают (на отрезки до 1 см) ножницами, сушат при температуре 70-80 °С в течение 15-18 часов и перемалывают на мельнице. По мере измельчения образец уменьшают до размера лабораторной пробы.

При анализе растительного материала возможны ошибки в результате окисления органических веществ, которое интенсивно протекает во время высушивания при температуре более 80 °С, особенно в измельченных образцах. Во избежание этого образцы, высушенные при 70-80 °С (они содержат 1-1,5% влаги) в течение 15-18 часов и затем измельченные, помещают в банках в эксикатор. Перед анализом пробы высушивают в термостате при 100-105 °С в течение одного часа, охлаждают и берут навески, помещая их в стеклянные бюксы. Анализируемый материал можно считать абсолютно сухим.

Часто анализируют свежесобранные растения. В этом случае необходимо сразу же прекратить деятельность ферментов: образцы кладут рыхлым тонким слоем на марлю, натянутую на кастрюлю с кипящей водой, закрывают несколькими слоями марли и держат 10 минут (до потери тургора). Сочный материал укладывают не на марлю, а в фарфоровую чашку. Ее ставят в кастрюлю, на дне которой находится немного воды, закрывают крышкой и выдерживают 10 минут. Затем образцы помещают в эмалированные или алюминиевые кюветы (лучше с мелкодырчатым дном) и сушат в термостате. В дальнейшем пробу обрабатывают так же, как и семена. Очень важно сушку проводить в вентилируемом термостате.

Первоначальные средние пробы плодов и овощей обрабатывают по-разному. У клубнекорнеплодов, томатов, огурцов, перца, яблок, груш, винограда, косточковых кожуру не отделяют. У баклажанов ее (окрашенный слой) удаляют. С плодов бахчевых снимают корковый слой (определяют его относительную массу) и исследуют только съе-

добную часть. Томаты, баклажаны и огурцы анализируют с семенами (за исключением специальных анализов). Из бахчевых удаляют семена, из вишен и слив – косточки, из яблок и груш – не только семена, но и стенки семенных камер.

Если исходные средние пробы слишком велики, из них составляют меньшие лабораторные пробы. При этом от каждого плода берут такую долю, чтобы в ней сохранилось соотношение между отдельными участками плода. Клубнекорнеплоды, капусту, луковичные, томаты, бахчевые, перец, яблоки, груши сначала моют, просушивают, отбрасывают несъедобные части, а затем делят каждый плод на 4-8 долек и для анализа берут одну или две противоположные пары. Если плоды мелкие (ягоды), то ограничиваются удалением несъедобных частей, мытьем и просушкой их.

Отобранные образцы грубо измельчают (кроме ягод), перемешивают и уменьшают пробу до нужной для анализа массы.

Отбор средней аналитической пробы

Правильный результат всякого анализа обеспечивается соблюдением двух обязательных условий:

- тщательный отбор средней пробы анализируемого материала;
- точность и аккуратность работы.

Как правило, материал, подлежащий анализу, отличается неоднородностью (неоднократностью) состава в различных своих частях. Чтобы учесть эту неоднородность, исходный образец берется небольшими порциями и обязательно во многих местах исследуемого материала. Только таким путем отобранная проба и ее анализ дадут объективную характеристику весьма большим массам разнообразных продуктов, почвы или удобрений. Если же отбор средней пробы произведен небрежно или неточным методом, то анализ не будет отвечать действительным свойствам этого вещества.

Виды средних проб:

- а) первоначальная (исходная, генеральная) средняя проба;
- б) лабораторная средняя проба;
- в) аналитическая средняя проба.

Первоначальная (исходная) и лабораторная средняя проба. Величина первоначальной средней пробы устанавливается специальными правилами (руководством, стандартами) и зависит от особенно-

стей анализируемого материала. Доставленный в лабораторию исходный образец (первоначальная проба) служит материалом для отбора средней лабораторной пробы.

Взятие пробы сыпучих тел. Первоначальная проба зерна, муки и прочих продуктов берется специальными приборами – пробоотборниками: а) если материал в мешках, то из каждого 2-го, 3-го, 10-го и т. д. мешка (в зависимости от величины партии), но не менее 5% от общего количества; б) из трюмов, вагонов, автомашин и на складах отбирается специальными щупами, иногда снабженными термостатами, из разных слоев по толщине профиля в нескольких точках.

Смешанные исходные образцы и будут составлять первоначальную среднюю пробу, вес которой должен быть не менее 2 кг. Пробу равномерно распределяют на картоне или другом материале в виде квадрата и делят по диагонали на четыре части, две из которых (противоположные) отбрасывают, а две остальные соединяют, тщательно перемешивают и вновь раскладывают в форме квадрата. Таким путем деление производят до тех пор, пока вес средней лабораторной пробы не составит 200-300 г.

Взятие пробы корней и клубнеплодов. Проба составляется из корней или клубней различной крупности, взятых в таком соотношении, в каком они находятся в бурте. Величина пробы около 8 кг. Корни и клубни осторожно обмываются и отбираются. Для составления средней лабораторной пробы каждый клубень или корень разрезается на 4 или большее число частей в зависимости от размера. В средний лабораторный образец берут по одной доле.

Взятие пробы сена и соломы. От каждых 15 тонн берутся выемки в 10 разных местах, тщательно перемешиваются, составляя исходный образец. Если обнаруживаются комья земли, навоза и др., то необходимо установить, является ли это случайной примесью или характерным явлением. В первом случае их отбрасывают, во втором – отдельно взвешивают и включают в несъедобную часть сена. Из разных мест первоначальной пробы одновременно берут около 100 г сена или соломы в стеклянную банку с притертой пробкой для определения влажности и среднюю пробу около 2 кг. Труха пересевается через сито 3 мм и выражается в процентах от веса средней пробы.

Взятие пробы удобрений. Первоначальная средняя проба удобрений отбирается небольшими порциями, тщательно перемешивается, и из нее диагональным делением (можно способом секторов) выделяется средняя лабораторная проба.

Подготовка средней лабораторной пробы к анализу заключается в измельчении и перемешивании материала.

Чтобы обеспечить равномерный отбор аналитической пробы:

а) свежий и консервированный материал измельчается ножницами, ручными терками и другими приспособлениями;

б) воздушно-сухой материал измельчается на специальных лабораторных мельницах и просеивается через сито 1 мм. Для некоторых анализов материал измельчают на механических терках и просеивают через сито 0,2 мм.

Размельченная средняя проба доводится до воздушно-сухого состояния путем расстила на фанере, пергаментной бумаге и прочих ровных поверхностях и сверху прикрывается фильтровальной бумагой (в помещении не должно быть поглощаемых веществ (NH_3 и других)).

Аналитическая проба отбирается последовательным делением лабораторной пробы в количествах, достаточных для выполнения всех запланированных анализов, и хранится в стеклянных банках с притертой крышкой. Если материал анализируется в свежем или в консервированном состоянии, то в таком случае его расстилают тонким слоем в эмалированной ванночке (с низкими бортами) и путем последовательного деления отбирают аналитическую пробу. Всякая проба обязательно этикетуется. Этикетка подписывается на таре и, если возможно, вкладывается внутрь тары.

Аналитическая средняя проба. Отбирается от средней лабораторной пробы после соответствующей подготовки путем последовательного деления. Количество ее зависит от методики исследований и должно быть остаточным для выполнения всех запланированных анализов.

2.2 Взятие почвенных образцов в поле и подготовка почвенных образцов к анализу

Взятие почвенных образцов в поле – очень ответственная часть работы по составлению агрохимических картограмм. Если не обеспечить правильного взятия образцов, то последующие анализы почв будут в значительной мере обесценены.

Данные массовых анализов распространяются на определенную площадь. Поэтому почвенный образец должен быть типичен для все-

го пахотного слоя характеризуемой площади или, по крайней мере, преобладающей ее части.

Учитывая неоднородность территории, принято брать смешанные образцы. Их составляют из индивидуальных проб, взятых в различных точках характеризуемой площади.

Почвенные образцы берут в течение 1,5-2 месяцев весной (до внесения удобрений и до посева) и в течение 1,5-2 месяцев осенью (сразу же после уборки урожая).

Образцы почв на пашне берут с глубины пахотного слоя (обычно 0-20 см). Из подпахотных горизонтов образцы почв берутся на орошаемых землях, а также при сильной пестроте почвенного профиля (близкое залегание карбонатов, гипса, растворимых солей).

На полях с плантажной вспашкой (например, под сады, виноградники) берут два (три) образца: на глубину 15-25 см из слоя систематической обработки и внесения удобрений и на глубину 20-40 и 40-70 см.

Количество образцов из подпахотных горизонтов не должно превышать 15% от количества образцов из пахотного слоя, иначе это сильно замедлит сбор почвенных образцов.

На лугах и пастбищах образцы берут на глубину 15-16 см, т. е. из слоя наибольшей биологической активности, и небольшое количество 10-15% – на глубину 20-40 см.

Частота взятия смешанных почвенных образцов в зависимости от почвенных условий следующая:

1-я категория – один смешанный образец на 1-30 га берется в сельскохозяйственных районах лесной зоны (дерново-подзолистые и подзолистые почвы), а также в других районах с волнистым сильно расчлененным рельефом;

2-я категория – один смешанный образец на 3-6 га для лесостепных и степных районов с расчлененным рельефом;

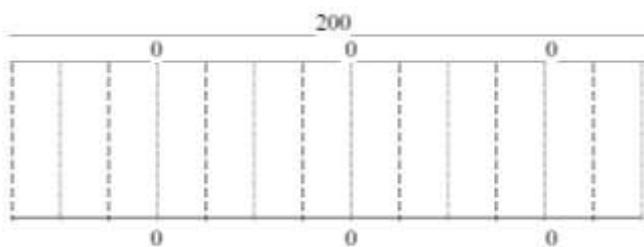
3-я категория – один смешанный образец на 5-10 га для степных и сухостепных районов с равнинным или слаборасчлененным рельефом и однообразным почвенным покровом.

В условиях орошаемого земледелия смешанный образец берут с площади 2-3 га. В горных районах, где размер хозяйственных полей небольшой и велика комплексность почвы, почвенный образец отбирают с площади 0,5-3 га.

В настоящее время наиболее распространено взятие проб по маршрутной линии, проходящей по оси участка.

При отборе смешанных образцов этим методом поля разбиваются на прямоугольники, у которых короткие стороны равняются длине одной из сторон элементарного участка, а длинные соответственно равны коротким границам поля. Посередине каждого прямоугольника прокладывается маршрутная линия (ход), в начале и конце которой ставятся двухмерные вешки. При длине маршрутного хода более 500 м ставятся дополнительно одна или две вешки в середине части хода.

В каждом прямоугольнике маршрутная линия делится на части, равные более длинной стороне элементарного участка (рис. 1).



0 – вешки

..... границы прямоугольников

_____ маршрутные ходы

Рисунок 1 – Схема отбора смешанных почвенных образцов по маршрутным ходам

Подготовка почвенных образцов к анализу

Образец почвы весом 600-750 г высушивают до воздушно-сухого состояния, затем помещают его на лист чистой пергаментной бумаги и удаляют из него корни, включения и новообразования (рис. 2, I). Дернину тщательно отряхивают от комочков почвы. Крупные комки почвы разламывают руками или раздробляют в фарфоровой ступке пестиком до небольших комков диаметром 5-7 мм (рис. 2, I, II). Цель такого измельчения – получить более однородный образец и иметь возможность тщательно перемешать его при взятии средней пробы. Отбор средней лабораторной пробы проводят методом квартования. Для этого измельченный дроблением и просеянный через сито 1 мм образец после перемешивания располагают на бумаге в виде квадрата или прямоугольника и делят диагоналями (шпателем, линейкой) на четыре равные части. Две противоположные части (2 и 4) используют для проведения различных анализов. Две другие части (1 и 3) высыпают в картонную коробку для хранения на случай повторных, дополнительных определений. В коробку следует положить этикетку

почвенного образца и, кроме того, наклеить вторую этикетку на стенке коробки (см. рис. 2, I).

Аналитическая проба для определения углерода и азота

Среднюю лабораторную почвенную пробу равномерно распределяют на бумаге слоем толщиной около 5 мм. Крупные структурные агрегаты или отдельности предварительно измельчают шпателем на бумаге или пестиком в ступке. Затем почву распределяют по бумаге и делят на квадраты со стороной 3-4 см, проводя шпателем вертикальные и горизонтальные линии. Из каждого квадрата на всю глубину слоя берут с помощью шпателя небольшое количество почвы и помещают ее в пакетик из кальки. Масса почвенной пробы должна быть не меньше 3-5 г. Если она окажется меньшей, то среднюю лабораторную пробу на бумаге перемешивают, снова делят на квадраты и берут дополнительное количество почвы в пакетик. Из взятой аналитической пробы почвы тщательно удаляют корни и другие органические остатки. Их отбирают пинцетом, просматривая почву под лупой. Чтобы корни не остались внутри структурных отдельностей, последние раздавливают шпателем или пестиком.

Для удаления органических остатков можно использовать наэлектризованную стеклянную палочку. Для этого палочку, натертую куском шерстяной ткани, передвигают на расстоянии нескольких сантиметров от слоя почвы. При этом органические остатки прилипают к палочке и удаляются из почвы. Палочку нельзя подносить близко к образцу, так как в этом случае вместе с корешками к ней могут пристать и тонкодисперсные частицы почвы.

После отбора органических остатков почву просеивают сквозь сито сначала с отверстиями 1 мм, затем 0,25 мм. Просеивание почвы сквозь сито с ячейками 1 мм и 0,25 мм при химическом анализе преследует разные цели. Просеивание сквозь сито с размером ячеек 1 мм позволяет отделить скелетную часть (крупнее 1 мм) от мелкозема (мельче 1 мм). Все химические анализы для мелкозема и скелетной части выполняются раздельно (в подавляющем большинстве случаев ограничиваются анализом мелкозема). Поэтому нужно следить, чтобы остаток на сите в 1 мм был представлен именно скелетными частицами (гравий, галька) либо новообразованиями. Эти частицы надо сложить в пакетик с включениями и новообразованиями. Что же касается оставшихся на сите комочков из мелкозема, то их при повторном растирании в ступке надо разминать. Оставшуюся на сите почву

переносят в ступку, растирают и снова просеивают. Операцию повторяют до тех пор, пока все частицы не пройдут через сито с диаметром отверстий 1 мм. Затем почву просеивают через сито с диаметром отверстия 0,25 мм. Оставшуюся на сите почву переносят в ступку, растирают и снова просеивают. Операцию повторяют до тех пор, пока все частицы не пройдут сквозь отверстия сита. Аналитические почвенные пробы хранят в пакетиках из кальки.

Аналитическая проба для определения рН, обменных катионов, легкорастворимых солей и других анализов

Оставшуюся часть средней лабораторной почвенной пробы измельчают с помощью специальных устройств для размолва почвенных проб или в фарфоровой ступке с помощью пестика с резиновым наконечником и просеивают через сито с отверстиями диаметром 1 или 2 мм. Таким образом отделяют мелкозем от скелета почвы – элементарных частиц, представленных обломками пород и минералов, диаметр которых превышает 1 мм. Их помещают в тот же пакет с включениями и новообразованиями.

Растирание и просеивание повторяют до тех пор, пока на сите не будут оставаться только частицы скелета почвы. Из подготовленной таким образом почвы берут навеску для определения обменных катионов, кислотности, рН и легкорастворимых солей.

Почвенные пробы хранят в банках с притертой пробкой, коробках или пакетиках. Воздух помещений, в которых хранят почвенные пробы, не должен содержать кислот и аммиака. Пробы никогда не хранят в лабораториях.

Аналитическая проба для валового анализа почв

Почву, просеянную через сито с отверстиями диаметром 1-2 мм, распределяют равномерно на листе бумаги, делят на квадраты и составляют еще одну аналитическую пробу массой 5-7 г. Она предназначена для проведения валового анализа минеральной части почв. Почву небольшими порциями растирают в агатовой, халцедоновой или яшмовой ступке до состояния пудры (в этом состоянии почва не царапает кожу). Яшма, халцедон, агат обладают высокой твердостью, поэтому ступки из этих материалов используют для растирания почв. Однако они очень хрупкие и требуют осторожного обращения. Нельзя, например, очищать пестик от почвы постукиванием о края ступки.

Выбирая способ измельчения почвенной пробы, нужно иметь в виду возможность попадания химических элементов из материала ступки или другого растирочного аппарата в почвенную пробу. Так, при определении микроэлементов не рекомендуется растирать почву в яшмовых ступках. Яшма содержит медь, и может произойти загрязнение почвенной пробы этим элементом. Подготовленные аналитические пробы для валового анализа хранят в пакетиках из кальки.

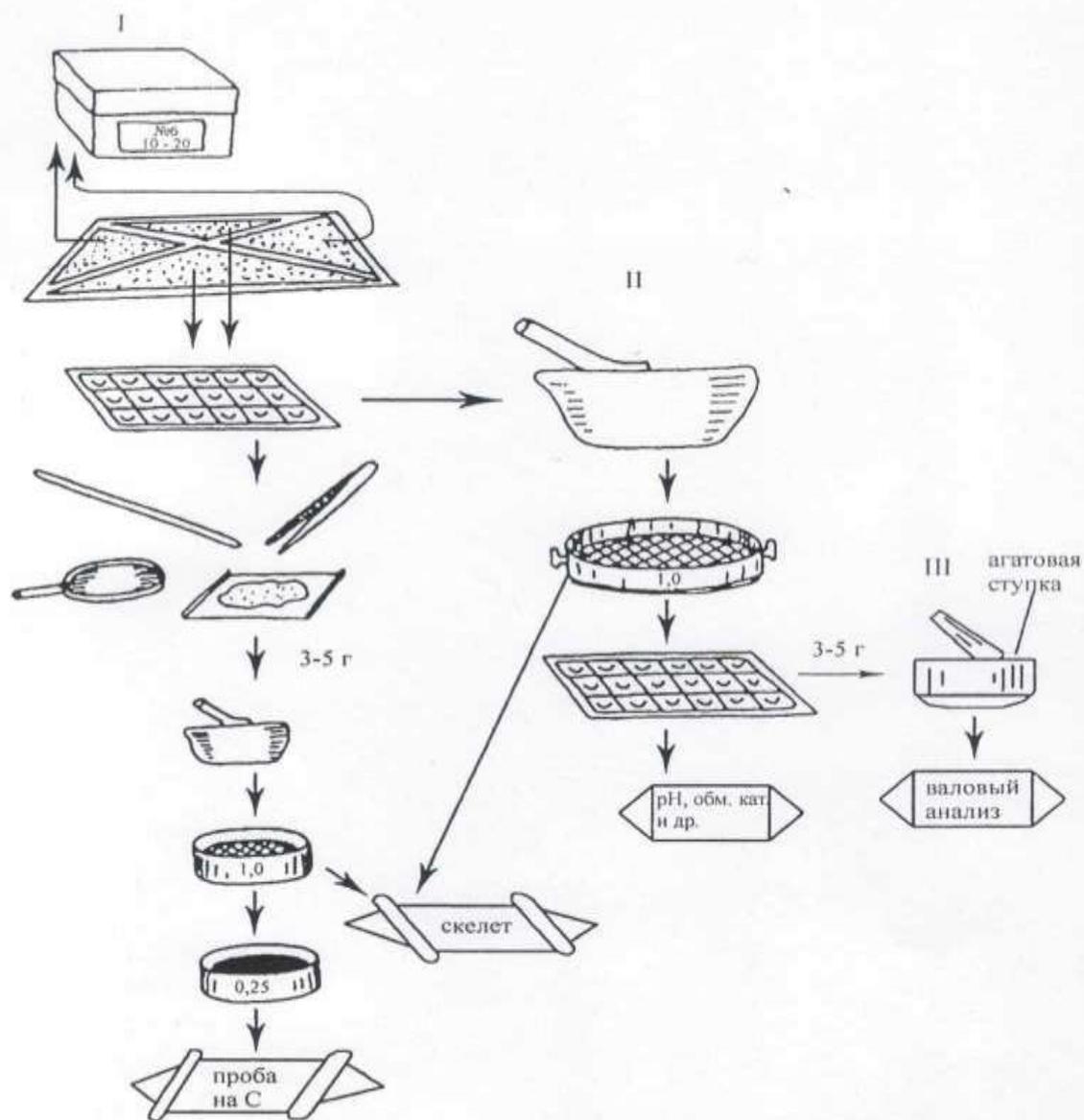


Рисунок 2 – Схема подготовки почвенного образца к анализу

Пакеты, коробки, банки, в которых хранятся почвенные пробы, должны быть подписаны и снабжены этикетками. Схема подготовки почвенного образца к анализу показана на рисунке 2.

3 Химический состав и питание растений

3.1 Сухое вещество, его состав и количественное определение (основные теоретические положения)

Растение состоит из воды и сухого вещества. Сухого вещества в растениях в среднем содержится: углерода – 45%, кислорода – 42%, водорода – 6,5% и азота – 1,5%. Эти элементы образуют органические соединения. Например, углерод, кислород и водород – сахара, крахмал, клетчатку, жиры и другие безазотистые вещества. Эти же элементы вместе с азотом образуют белковые вещества и потому называются органогенами. На их долю приходится 95% сухого вещества, а остальные 5% – на зольные элементы.

По количеству органических веществ в растении оценивается качество урожая. В зерновых культурах качество зерна определяется прежде всего по содержанию белков и крахмала, хлебопекарные свойства – по количеству клейковины. Качество клубней картофеля определяют по содержанию крахмала, а корнеплодов свеклы – сахара.

Качество урожая прядильных культур (льна-долгунца, хлопчатника) зависит от количества клетчатки: чем больше ее содержится в растениях, тем больше волокна. Высокое содержание клетчатки снижает кормовую ценность сена, травы, силоса.

Масличные культуры оцениваются по содержанию жиров в семенах.

Большое влияние на содержание и качество органических веществ в растениях оказывают элементы минерального питания, то есть удобрения. К числу таких органических веществ относятся витамины, пектиновые вещества, каротин и др.

Следовательно, чтобы оценить качество урожая, следует знать количественное содержание органического, или питательного, вещества в нем.

Количество сухого вещества Y_c в урожае вычисляют по формуле

$$Y_c = Y \times (100 - W) / 100,$$

где Y – величина урожая при естественной влажности, ц/га;

W – влажность урожая, %.

Если содержание питательного вещества определено в естественном продукте и выражено в процентах к сырой массе, то количество органических веществ (крахмала, протеина, жира, сахара и т. п.) рассчитывают исходя из формулы

$$Y_{\text{п}} = Y \times b / 100,$$

где b – содержание питательного или органического вещества в сырой массе, %.

В исследовательской и лабораторной практике принято измерять количество элемента или вещества в растениях в пересчете на абсолютно сухую массу. Этот показатель накопления вещества или элемента во всем урожае или массе растений (C , ц/га) находят по формуле

$$C = Y \times (100 - W) \times C / 100 \times 100,$$

где C – содержание питательного вещества в абсолютно сухой массе, %.

Пример. Определить выход (количество) крахмала в картофеле с 1 га при содержании его в клубнях 17% и в урожае 300 ц/га.

$Y = 300$ ц/га	$Y = Y \times b / 100 = 300 \times 17 / 100 = 51$ ц/га
$b = 17\%$	
$Y = ?$	

Пример. Вычислить количество протеина в ячмене при его содержании 13% на абсолютно сухое вещество в урожае зерна 35 ц/га с базисной влажностью 14%.

$Y = 35$ ц/га	$C = 35 \times (100 - 14) \times 13 / 10000 = 3,91$ ц/га
$W = 14\%$	
$C = 13\%$	
$Y = ?$	

3.2 Расчет выноса минеральных питательных веществ растениями из почвы

Расчет выноса минеральных питательных веществ может быть проведен по накоплению их в продуктивной части урожая (вынос урожая), в продуктивной части урожая и побочной продукции (хозяйственный вынос) или во всей растительной массе, включая пожнивные остатки и корневую систему (биологический вынос).

Во всех случаях измеряют вынос в килограммах с одного гектара или в килограммах на единицу продуктивной части урожая. Для расчета выноса необходимо знать содержание соответствующих веществ в биомассе.

Расчет выноса минеральных питательных веществ урожаем (хозяйственный вынос)

Хозяйственный вынос питательных веществ урожаем устанавливают по количеству абсолютно сухого вещества в урожае (U_c , ц/га) и содержанию минерального питательного вещества в абсолютно сухой массе урожая (C , %) по формуле

$$V_x = U_c \times C.$$

Пример. Определить хозяйственный вынос азота урожаем яровой пшеницы.

Урожай сухого вещества зерна (U_{c1}) = 30 ц/га	$V_x = 30 \times 4 = 3,91$ ц/га
Сухое вещество соломы (U_{c2}) = 32 ц/га	$V_c = 32 \times 0,5 = 16$ кг
мякины (U_{c3}) = 2,5 ц/га	$V_m = 2,5 \times 0,6 = 1,5$ кг
Содержание	$V_4 = 120 + 16 + 1,5 = 137,5$
в зерне (c_1) – 4,0%	
в соломе (c_2) – 0,5%	
в мякине (c_3) = 0,6%	
$V_x = ?$	

Величину биологического выноса элементов питания следует определять по максимальному накоплению минеральных питательных веществ в период вегетации с учетом всей биологической массы растений. Расчет аналогичен показанному в предыдущем примере расчету с одной лишь разницей: необходимо учитывать биомассу пожнивных (стерневых) остатков, корневую систему.

Расчет выноса минеральных питательных веществ прибавкой урожая b_n

Для выявления действия испытываемого фактора роста (например, удобрения) на поступление элементов питания в растения и их общий вынос наиболее приемлемо пользоваться следующим расчетом. Определяют вынос питательного элемента биомассой урожая растений в исследуемом варианте (V_y , кг/га), находят отношение общего выноса питательного элемента к урожаю основной продукции и умножают на величину прибавки урожая (Π , ц/га)

$$b_n = V_y \times \Pi / Y.$$

Данный расчет выноса минеральных веществ прибавкой урожая менее условный, чем тот, который проводят по формуле, так как при расчете по формуле учитывается влияние удобрений (или другого испытываемого фактора роста) на доступность выноса питательных веществ из почвы

$$b_n = V_y - V_k,$$

где V_y , V_k – вынос питательного элемента биомассой растения в варианте, где применяли удобрения, и в контрольном, кг/га.

3.3 Использование растениями питательных веществ из почвы

Коэффициент использования питательных элементов из естественных запасов почвы

Рассчитывают коэффициент использования питательных элементов из естественных запасов почвы (КИП) по формуле

$$\text{КИП} = V_y / C,$$

где V_y – вынос питательного вещества биомассой растений, кг/га;
 C – содержание питательного вещества в почве, кг/га.

*Коэффициент использования питательных элементов из почвы
 в варианте с удобрениями*

Если условно принять, что прибавка урожая растений создается только за счет дополнительного питания из удобрений, то КИП рассчитывают по формуле

$$\text{КИП} = V_y \times (Y - П) / Y \times C,$$

где V_y – общий вынос элементов питания биомассой растений в исследуемом варианте, кг/га;

Y – урожай основной продукции, ц/га;

$П$ – прибавка урожая основной продукции, ц/га.

Если полученные результаты (КИП) умножить на 100, найдем величину использования растениями питательных веществ из почвы в процентах.

Пример. Рассчитать коэффициент использования картофеля фосфора из почвы, если вынос P_2O_5 биомассой картофеля составил 36 кг/га, урожай картофеля – 300 ц/га, что на 70 ц/га больше, чем в варианте без применения удобрений. В почве содержалось 360 кг/га доступного растениям фосфора.

$V_y = 36$ кг/га	$\text{КИП} = 36 \times (300 - 70) / 300 \times 360 = 0,08\%$
$Y = 300$ ц/га	
$П = 70$ ц/га	
$C = 360$ кг/га	
КИП = ?	

3.4 Использование растениями питательных элементов из удобрений

Коэффициент использования питательных веществ из удобрений (КИУ) довольно условный

$$\text{КИУ} = \text{В}_y - \text{В}_k / \text{Д},$$

где Д – доза питательного вещества, внесенного с удобрением, кг/га.

Если в полученные расчеты подставить в числитель 100, получим процентное содержание КИУ, т. е. процент использования питательного элемента из удобрений (ПЭУ). Когда вынос элементов питания растениями определяют по формуле, ПЭУ рассчитывают так

$$\text{ПЭУ} = \text{В}_y \times \text{П} \times 100 / \text{У} - \text{Д},$$

где ПЭУ – показатель эффективности использования растениями питательного элемента из удобрений, % (по В.В. Прокошеву);

В_y – вынос питательного элемента биомассой растений в варианте с применением удобрений, кг/га;

У – урожай основной продукции в варианте с применением удобрений, ц/га;

П – прибавка урожая основной продукции, ц/га;

Д – доза питательного вещества в удобрении, кг/га.

Пример. При внесении P_{60} вынос фосфора биомассой картофеля при урожае 30 т/га составил 36 кг/га, прибавка по отношению к контролю – 70 ц/га. Рассчитать показатель эффективности фосфорного удобрения (%).

У – 300 ц/га	$\text{ПЭУ} = 36 \times 70 \times 100 / 300 \times 60 = 14\%$
П – 70 ц/га	
P_2O_5 – 60 кг/га	
В_y – 36 кг/га	
ПЭУ = ?	

3.5 Определение содержания влаги и сухого вещества в растительном материале (лабораторная работа)

Степень оводненности растений является одним из существенных показателей их водного режима. С содержанием воды связаны концентрация клеточного сока, водный потенциал отдельных органов растения, отношение его к почвенной и атмосферной засухе. Определение содержания воды в листьях дает возможность выяснить эколого-физиологические особенности растений, вскрыть механизмы их адаптации к условиям среды.

Содержание влаги в растительных тканях обычно вычисляют в процентах от их сухой или сырой массы. В листьях большинства растений средней полосы в зависимости от погодных условий и этапов онтогенеза содержится 65-82% воды от сырой массы. Различные по засухоустойчивости растения отличаются характером водного обмена. Влаголюбивые виды и сорта имеют высокое содержание воды при достаточном количестве ее в почве, но быстро теряют воду при понижении влажности почвы. У более устойчивых к засухе форм содержание влаги в растениях, как правило, ниже, но ее количество более устойчиво.

Принцип метода основан на том, что при высушивании сырого растительного материала в сушильном шкафу при температуре 105 °С из него удаляется свободная, слабосвязанная и прочносвязанная (гигроскопическая) влага. Количество испарившейся влаги или изменение массы растительного материала устанавливают взвешиванием на аналитических весах.

Цель работы: определить содержание влаги и сухого вещества в листьях.

Оборудование и материалы:

- аналитические весы;
- сушильный шкаф;
- бюксы;
- эксикатор;
- щипцы;
- растения сельскохозяйственных культур.

Условия проведения анализа. Количество воды и сухого вещества в листьях определяют весовым методом. Исследования проводят в двух вариантах, для которых используют листья верхнего и нижнего

ярусов. Берут только нормально развитые, зеленые, не имеющие явных следов повреждения и подсыхания листья. Каждое определение проводят в 3-кратной повторности при навеске сырых листьев не менее 5 г.

Подготовка аналитических проб растительного материала: отобранные части плодов (без семян и косточек), овощей, клубней, кочанов измельчают любым доступным способом – в гомогенизаторе, на терке, ножом, ножницами и равномерно распределяют по площади неглубоких фарфоровых или пластмассовых лотков на листах пластмассы и оргстекла. Шпателем небольшими порциями из разных мест отбирают измельченное вещество массой 5-7 г в бюксы (около 2/3 объема).

При работе необходимо соблюдать следующие правила:

1. Сырой материал должен лежать в бюксе рыхло.
2. Нельзя держать его в шкафу без перерыва дольше 5 часов.
3. Бюкс с навеской нужно ставить в нагретый до 105 °С шкаф.

Ход работы

1. Бюкс с подготовленным растительным материалом взвешивают при закрытой крышке на аналитических весах, ставят на 5 ч в шкаф, нагретый до 105 °С. В процессе взвешивания содержимое бюкса перемешивают стеклянной палочкой.

2. После 5-часового высушивания крышки бюксов закрывают, помещают в эксикатор и после охлаждения взвешивают на аналитических весах.

3. После первого взвешивания содержимое бюксов перемешивают и вновь сушат в течение 1-2 часов при температуре 105 °С и после охлаждения взвешивают, если разница в массе бюксов между последними двумя взвешиваниями превышает 0,001 г, высушивание продолжают до установления постоянной массы.

4. Содержание сухого вещества в свежем растительном материале рассчитывают по формуле

$$x = \frac{c - a}{b - a} \times 100\%,$$

где x – содержание сухого вещества, %;
 a – масса пустого бюкса, г;

b – масса бюкса с навеской сырого растительного материала, г;
 c – масса бюкса с высушенным растительным материалом, г.

5. Содержание влаги рассчитывают по формуле

$$A = 100 - x,$$

где A – содержание влаги, %;

x – сухое вещество, %

или по формуле

$$A = \frac{b-c}{b-a} \times 100 (\%).$$

Результаты анализа заносят в таблицу 1.

Таблица 1 – Результаты определения содержания воды и сухой массы в растительном материале

Вариант	Ярус листьев	Повторность	Номер бюкса	Масса, г			Масса сухого вещества растительного материала, г	Содержание влаги в растительном материале, %
				бюкса	бюкса с сырым материалом	бюкса с сухим материалом		

6. Обобщите полученные результаты в виде таблицы. Сделайте сравнительный анализ данных сравниваемых вариантов по содержанию сухого вещества и влаги. Сформулируйте выводы.

Задачи и упражнения

1. Определите урожайность зерна кукурузы с базисной влажностью 14%, если в период уборки при влажности 21% урожайность составила 60 ц/га.

2. Рассчитайте сбор белка с 1 га при урожае зерна яровой пшеницы 34,2 ц, содержания белкового азота в зерне 2,5%, азота в белке 16% на абсолютно сухое вещество.

3. Определите накопление крахмала в клубнях картофеля в центнерах с одного гектара за 15 дней, если урожай картофеля 20 августа составил 20 т/га с содержанием крахмала 16%, а через 15 дней урожай был 23 т/га, а содержание крахмала возросло на 1,5% по сравнению с первым пробным учетом урожая.

4. Урожайность клубней картофеля составила 40 т/га. Отношение основной продукции к побочной 1:1. Рассчитайте вынос калия урожаем картофеля, если его содержание в клубнях было 0,7%, а в ботве – 0,9%. Какое количество хлористого калия (60% K_2O) потребляется для возмещения выноса, если картофель использует калий минеральных удобрений на 60%?

5. Вынос фосфора яровой пшеницей – 15 кг P_2O_5 на 1 т основной продукции. Сколько дополнительно зерна можно получить за счет 1 т двойного суперфосфата (46% P_2O_5), если растения полностью обеспечены всеми другими веществами? Яровая пшеница использует фосфор минеральных удобрений на 20%.

6. Вычислите хозяйственный вынос азота яровой пшеницей с урожаем зерна 40 ц/га при влажности 14% с содержанием азота в зерне 2,50%, а в соломе 0,61% на абсолютно сухое вещество, при соотношении зерна и соломы 1:1,5. Какое количество аммиачной селитры (34,5%) потребуется для возмещения выноса, если пшеница использует азот минеральных удобрений на 46%?

7. На лугово-черноземной почве биологический вынос кукурузой составил 72 кг азота, 24 кг фосфора и 120 кг калия, хозяйственный вынос соответственно 65 кг, 17,5 кг и 100 кг. Рассчитайте процент отчуждения питательных веществ из почвы урожаем.

8. Определите биологический вынос азота ячменем при урожае зерна 3,5 т/га с базисной влажностью 14% и содержанием азота в зерне 2,7% на абсолютно сухое вещество. Сухое вещество соломы и мякины – 45%, а стерни и корней 16% от общей биомассы абсолютно сухого вещества. Содержание азота в соломе и мякине – 0,47%, в стерне и корнях – 0,4% на абсолютно сухое вещество.

9. Рассчитайте коэффициент использования азота ячменем из удобрений (*КИУ*) по данным предыдущей задачи, если дополнительно известно, что применена доза азота 70 кг/га, а биологический вынос азота в варианте без удобрений составил 66 кг/га.

10. Определите показатель эффективности использования азота из удобрений (**ПЭУ**) ячменем по данным задачи № 8, если известно, что дополнительно применена доза азота 70 кг/га, а прибавка от его действия составила 13 ц/га зерна с базисной влажностью 14%.

11. Установите потребление азота ячменем в кг на 1 т зерна с соответствующим количеством побочной продукции согласно данным задачи № 8.

12. Содержание фосфора (P_2O_5) в корнях столовой свеклы – 0,07%, в ботве – 0,09% на сырое вещество. Урожай корнеплодов – 60 т/га, ботвы – в 1,2 раза выше. Определите вынос фосфора (P_2O_5) в кг на 1 т основной продукции.

13. Определите коэффициент использования азота из почвы (**КИП**) свеклой в опыте с удобрением при урожае корнеплодов 50 т/га и ботвы 60 т/га. Содержание азота в корнеплодах – 0,25%, в ботве – 0,36% на сырую массу. Урожай корнеплодов на неудобренном поле составил 34 т/га. Совместно с азотом текущей нитрификации (Nr) и содержанием $N-NO_3$ в почве до посева – доступного азота в почве – 360 кг/га.

14. Рассчитайте биологический вынос азота прибавкой урожая свеклы по данным задачи № 13.

15. Вычислите биологический вынос P_2O_5 яровой пшеницы при урожае зерна 3,7 т/га с базисной влажностью 14% и содержанием фосфора в зерне 0,85% на абсолютно сухое вещество. Сухое вещество соломы и мякины составляет 52%, а стерни и корней – 15% от общей массы абсолютно сухого вещества. Содержание фосфора в соломе и мякине – 0,2%, в стерне и корнях – 0,25% на абсолютно сухое вещество.

16. Рассчитайте коэффициент использования фосфора из почвы яровой пшеницей по данным задачи № 15, если известно, что в почве содержится доступного растениям фосфора 540 кг/га.

17. Определите потребление фосфора яровой пшеницей в кг на 1 т основной продукции (зерна) по данным задачи № 15.

4 Анализ почвы и диагностика потребности в проведении агрохимических мероприятий (основные теоретические положения)

Мелиорация (от лат. melio – улучшать) – это система мероприятий по улучшению свойств и режима почв в благоприятных производственном и экологическом направлениях. Мелиорация обеспечивает создание важнейших условий для получения высоких и устойчивых урожаев, рациональное использование почв, совершенствует производство, качественно меняет условия и производительность труда. Следует иметь в виду, что мелиорация представляет собой лишь часть сложного комплекса мероприятий, направленных на оптимизацию процесса сельскохозяйственного производства, общего объема продуктивности почв.

Объектами химической мелиорации являются ионообменные и коллоидно-химические свойства почвы, ее кислотно-основные характеристики, солевой и микроагрегатный состав, которые в своей взаимосвязи определяют химико-мелиоративное состояние почвы и могут быть улучшены с помощью различных приемов и методов. Поглотительной способностью обладают почвенные коллоиды – наиболее реакционно способная высокодисперсная часть почвы, в состав которой входят нерастворимые в воде алюмосиликаты, гумусовые вещества и органоминеральные соединения. Весь этот сложный комплекс соединений, способный обменивать содержащиеся в нем катионы кальция, магния, натрия, водорода, алюминия и другие на любые катионы естественных и искусственных растворов, называют *почвенным поглощающим комплексом (ППК)*.

Реакция почвы оказывает большое влияние на развитие растений и почвенных микроорганизмов, на скорость и направленность происходящих в ней химических и биохимических процессов. От реакции почвы в сильной степени зависят:

- усвоение растениями питательных веществ;
- интенсивность микробиологической деятельности в почве;
- минерализация органических веществ;
- разложение почвенных минералов и растворение различных труднорастворимых соединений;
- подвижность токсичных соединений и эффективность удобрений;
- коагуляция и пептизация коллоидов и другие физико-химические процессы.

Реакция почвенного раствора зависит от соотношения в нем ионов водорода (H^+) и гидроксила (OH^-). Если в почвенном растворе концентрация этих ионов одинакова, то реакция будет нейтральной, при $H^+ > OH^-$ – реакция кислая, при $H^+ < OH^-$ – реакция щелочная.

Концентрацию водородных ионов в растворе принято выражать условно символом рН, который обозначает отрицательный десятичный логарифм активности этих ионов (aH^+), взятый с обратным знаком

$$pH = -\lg aH^+$$

Таким образом, *pH – это обратный десятичный логарифм активности или концентрации ионов водорода в растворе.*

Символ рН позволяет выразить активность водородных ионов (aH^+) в кислой и в щелочной среде, то есть представить aH^+ в пределах 10^0 - 10^{-14} . С увеличением концентрации водородных ионов (подкисление раствора) активность ионов водорода также повышается, значение рН понижается; при подщелачивании раствора происходит обратное. Например, при активности aH^+ равной 10^{-3} отрицательный логарифм $10^{-3} = 3$ и $pH = 3$; если $aH^+ = 10^{-9}$, то $-\lg 10^{-9} = 9$ и $pH = 9$. В зависимости от величины рН реакция почв может изменяться от сильнокислой до сильнощелочной (табл. 2).

Наличие в поглощенном состоянии в кислых почвах большого количества ионов водорода и алюминия, а в солонцовых почвах катионов натрия резко ухудшает физические, физико-химические и биологические свойства этих почв, их плодородие. Для коренного улучшения кислых и солонцовых почв необходима химическая мелиорация их в сочетании с другими агротехническими приемами.

Таблица 2 – Уровни кислотности и щелочности почв

pH_{H_2O}	Название реакции среды	pH_{KCl}
< 5,0	Очень сильнокислая	< 4,0
5,1-5,5	Сильнокислая	4,1-4,5
5,6-6,0	Среднекислая	4,6-5,0
6,1-6,5	Слабокислая	5,1-5,5
6,6-7,3	Нейтральная	5,6-6,0
7,4-7,9	Слабощелочная	> 6,0
8,0-8,5	Среднещелочная	–
8,6-9,0	Сильнощелочная	–
>9,0	Очень сильнощелочная	–

Химическая мелиорация почв – это регулирование состава поглощенных ППК катионов путем замены избытка нежелательных среди них (водород, алюминий, железо, марганец в кислых почвах, и натрий и иногда магний в щелочных почвах) на кальций. Устраняют избыточную кислотность почв известкованием, а избыточную щелочность – гипсованием.

4.1 Гипсование солонцовых почв (практическое занятие) (основные теоретические положения)

Распространение солонцовых почв и необходимость их улучшения

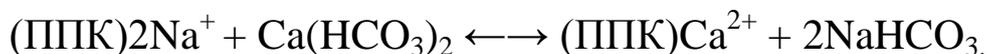
Солонцеватыми почвами и солонцами называют почвы, содержащие повышенное количество обменного натрия (либо магния) в ППК одного из горизонтов почвенного профиля – иллювиального или переходного горизонта, который обозначают символом В, расположенного под самым верхним почвенным горизонтом А.

Процесс накопления поглощенного натрия в поглощающем комплексе почвы называют процессом *осолонцевания*. Обычно солонцы встречаются в комплексе с зональными почвами – бурыми, каштановыми, черноземными, образуя пятна размером от нескольких квадратных метров до десятков гектар. Около 20% солонцовых почв приходится на зону черноземов, а основные их площади находятся в зоне каштановых почв, т. е. на территории с наиболее плодородными почвами. Однако крайне неблагоприятные агрономические показатели солонцов не позволяют использовать благоприятные природно-климатические условия и резко снижают общую продуктивность зональных почв.

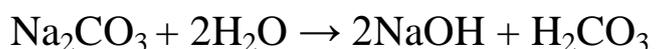
Солонцовые почвы отличаются низким естественным плодородием. Это объясняется прежде всего их отрицательными водно-физическими свойствами. За счет присутствия в почвах натрия повышается гидрофильность коллоидов, при этом увеличивается набухаемость почв. В сухой период глинистая масса солонцов сжимается, превращается в плотную, твердую массу, не поддающуюся обработке.

Солонцовый горизонт препятствует проникновению вглубь корневой системы растений. Кроме отрицательных агрофизических качеств, солонцам свойственна повышенная щелочность в горизонте В, губительно действующая на культурные растения и большинство почвенных микроорганизмов.

В результате обменной реакции между поглощенным натрием и бикарбонатом кальция или угольной кислотой в почвенном растворе солонцовых почв образуются углекислые соли натрия, которые, будучи гидролитически щелочными, создают повышенную щелочность раствора



Сода, присутствующая в поверхностных горизонтах профиля, как соль сильного основания и слабой кислоты, подвергается активному гидролизу



При щелочной реакции нарушается обмен веществ в растениях, уменьшается растворимость и доступность соединений железа, марганца, бора, фосфорнокислых солей кальция и магния в почве, угнетаются процессы фотосинтеза. Гигроскопичность солей резко уменьшает количество почвенной влаги, доступной растениям. Все эти отрицательные черты солонцовых почв приводят к замедлению развития растений, резкому снижению урожая, а зачастую к гибели сельскохозяйственных растений.

Влияние засоления почв на развитие сельскохозяйственных культур зависит как от биологических особенностей каждой отдельной культуры, так и от степени и химизма засоления, а также от других показателей почвы: ее влажности, запаса питательных веществ. Предельная солеустойчивость культур выражается допустимым для их возделывания содержанием в почве хлора и для большинства культурных растений находится в пределах от 0,04 до 0,01%.

Из древесных и кустарниковых культур устойчивы к засолению вяз мелколистный, акация желтая, клен татарский, смородина золотистая. Далеко не все соли одинаково токсичны для растений. Наиболее вредна для растений сода, менее токсичными являются хлорид и сульфат натрия.

К улучшению солонцовых почв следует подходить дифференцированно, в зависимости от их степени солонцеватости, от количества выпадающих осадков, наличия или отсутствия орошения. В зависимости от величины солонцеватости почвы подразделяются на следующие группы: несолонцеватые – содержащие поглощенного на-

трия не более 5% от емкости поглощения; слабосолонцеватые – 5-10%; солонцеватые – 10-20% и солонцы (более 20%).

Определение потребности почвы в гипсовании и расчет дозы гипса

Потребность почв в гипсовании устанавливают по степени их солонцеватости, которая обусловлена долей обменного натрия (Na) от общего количества обменных катионов (ЕКО). Расчет ведется по формуле

$$\text{Na, \%} = (\text{Na} / \text{ЕКО}) 100.$$

Полученные результаты оцениваются по таблице 3.

В гипсовании нуждаются почвы, содержащие более 10% Na от емкости катионного обмена.

Таблица 3 – Градации почв по степени солонцеватости

Содержание обменного Na, в % от ЕКО		Степень солонцеватости почв
малогумусные – до 5% гумуса	высокогумусные – 6-10% гумуса	
< 3	< 5	Несолонцеватые
3-5	5-10	Слабосолонцеватые
5-10	10-15	Среднесолонцеватые
10-15	15-20	Сильносолонцеватые
> 15	> 20	Солонцы

Коренным способом улучшения этих почв является их гипсование, т. е. внесение в почву в качестве мелиорирующего средства – гипса $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$. Теоретическое обоснование гипсования солонцов было дано в работах академика К.К. Гедройца. При внесении в почву гипса в почвенном растворе устраняется сода, поглощенный натрий вытесняется и замещается кальцием с образованием хорошо растворимой нейтральной соли – сульфата натрия



Таким образом, данный прием устраняет щелочную реакцию солонцеватой почвы.

Расчет дозы гипса

Дозу гипса устанавливают по содержанию обменного натрия и определяют по формуле

$$\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O} = 0,086 (\text{Na} - 0,1 \cdot \text{ЕКО}) \cdot h \cdot d,$$

где Na – содержание в почве обменного натрия, мг-экв. на 100 г почвы;
0,1 · ЕКО – количество натрия (свыше 10%), на которое гипс не вносится, мг-экв. на 100 г почвы;

0,086 – эквивалентная масса гипса, мг;

h – высота мелиорируемого слоя, см;

d – плотность сложения мелиорируемого слоя, г/см³.

С учетом количества $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ (%) в мелиоранте (M, т/га) (прил. 1) содержание частиц крупнее 1 мм (П, %) и влаги (W%) рассчитывается физическая доза гипса по формуле

$$M = \text{CaSO}_4 \cdot 10^6 / \text{CaSO}_4, \% \cdot (100 - \text{П}) \cdot (100 - \text{W}).$$

Непременным условием успешной мелиорации является удаление побочных продуктов реакции гипсования (Na_2SO_4) из корнеобитаемых горизонтов почвы во избежание ее вторичного засоления, а это достигается при достаточном естественном увлажнении. Поэтому гипсование целесообразно сочетать с мероприятиями, усиливающими промывание почвы (снегозадержание, дренирование), особенно эффективно оно в условиях орошения, которое способствует удалению натриевых солей из почвенной толщи и предотвращает возможность вторичного осолонцевания или засоления почвы. Мелиорирующее действие гипса зависит от степени перемешивания его с почвой. Поэтому гипс обязательно заделывают под глубокую зяблевую вспашку, чтобы солонцовый горизонт лучше перемешать с ним и верхним надсолонцовым горизонтом. Причем способы внесения гипса зависят от глубины залегания солонцового горизонта. Экономически целесообразной считается доза гипса, не превышающая 3-5 г/га в зависимости от степени солонцеватости и возделываемых культур.

Гипсовые мелиоранты

Гипсование является дорогостоящим мероприятием, а малорастворимый гипс – мелиорантом медленного действия. Его растворимость при температуре 20 °С около 2 г/л резко падает при снижении температуры ниже 15 °С, он вступает в активное взаимодействие с ППК только при достаточной влажности. При высыхании гипс временно, до следующего цикла, инактивируется, и по этой причине его действие в районах богарного земледелия проявляется не как в орошаемых зонах 6-10 лет, а в 3-5 раз дольше (Березин, 2009).

Среди природных соединений, содержащих кальций, в мелиорации солонцов наибольшее распространение получили глиногипс, карбонатно-гипсовая порода, фосфогипс, сыромолотый гипс. *Глиногипс* содержит 70-90% гипса, до 11% карбоната кальция, примеси магния, натрия, калия, ряд микроэлементов (медь, марганец и др.). Глиногипс является эффективным мелиорантом, особенно в условиях орошения, и оказывает положительное действие на почву и ее плодородие в течение 5-6 лет после внесения.

Аналогичное воздействие на солонцовые почвы оказывает *карбонатно-гипсовая* порода, которая легко добывается открытым способом и не нуждается в предварительной подготовке и переработке, а по мелиоративному действию не уступает гипсу.

Фосфогипс является крупнотоннажным отходом производства двойного суперфосфата и преципитата. Представляет собой очень тонкий порошок серого или белого цвета, содержащий 75-85% гипса, 0,5-0,6% фосфорной кислоты, 5-6% глины и воду. Фосфогипс гораздо дешевле гипса, обладает более высокой растворимостью, а присутствие в нем водорастворимого фосфора усиливает мелиорирующий эффект. Его использование несколько осложняется высокой гигроскопичностью, поэтому фосфогипс рекомендуется подсушивать и гранулировать в заводских условиях, чтобы он содержал не более 15% свободной влаги.

Сыромолотый гипс получают путем размола природных залежей гипса. Это белый или серый порошок, содержит 71-73% гипса, в воде растворяется слабо. Важное значение имеет тонина его размола. Согласно принятому стандарту все частицы гипса должны проходить через сито с отверстием 1 мм и не менее 70-80% через сито с отверстиями 0,25 мм. Влажность молотого гипса не должна превышать 8%, иначе он слеживается, при хранении превращается в глыбы и комки.

Агротехнические и агробиологические способы улучшения солонцовых почв

Изучение генетических особенностей солонцовых почв, своеобразное строение их профиля позволило разработать методы коренного улучшения солонцов без внесения химических мелиорантов извне путем использования внутренних ресурсов самой почвы.

В солонцах второй группы поглощенного натрия немного и нет соды. На этих почвах наиболее эффективен агробиологический способ освоения солонцов. Он заключается в сочетании механического, химического и биологического воздействий на солонцовые почвы с целью их улучшения и состоит из комплекса мероприятий:

1) мелиоративная обработка почв, направленная на создание глубокого пахотного и корнеобитаемого слоя с вовлечением в него углекислого кальция или гипса из нижележащих горизонтов, за счет которых осуществляется *самомелиорация* солонцов, которая была предложена В.А. Ковдой, А.Ф. Большаковым;

2) система применения органических и минеральных удобрений;

3) система влагонакопительных мероприятий;

4) посев культур-освоителей (*фитомелиорация*).

Агробиологическая мелиорация включает в себя накопление влаги, введение черных и кулисных паров, напахивание снежных полос, лиманное орошение. Благодаря этому создаются условия для увеличения запасов и выноса вредных солей в нижележащие горизонты. Мелиоративную обработку солонцов осуществляют в раннем или черном пару. При обработке раннего пара основную мелиоративную вспашку на 45-50 см проводят весной, летом его культивируют. Ранней весной следующего года боронуют и высевают культуры – освоители солонцов.

При обработке черного пара основную мелиоративную вспашку проводят осенью. На следующий год осуществляют уход за паром (ранневесеннее боронование, культивация, осеннее глубокое рыхление).

Термический пар применяют для улучшения свойств солонцеватых почв и солонцов сухостепной и полупустынной зон. Его действие основано на улучшении физических свойств солонцового горизонта под действием солнечной радиации. Способ заключается в том, что при вспашке солонцовый горизонт выворачивается на поверхность, где он подвергается действию климатических факторов. В сухостепной и полупустынной зонах под действием высоких температур в континентальных условиях происходит дегидратация и коагуляция

почвенных коллоидов. Термический пар применим только при малом количестве осадков, высоких и резко колеблющихся температурах.

Отрицательные свойства сильнозасоленных почв и солончаков могут быть ослаблены в результате *биологической* мелиорации. Этот вид мелиорации осуществляется путем возделывания на засоленных почвах галофитов. Последние способны поглощать до 25-50% солей от собственной сухой массы. Скашивание и удаление солянок позволяет освободить поверхностные горизонты от части солей. Кроме того, солянки затеняют почву, обогащают ее верхние горизонты органическим веществом. Здесь возможно возделывание таких ценных луговых трав, как пырей, донник, лядвенец, полевица, солончаковый ячмень; из древесных пород тамариск, лох, скумпия, акация желтая, клены татарский и ясенелистный, смородина золотистая. Своей корневой системой они благоприятно влияют на физические и химические свойства почвы. Дополнительная аккумуляция снега не только улучшает их водный режим, но и способствует промывке солей.

Землевание как способ мелиорации заключается в искусственном создании мощного плодородного пахотного горизонта на поверхности солонца. С этой целью скреперами срезают тонкий (1-2 см) слой поверхностного горизонта окружающей солонец плодородной несолонцевой почвы, который и будет пахотным горизонтом нового профиля. Этот прием наиболее эффективен для мелиорации солонцов черноземной зоны, поскольку срезка поверхностных слоев при тщательном выполнении этого приема не вызывает заметного изменения плодородия черноземов.

Срезанный мелкозем гумусового горизонта в буртах складывают на поверхности мелиорируемых солонцевых участков, а затем разравнивают грейдерами по полю. Н.В. Орловский, впервые предложивший этот прием мелиорации солонцов в черноземной зоне Западной Сибири, считал достаточным нанесение слоя мощностью 6-9 см в несколько приемов. Землевание должно сочетаться с интенсивной системой мероприятий по восстановлению плодородия почв на срезанных участках поверхности. Большое значение приобретает внесение удобрений, особенно органических, посев сидератов.

Содержание практической работы

1. Ознакомьтесь с особенностями солонцевых почв и способами их улучшения по данным конспекта теории.

2. Каждый студент получает индивидуальное задание, по материалам которого необходимо определить:

- ✓ потребность почв в гипсовании;
- ✓ рассчитать дозу мелиоранта;
- ✓ предложить агротехнические способы улучшения анализируемой почвы.

Задачи и упражнения

1. Почва – южный чернозем, емкость катионного обмена – 36 ммоль /100 г, содержание обменного натрия – 6,4 ммоль/100 г, плотность почвы – 1,4 г/см³, глубина мелиорируемого слоя – 0-20 см. Определите степень солонцеватости почвы и дозу гипса.

2. Доза гипса составляет 5,8 т/га. Норма внесения в физической массе следующих удобрений:

- а) гипс сыромолотый;
- б) фосфогипс;
- в) глиногипс.

3. Определите: а) очередность внесения мелиоранта и его дозу на следующих почвах:

светло-каштановая, тяжелосуглинистая, S – 38,0 ммоль /100 г, Na – 3,2 ммоль /100 г, гумус – 2,1% под культуры севооборота: люцерна – яровая пшеница – однолетние травы – пшеница;

светло-каштановая супесчаная, S – 25 ммоль /100 г, Na – 6,0 ммоль /100 г, гумус – 1,2% под культуры севооборота: донник – пшеница – свекла кормовая – овес;

б) какие из указанных удобрений внесете под эти культуры (гипс, простой или двойной суперфосфат, фосфогипс)?

4. Определите степень нуждаемости в мелиорирующем веществе и рассчитайте его дозу для пахотного слоя (0-20 см) по следующим показателям:

Почва	Горизонт	Глубина, см	Ммоль на 100 г почвы				Плотность сложения, г/см ³
			Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	S	
1	A ₁	0-12	30,06	8,8	1,9	41,5	1,27
	B ₁	12-23	29,9	9,04	2,1	41,04	1,49
2	A ₁	0-10	38,9	12,0	1,0	51,9	1,35
	B ₁	10-23	31,44	11,6	1,6	45,0	1,47
3	A ₁	0-18	19,89	5,82	3,60	29,01	1,26
	B ₁	18-27	24,33	6,72	5,46	36,45	1,47

5. Почва – солонец корковый, ЕКО – 28 ммоль /100 г, содержание обменного натрия – 8,3 ммоль/100 г, плотность почвы – 1,5 г/см³, глубина мелиорируемого слоя 0-7 см. Определите степень солонцеватости почвы и дозу гипса.

6. Рассчитайте норму гипса, необходимую для мелиорации солонца высокостолбчатого, если S – 30,6 ммоль /100 г, содержание обменного натрия – 6,3 ммоль/100 г, плотность почвы – 1,48 г/см³, глубина мелиорируемого слоя – 0-24 см.

7. Определите степень солонцеватости и рассчитайте норму гипса для мелиорации каштановой почвы с содержанием гумуса 3,5%, если содержание обменного натрия – 5,8 ммоль/100 г, ЕКО – 23 ммоль / 100 г, плотность почвы – 1,37 г/см³, глубина мелиорируемого слоя – 0-16 см.

8. По представленным данным, выраженным в ммоль на 100 г почвы, определите: нуждается ли почва в химической мелиорации; если нуждается, то в какой?

а) ЕКО = 15,5; НГ = 8; $d_v = 1,32 \text{ г/см}^3$;

б) S = 8,5; НГ = 4,6; $d_v = 1,27 \text{ г/см}^3$;

в) $\text{Na}^+ = 5$; S = 20; $d_v = 1,3 \text{ г/см}^3$;

г) ЕКО = 28; $\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+} = 22$; $\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}} > 7$; $d_v = 1,35 \text{ г/см}^3$;

д) S = 12; ЕКО = 20; $\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}} < 7$; $d_v = 1,2 \text{ г/см}^3$;

е) $\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+} = 35$; ЕКО = 40; $\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}} > 7$; $d_v = 1,1 \text{ г/см}^3$;

ж) $\text{Ca}^{2+} = 8$; $\text{Mg}^{2+} = 3$; НГ = 6; $d_v = 1,31 \text{ г/см}^3$.

9. Для создания культурного пахотного слоя требуется узнать, нуждается ли почва в мелиорирующем веществе и в какой дозе по следующим показателям:

Почва	Горизонт	Глубина, см	Ммоль на 100 г почвы				Плотность сложения, г/см ³
			Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	S	
1	A ₁	0-15	7,41	2,38	8,10	17,89	1,12
	B ₁	15-24	2,68	1,89	23,29	27,86	1,54
2	A ₁	0-10	47,97	9,64	3,86	61,47	1,20
	B ₁	10-35	34,32	9,18	6,70	50,20	1,51
3	A ₁	0-10	27,16	9,57	8,50	45,23	1,25
	B ₁	10-23	11,44	6,38	13,23	31,05	1,49

10. Что можно сказать о почве с точки зрения состава поглощенных катионов почвенного поглощающего комплекса по следующим данным, выраженным в ммоль на 100 г почвы?

а) $\text{Ca}^{2+} = 29$; $\text{Mg}^{2+} = 5,8$; $\text{Na}^+ = 1,9$; $d_v = 1,24 \text{ г/см}^3$;

б) $\text{Na}^+ = 2$; $\text{S} = 22$; $d_v = 1,3 \text{ г/см}^3$;

в) $\text{Na}^+ = 9$; $\text{ЕКО} = 28$; $d_v = 1,37 \text{ г/см}^3$;

г) $\text{Ca}^{2+} = 7,8$; $\text{Mg}^{2+} = 2,4$; $\text{S} = 17$; $d_v = 1,21 \text{ г/см}^3$;

д) $\text{ЕКО} = 30$; $\text{Na}^+ = 6$; $d_v = 1,28 \text{ г/см}^3$.

11. Для создания культурного пахотного слоя требуется узнать, нуждается ли почва в мелиорирующем веществе и в какой дозе по следующим показателям:

Почва	Горизонт	Глубина, см	Ммоль на 100 г почвы				Плотность сложения, г/см^3
			Ca^{2+}	Mg^{2+}	Na^+	S	
1	A ₁	0-15	18,94	7,42	1,34	28,7	1,20
	B ₁	15-20	6,12	1,89	2,03	24,5	1,24
2	A ₁	0-10	16,12	6,82	3,16	20,1	1,23
	B ₁	15-35	15,05	3,90	5,65	24,6	1,51
3	A ₁	0-10	20,16	7,57	3,50	31,23	1,25
	B ₁	10-23	21,34	10,0	8,70	40,04	1,49

4.2 Известкование кислых почв (основные теоретические положения)

Территориально кислые почвы в крае распространены широко. Большая их часть сосредоточена в Ачинской лесостепной зоне – 46% от общей площади кислых почв края. В Центральной пригородной и Канской лесостепной зонах их площади практически равны (16,2 и 16,3%). Несколько больше их в Северной подтаежной зоне – 18,5%. Незначительная доля (3%) приходится на Южную лесостепную зону (Танделов, 2012).

Следует заметить, что в отличие от своих европейских аналогов кислые почвы Красноярского края менее оподзолены, что объясняется в основном карбонатностью почвообразующих пород. Характерной особенностью этих почв является низкая оструктуренность. Они быстро расплываются, образуют корку. У них слабая водопроницаемость. Вследствие этого во время снеготаяния и в периоды интенсивного выпадения осадков развивается водная эрозия.

Основной особенностью кислых почв является недостаток ионов кальция и избыток ионов водорода в почвенном поглощающем комплексе пахотного горизонта, что обуславливает их крайне неблагоприятные агрохимические свойства. Прежде всего, кальций – важный

элемент питания растений, и его недостаток вызывает их кальциевое голодание: растения плохо развиваются и плодоносят, не переносят перезимовки. Понижение реакции почвенного раствора отрицательно влияет на усвоение растениями азота, фосфора, калия и других элементов.

Высокая концентрация ионов водорода затрудняет рост и развитие корневой системы растений, резко снижается, а иногда полностью прекращается усвоение кальция, затормаживается поступление фосфора, поскольку частично изменяется состав протоплазмы корневых клеток. В кислой среде в растениях нарушаются процессы обмена с накоплением промежуточных соединений (нитритов, простых углеводов, органических кислот) вместо завершенных (белков, жиров, крахмала). Растения теряют морозо- и жаростойкость, устойчивость к засухе, к болезням и вредителям, задерживается прохождение отдельных фаз роста и развития.

В почвах с повышенной кислотностью подавляется жизнедеятельность полезных микроорганизмов, почти не развивается аммонифицирующая и нитрифицирующая микрофлора, что тормозит образование нитратов и фиксацию атмосферного азота. В результате нарушается азотное питание растений. В то же время отдельные формы грибов (пенициллиум, фузариум, триходерма), которые выделяют вещества, ядовитые для растений, в кислых почвах развиваются, что создает неблагоприятные условия для жизни и развития растений.

Повышенная кислотность уменьшает растворимость соединений ряда микроэлементов, необходимых растениям (молибден, бор, цинк и медь). Поэтому растения, культивируемые на почвах элювиального ряда, существенно уступают по содержанию белковых соединений, чем культуры, выращиваемые на почвах черноземного типа. Напротив, в кислой среде повышается растворимость и, следовательно, содержание подвижных форм алюминия, марганца, токсичных для растений.

Кислые почвы отличаются и неблагоприятными физическими свойствами. При недостатке кальция и магния, которые образуют нерастворимые гуматы, гумусовые вещества плохо удерживаются в почве, отчего не только уменьшается запас питательных элементов, но и ухудшается структура почвы. Почвы элювиального ряда обладают, как правило, тонко-пылеватым гранулометрическим составом и бесструктурны, бедны коллоидными частицами и гумусом, что сопровождается нарушением благоприятного водно-воздушного режима.

Определение нуждаемости почв в известковании и расчет дозы извести

Установление потребности почвы в известковании и определение необходимых доз известковых материалов основываются на изучении почвенной кислотности.

Реакция почвенного раствора является отражением состава почвообразующих пород, характера, интенсивности основных процессов и режимов, происходящих в конкретных условиях сочетания факторов почвообразования. Те почвы, в которых оподзоливание выразилось в большей степени, а выщелачивание карбонатов и оснований прошло сильнее, обладают большей обменной кислотностью.

Различают два типа почвенной кислотности: *актуальную* и *потенциальную*.

Актуальная кислотность – это кислотность почвенного раствора (водной вытяжки). Интенсивность (степень кислотности) характеризуется активностью ионов водорода, выражаемой как отрицательный логарифм концентрации ионов водорода. Кислотность почвенного раствора обусловлена растворенными в нем химическими веществами. На величину рН почвенного раствора влияют свободные органические кислоты. Из минеральных кислот большое значение имеет угольная кислота, на количество которой влияет растворение в почвенном растворе диоксида углерода.

Потенциальная кислотность связана с твердыми фазами почвы и проявляется только при взаимодействии почвы с солевыми растворами. В составе потенциальной кислотности различают обменную кислотность, определяемую при взаимодействии почвы с раствором нейтральной соли, и гидролитическую, определяемую при действии на почву гидролитически щелочной соли. Гидролитическая кислотность почвы является скрытой и показывает почти полную потенциальную кислотность почвы.

Важным показателем необходимости известкования является наличие и величина обменной кислотности. Обменная кислотность своим происхождением обязана совместному наличию в почвах ионов водорода и алюминия, которые находятся в поглощенном состоянии, и представляет собой небольшую, но наиболее опасную часть почвенной кислотности. Она наблюдается в почвах, в которых процесс выщелачивания оснований осуществляется весьма интенсивно, и почва нуждается во внесении извести.

Таким образом, общее представление об обменной кислотности можно получить, определяя рН солевой вытяжки (рН_{KCl}). Установлено, что:

при рН_{KCl} < 4,5 почва *сильно нуждается в известковании*;

при рН_{KCl} от 4,5 до 5,5 *средняя нуждаемость*;

при рН_{KCl} > 5,5 известкование становится *ненужным*.

Степень кислотности почвы – важный, но не единственный показатель, характеризующий потребность почв в известковании. Наиболее надежно необходимость известкования диагностируется по величине степени насыщенности основаниями (V, %)

$$V, \% = S \cdot 100 / S + H_{\Gamma},$$

где S – сумма поглощенных оснований, ммоль/100 г почвы;

H_Г – величина гидролитической кислотности, ммоль/100 г почвы.

Потребность почв в известковании в зависимости от их насыщенности основаниями, установленная эмпирически, выражается следующей шкалой (Возбуждая, 1968). Почвы, у которых:

V < 50%, сильно нуждаются в известковании;

V – 51-70%, в средней степени нуждаются во внесении извести;

V > 80%, не нуждаются в известковании.

При известковании необходимо учитывать биологические особенности сельскохозяйственных культур. По отношению к реакции среды растения могут быть сгруппированы следующим образом.

К *первой* группе относят культуры, характеризующиеся очень высокой чувствительностью к кислой реакции среды почв. Они хорошо растут только при нейтральной или слабощелочной реакции и характеризуются высокой отзывчивостью на их известкование – это люцерна, эспарцет, клевер, сахарная и столовая свекла.

Во *вторую* группу входят культуры, отличающиеся умеренной чувствительностью к кислотности почв (произрастают при слабокислой или нейтральной реакции), и хорошо отзываются на известкование – яровая пшеница, кукуруза, соя, фасоль, горох, подсолнечник, лук.

К *третьей* группе относят растения, удовлетворительно растущие в широком интервале рН – слабочувствительные к кислотности почв (рожь, овес, просо, гречиха, тимофеевка). Они положительно реагируют на применение высоких доз извести.

Четвертую группу составляют культуры:

а) не переносящие избытка кальция в почве – лен;

б) удовлетворительно переносящие кислотность почв и не нуждающиеся в их известковании – картофель.

По отношению к реакции среды почв различаются не только виды растений, но и разные сорта одного и того же вида. Наивысшей отзывчивостью на известкование отличаются сорта, выведенные на почвах, имеющих нейтральную и щелочную среду.

Агроэкологические условия растений, произрастающих на кислых почвах, во многом определяются в них отдельными «кислотоопределяющими» элементами.

Расчет дозы извести

При проведении известкования очень важно установить оптимальную дозу извести в соответствии с особенностями почвы и возделываемых растений. Расчет дозы извести, необходимой для нейтрализации почвы, зависит от величины гидролитической кислотности, выраженной в мг-экв. на 100 г почвы. Дозу извести вычисляют по формуле

$$\text{CaCO}_3 (\text{т/га}) = \text{H}_Г \cdot 0,05 \cdot d \cdot h,$$

где $\text{H}_Г$ – величина гидролитической кислотности, ммоль /100 г почвы;

0,05 – количество извести в граммах, соответствующее 1 ммоль почвенной кислотности;

h – высота мелиорируемого слоя, см;

d – плотность сложения мелиорируемого слоя, г/см³.

Устанавливая дозу извести, учитывают гранулометрический состав почвы, биологические особенности растений и степень нуждаемости почвы в известковании.

При *сильной* нуждаемости применяется полная расчетная доза извести;

при *средней* – 1/2 или 3/4;

при *слабой* – 1/3 или 1/4 дозы.

Кроме того, учитывается отношение культур к известкованию и гранулометрический состав почвы.

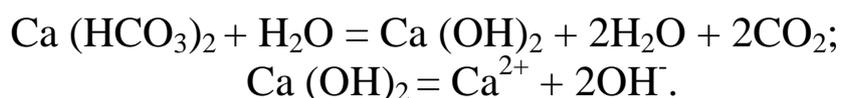
С учетом количества CaCO_3 (%) в известьсодержащем материале (прил. 2), содержания частиц > 1 мм (П, %) и влаги (W, %) рассчитывается физическая доза извести (M, т/га) по формуле

$$M = \text{CaCO}_3 \cdot 10^6 / \text{CaCO}_3, \% \cdot (100 - \text{П}) \cdot (100 - \text{W}).$$

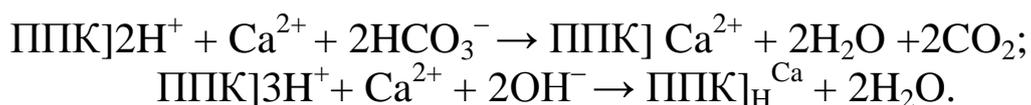
Основное известковое удобрение – известняк CaCO_3 – практически нерастворимо в воде, однако под влиянием содержащейся в почвенном растворе углекислоты карбонат кальция постепенно превращается в растворимый бикарбонат кальция



Бикарбонат кальция диссоциирует на ионы Ca^{2+} и 2HCO_3^- и частично подвергается гидролизу



В почвенном растворе, содержащем бикарбонат кальция, повышается концентрация ионов Ca^{2+} и OH^- . Катионы кальция вытесняют ионы водорода из почвенного поглощающего комплекса, и кислотность нейтрализуется



Химические мелиоранты – удобрения длительного действия. При многократных механических обработках почвы они тщательно перемешиваются со всей массой пахотного слоя. Полная доза извести оказывает положительное действие на урожай растений на средне- и тяжелосуглинистых почвах в течение 15-20 лет, а на почвах легкого гранулометрического состава – 8-10 лет. Главное условие – необходимо, чтобы максимальный сдвиг показателя рН в сторону щелочного интервала по времени совпал с размещением на известкованном поле культуры, наиболее отзывчивой на это мероприятие. И наоборот, культуры, на которые известкование оказывает отрицательное действие, должны размещаться на этом поле в момент затухания действия мелиоранта.

Требования к внесению и заделке извести

1. Основным требованием является равномерное распределение (рассев) извести с последующим тщательным перемешиванием с почвой.
2. При известковании полной дозой повторное внесение извести проводят через 6-8 лет.
3. Полную дозу извести вносят в два приема: большая часть дозы заделывается с осени под вспашку зяби, меньшая – под культивацию.
4. Обязательным условием эффективного известкования является оптимальная влажность почвы.
5. Недопустимо внесение извести весной, поскольку почвенная влага будет использована на гашение извести, а почва иссушена.
6. Внесение извести в зимнее время может быть в исключительных случаях при строго определенных условиях: по тонкому снегу, на выровненных местах, в безветренную погоду.
7. Недопустимо совместное внесение извести с навозом и аммиачными удобрениями вследствие потерь азота.
8. Для посева слабопылящих материалов используют разбрасыватель минеральных удобрений РУМ-3, универсальный тракторный прицеп-разбрасыватель 1-ПТУ-3,5; разбрасыватель минеральных удобрений и извести РМИ-2, навешенный на разбрасыватель-прицеп удобрений РПТУ-2А и туковые сеялки.

Известковые мелиоранты

Известковые мелиоранты подразделяются на твердые (требующие размола), мягкие или рыхлые (не требующие размола) и отходы промышленности.

Твердые известковые породы содержат разное количество CaCO_3 и MgCO_3 (прил. 2), различаются по количеству нерастворимого остатка (глина и песок). По содержанию CaO и MgO эти породы делятся на следующие группы: известняки содержат 55-56% CaO и до 0,9% MgO ; известняки доломитизированные – 42-55% CaO и 0,9-9% MgO ; доломиты – 32-30% CaO и 18-20% MgO .

Известняки и мел – осадочные породы преимущественно морского происхождения. Известняки состоят в основном из минерала кальцита, но чаще они доломитизированы и, кроме CaCO_3 , содержат

MgCO₃. Присутствие MgCO₃ повышает прочность и твердость известковых пород и уменьшает их растворимость. Твердые известковые породы являются исходным материалом для производства промышленных известковых удобрений – известняковой и доломитовой муки, жженой и гашеной извести.

Известняковая или доломитовая мука получается при размоле и дроблении известняков и доломитов на заводах. Известняковая мука состоит из CaCO₃ и небольшого количества MgCO₃; в пересчете на CaCO₃ содержит 85-100%. Доломитовую муку следует применять на почвах легкого гранулометрического состава, особенно при возделывании культур, чувствительных к недостатку магния. Быстрота взаимодействия с почвой и эффективность молотого известняка и доломита в сильной степени зависит от тонины помола. Частицы известняка и доломита крупнее 1 мм плохо растворяются и очень слабо уменьшают кислотность почвы. Чем тоньше размол известняка и доломита, тем лучше она перемешивается с почвой, скорее и полнее растворяется, быстрее действует и тем выше ее эффективность.

Жженая и гашеная известь. При обжиге твердых известняков карбонаты кальция и магния теряют углекислоту и превращаются в окись кальция или окись магния, получается жженая (комовая) известь. При взаимодействии ее с водой образуется гидроксид кальция или магния, то есть так называемая гашеная известь, пушенка – тонкий рассыпающийся порошок. Гасить жженую известь можно непосредственно перед применением, присыпая влажной землей. Гашеная известь получается как отход на известковых заводах и при производстве хлорной извести. Пушенка – наиболее быстродействующее известковое удобрение, особенно ценное для глинистых почв.

Мягкие известковые породы – вторичные пресноводные известковые отложения. К ним относятся известковые туфы, мергели, природная доломитовая мука. Залежи их обычно более мелкие, но они расположены часто вблизи полей, что делает их применение экономически целесообразным, они не требуют размола, а только высушивания и просеивания.

Известковые туфы называют еще ключевой известью, так как они встречаются главным образом в местах выхода ключей в притеррасных поймах; содержат от 80 до 90% CaCO₃.

Мергели содержат в основном CaCO₃, иногда вместе с примесью глины. Поэтому содержание здесь колеблется от 25 до 50%. Мергели могут быть рыхлые и плотные, требующие измельчения.

Доломитовая мука – естественная рыхлая порода, состоящая из $MgCO_3$ и $CaCO_3$, с общим содержанием в перерасчете на $CaCO_3$ 95-100%. Не требует размола. Залежи встречаются редко. Хорошее известковое удобрение для почв легкого гранулометрического состава, бедных магнием.

Известковые отходы промышленности. К ним относятся: сланцевая зола, дефекат, белитовая мука.

Сланцевая зола получается при сжигании горючих сланцев на промышленных предприятиях и электростанциях. Состоит из силикатов, окисей и карбонатов кальция и магния с общим содержанием в пересчете на $CaCO_3$ – 65-80%. Кроме того, содержит небольшое количество калия и серы. По действию близка к известняковой муке.

Дефекат – отход свеклосахарного производства. Содержит $CaCO_3$ с примесью $Ca(OH)_2$ с общим содержанием в пересчете на $CaCO_3$ до 70%. Хорошее известковое удобрение для применения вблизи сахарных заводов. Кроме извести, дефекат содержит 0,3-0,5% азота, 1-2% фосфора, 0,6-0,9% калия, до 15% органического вещества.

Белитовая мука – отход алюминиевой промышленности, имеет следующий химический состав, %: CaO – 45-50, $Na_2O + K_2O$ – 2,05, SiO_2 – 30, Fe_2O_3 – 2,9, MnO – 0,04, Al_2O_3 – 3,4, а также небольшое количество фосфора, серы и некоторых микроэлементов.

Определение возможности фосфоритования почв по графику Б.А. Голубева

Возможность замены водорастворимого суперфосфата нерастворимой в воде фосфоритной мукой и эффективность ее действия напрямую зависит от степени кислотности почвы и насыщенности почвы основаниями. Материалы исследований Ю.П. Танделова (2012) свидетельствуют о том, что в Красноярском крае площади почв с низким и очень низким содержанием подвижного фосфора составляют 47% от обследованных, со средним содержанием – 26%, с повышенным – 27%. В то же время в составе пахотных угодий Красноярского края доля кислых почв невелика. Для производства фосфоритной муки можно использовать местную сырьевую базу. На территории Красноярского края разведаны уникальные месторождения фосфоритных руд – Обладжанского, Сейбинского, Телекского, Тамалыкского, отличающиеся высоким содержанием фосфора. Однако в настоящее время нет разработанной технологии переработки низкопроцентных фосфатных руд в водорастворимые фосфорные удобрения.

ния. Низкопроцентные фосфориты могут быть использованы после их размола и обогащения в виде фосфоритной муки. Это технически вполне доступный и экономически оправданный путь резкого снижения дефицита фосфора в земледелии Приенисейской Сибири (Рудой, 2010). В то же время ограничивающим условием эффективного действия фосфоритной муки на почвах края является высокая степень насыщенности основаниями, низкая кислотность и нейтральная или близкая к нейтральной реакция почвы.

Зависимость между указанными свойствами почв и возможностью более эффективного применения фосфоритной муки определяют с помощью графика Б.А. Голубева (рис. 3).

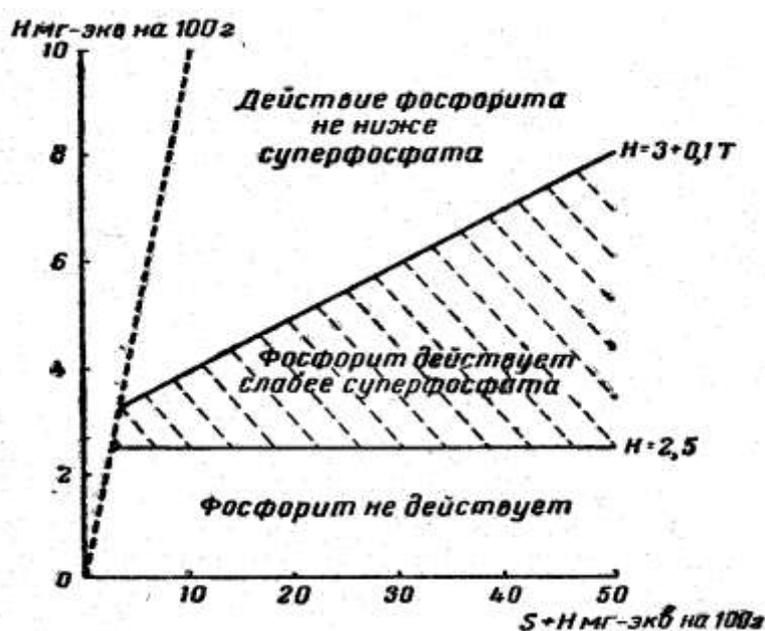


Рисунок 3 – График Б.А. Голубева для прогноза действия фосфора фосфоритной муки

В фосфоритной муке фосфор находится в соединении $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$, недоступном для растений на почвах с гидролитической кислотностью ниже 2,5 ммоль /100 г почвы, – фосфорит не действует – фосфоритную муку применяют только после компостирования с навозом, торфом;

фосфорит действует слабее суперфосфата – применяют в смеси с физиологически кислыми удобрениями, с навозом, торфом;

при высоких значениях потенциальной кислотности и ненасыщенности почвы основаниями действие фосфорита не ниже суперфосфата, поэтому фосфоритную муку применяют в чистом виде.

Потенциометрическое определение актуальной и обменной кислотности (лабораторная работа)

Принцип метода. Метод основан на определении активности ионов водорода. Для измерения величины рН используется электронная схема со стеклянным электродом, в который впаян литиевый стерженок. При погружении электрода в раствор происходит обмен ионов лития с поверхности слоев на ионы водорода. Благодаря разности потенциалов возникает электродвижущая сила, величина которой соответствует активности ионов водорода в растворе. Извлечение обменных катионов водорода производится раствором хлористого калия концентрации 1 моль/дм³ (1 н.) при соотношении почвы и раствора 1:2,5.

Цель работы: научиться определять актуальную и обменную кислотность почв.

Материалы и оборудование: весы технические, колбы на 100 мл, дистиллированная вода, 1 н. раствор КСl, стандартные буферные растворы с рН от 1,68 до 9,22, стаканчики на 50 мл, иономер, вспомогательный хлорсеребряный электрод, стеклянный электрод, предварительно выдержанный в 0,1 н. растворе соляной кислоты.

Ход определения

В две конические колбы на 100 мл отвешивается на технических весах по 10 г воздушно-сухой почвы, пропущенной через сито с отверстиями в 1 мм. В одну колбу приливается 25 мл свежей дистиллированной воды, во вторую – 25 мл 1 н. раствора хлористого калия (колбы подписать).

Содержимое колб тщательно перемешивается и встряхивается на ротаторе в течение 30 минут, далее суспензию переносят в стаканчик и производят определение рН водной и солевой суспензии на иономере. Электроды погружаются в стаканчик с испытуемым раствором, ожидается успокоение стрелки прибора и производится отсчет по верхней шкале прибора. При этом сопоставляются показания на верхней шкале и положение переключателя «пределы измерения». Измеряемая величина рН будет равна: начальное значение рН для данного диапазона измерений (берется нижний предел измерений) плюс показание верхней шкалы прибора.

Обсуждение результатов

При выполнении лабораторной работы каждый студент получает индивидуальный почвенный образец, характеризующийся данными этикетки.

1. На основании полученных результатов:

- ✓ рассчитайте степень насыщенности почвы основаниями;
- ✓ определите потребность почвы в известковании;
- ✓ рассчитайте дозу известьесодержащего мелиоранта;
- ✓ оформите в рабочей тетради выводы и обоснуйте полученные материалы.

2. каждый студент получает индивидуальное расчетное задание, по которому следует:

- ✓ определить нуждаемость почвы в мелиоративных мероприятиях;
- ✓ рассчитать дозу мелиоранта с учетом поправок к расчетной дозе;
- ✓ определить очередность известкования для заданных сельскохозяйственных культур при определенном гранулометрическом составе почвы;
- ✓ указать основные агротехнические требования к внесению мелиоранта;
- ✓ определить по графику Б.А. Голубева возможность применения фосфоритной муки;
- ✓ обсудить результаты и записать выводы.

Задачи и упражнения

1. Рассчитайте норму извести под картофель на дерново-подзолистой почве: $S - 12$ ммоль/100 г, $H_T - 9,0$ ммоль/100 г.

2. Какие из имеющихся удобрений (суперфосфат, фосфоритная мука, обесфторенный фосфат) необходимо применять на дерново-подзолистой почве со следующими агрохимическими показателями: $S - 8$ ммоль/100 г, $H_T - 6,9$ ммоль/100 г, $pH_{KCl} - 4,2$?

3. Сколько необходимо внести извести под картофель, если $H_T - 5$ ммоль /100 г, $V - 58\%$?

4. В хозяйстве имеются двойной суперфосфат, фосфоритная мука. Какое удобрение вы будете применять:

а) под бобовые культуры при $S - 15$ ммоль/100 г, $H_T - 7$ ммоль/100 г;

- б) под клевер при $S - 30,7$ ммоль /100 г, $H_r - 6,3$ ммоль/100;
 в) под озимую рожь при $S - 35,4$ ммоль /100 г, $H_r - 1,9$ ммоль/100 г?

5. Доза внесения извести, рассчитанная по H_r , составляет 2,8 т/га. Какова норма внесения в физическом весе следующих мелиорантов:

- а) доломитовая мука (80; 95%);
 б) сланцевая зола (55; 60; 78%);
 в) известковый туф (25; 40; 55%).

6. Для создания культурного слоя почвы требуется узнать, нуждаются ли они в мелиорирующем веществе и в какой дозе по следующим показателям:

Почва	Горизонт	Глубина, см	Ммоль на 100 г почвы				Плотность сложения, г/см ³
			Ca ²⁺	Mg ²⁺	H _r	ЕКО	
1	A ₁	0-15	10,4	6,3	8,4	25,1	1,15
	A ₂	15-25	8,5	2,45	6,1	17,05	1,45
2	A ₁	0-17	13,9	3,0	9,3	26,2	1,22
	A ₁ A ₂	20-30	11,8	1,9	6,1	19,8	1,25
3	A ₁	0-16	25,0	2,4	8,1	35,5	1,15
	A ₂	22-32	16,3	1,4	6,1	23,8	1,35

7. По приведенным данным, выраженным в ммоль/100 г почвы, определите: нуждаются ли почвы в химической мелиорации; если нуждаются, то в какой?

- а) Ca²⁺ = 2,5; Mg²⁺ = 1; H_r = 8; d_v = 1,2 г/см³;
 б) S = 12; H_r = 4; d_v = 1,24 г/см³;
 в) ЕКО = 21; H_r = 5; d_v = 1,16 г/см³;
 г) Ca²⁺ = 4,6; Mg²⁺ = 1,3; ЕКО = 7,4; d_v = 1,3 г/см³;
 д) S = 10,4; ЕКО = 14,2; d_v = 1,2 г/см³;
 е) S = 4,4; H_r = 3,5; d_v = 1,15 г/см³;
 ж) Ca²⁺ = 2,9; Mg²⁺ = 0,7; H_r = 7,3; d_v = 1,32 г/см³.

8. Определите место и очередность известкования на светло-серой лесной почве при $S - 28$ ммоль/100 г, $H_r - 5,8$ ммоль/100 г, рН_{KCl} – 5,1:

- а) клевер – озимая рожь – ячмень – картофель – овес + клевер;
 б) занятый пар – озимая рожь – картофель – рапс + пелюшка;
 в) горох + овес – яровая пшеница – яровая пшеница – подсолнечник (на силос) – яровая пшеница;

- г) капуста – корнеплоды – томаты – лук;
 д) турнепс – яровая пшеница – овес – суданская трава + пелюшка – яровая пшеница;
 е) ранний картофель – капуста ранняя – свекла – огурец.
9. Дайте прогноз применения фосфоритной муки:
 а) дерново-подзолистая при $S = 14$ ммоль/100 г, $N_r = 6,0$ ммоль/100 г;
 б) серая лесная при $S = 25$ ммоль/100 г, $N_r = 4,8$ ммоль/100 г.
10. Определите степень нуждаемости почв в химической мелиорации и дозу внесения извести по следующим показателям:

Почва	Горизонт	Глубина, см	Ммоль на 100г почвы				Плотность сложения, г/см ³
			Ca ²⁺	Mg ²⁺	N _r	ЕКО	
1	A ₁	0-18	11,2	3,1	3,7	18,0	1,15
	A ₂	18-30	6,8	0,2	2,5	9,5	1,45
2	A ₁	0-12	10,4	3,2	4,4	18,0	1,11
	A ₂	12-22	3,4	0,9	1,6	5,9	1,32
3	A ₁	2-12	18,2	3,5	3,43	22,9	1,2
	A ₂	20-30	10,6	2,6	2,15	11,5	1,5

11. Определите возможность применения фосфоритной муки на почвах со следующими показателями, выраженными в ммоль/100 г почвы:

- а) ЕКО = 12, $N_r = 1,8$;
 б) ЕКО = 15, $N_r = 3,0$;
 в) ЕКО = 34, $N_r = 7,4$;
 г) ЕКО = 18, $N_r = 3,9$;
 д) $S = 12$, $N_r = 4,5$;
 е) $S = 11,5$, $N_r = 2,8$;
 ж) $S = 24,6$, $N_r = 4,7$;
 з) ЕКО = 25, $N_r = 5,2$.

Вопросы к семинару

1. Перечислите методы улучшения плодородия солонцовых почв.
2. Какие почвы подвергаются гипсованию? Его задачи.
3. Напишите реакцию гипсования солонцовых почв.

4. Как влияет гипсование на свойства почвы и эффективность удобрений?
5. Какие формы азотных и фосфорных удобрений рекомендуется применять на солонцеватых почвах?
6. Назовите основные химические мелиоранты для гипсования. Перечислите требования, предъявляемые к ним.
7. Объясните сущность следующих приемов: самомелиорация, фитомелиорация, кислование солонцовых почв.
8. Назовите недостатки метода землевания солонцовых почв.
9. Перечислите агротехнические приемы, повышающие эффективность гипсования почв.
10. Для чего в солонцовые почвы вносят структурообразователи?
11. Какие фитомелиоранты являются в Сибири лучшими при освоении солонцовых почв различного типа?
12. Почему гипс на степных и лугово-степных солонцах заделывается в почву в два приема (при культивации, отвальной вспашке)?
13. Почему эффективно безотвальное рыхление мелких солонцов?
14. При какой комплексности проводят сплошное гипсование почв?
15. Что дает орошение солонцовых земель после их гипсования?
16. Можно ли применять на солонцовых почвах дефекат, древесную золу и известь?
17. Почему на солонцовых почвах неэффективна фосфоритная мука?
18. Какие из трех известковых мелиорантов (доломит, известковая мука, пушенка) следует применять на супесчаной дерново-подзолистой почве?
19. Покажите взаимодействие известковых материалов с почвой. Как влияет мелиоративный прием на свойства почвы и эффективность удобрений?
20. Какие известковые мелиоранты следует применять на кислых почвах в случае недостатка микроэлементов (доменный шлак, сланцевая зола, известковая мука, мел, торфотуф)?
21. Перечислите местные известьесодержащие отходы промышленности, применяемые в качестве мелиорантов на кислых почвах.
22. В какой очередности проводится известкование и фосфоритование?
23. Почему на кислых почвах рекомендуется применять гипс и под какие культуры?

Тестовые задания

1. Степень солонцеватости, к которой надо отнести южный чернозем с содержанием обменного $\text{Na}^+ = 12\%$ от емкости поглощения:
 - а) несолонцеватый;
 - б) слабо солонцеватый;
 - в) средне солонцеватый;
 - г) сильно солонцеватый.
2. Реакция, которую имеют каштановые почвы в верхнем горизонте:
 - а) кислая;
 - б) сильнощелочная;
 - в) слабокислая;
 - г) слабощелочная.
3. Горизонт солонца, для которого характерна наибольшая емкость поглощения:
 - а) A_1 ;
 - б) B_1 ;
 - в) B_2 ;
 - г) C .
4. Условия, при которых происходит щелочная реакция почвенного раствора в почвах солонцового типа:
 - а) наличие солей NaCl ;
 - б) присутствие в обменном состоянии иона Mg^{2+} ;
 - в) наличие соды и обменного натрия;
 - г) присутствие солей Na_2SO_4 .
5. Ион водорастворимых солей, который характеризуется наибольшей токсичностью:
 - а) SO_4^{2-} ;
 - б) HCO_3^- ;
 - в) CO_3^{2-} ;
 - г) Cl^- .
6. Укажите приемы мелиорации высокогипсового высококарбонатного среднестолбчатого многонатриевого солонца:
 - а) промывка;
 - б) гипсование;
 - в) самомелиорация;
 - г) кислование.

7. Культуры-освоители, которые предпочтительнее использовать при мелиорации солонцовых почв в условиях орошения:

- а) яровая пшеница;
- б) кормовые;
- в) бахчевые;
- г) многолетние травы.

8. Случаи, в которых рекомендуется сочетать промывку засоленных почв с внесением гипса:

- а) при кальциево-магниевом засолении;
- б) кальциевом засолении;
- в) натриевом засолении;
- г) магниевом-кальциевом засолении.

9. Культуры, которые являются наиболее солеустойчивыми из указанных:

- а) свекла сахарная и кормовая, донник белый, хлопчатник;
- б) яровая пшеница, томаты, люцерна;
- в) ячмень, просо, сорго;
- г) клевер, огурцы, бобы.

10. Солонцы, наиболее трудные для земледельческого освоения:

- а) корковые;
- б) средние;
- в) мелкие;
- г) глубокие.

11. Развитие процессов, которые возможны при поливе минерализованными водами:

- а) осолонцевание и засоление;
- б) улучшение структурообразования;
- в) осолодение;
- г) активизация процессов гумусонакопления.

12. Условия для проявления обменной кислотности минеральных горизонтов подзолистых почв:

- а) наличие фульвокислот в почвенном растворе;
- б) присутствие свободной угольной кислоты;
- в) наличие в обменном состоянии K^+ ;
- г) наличие в обменном состоянии ионов H^+ и Al^{3+} .

13. Степень насыщенности основаниями, характерная для горизонта A_2 подзолистых почв:

- а) $< 50\%$;
- б) $50-75\%$;

в) 75–85%;

г) > 85%.

14. Горизонт серых лесных почв, имеющий наибольшую емкость поглощения:

а) $A_{\text{пах}}$;

б) A_1A_2 ;

в) A_2B ;

г) В.

15. Актуальная кислотность:

а) кислотность, обусловленная повышенной концентрацией ионов Н по сравнению с ионами ОН в почвенном растворе;

б) кислотность, обусловленная корневыми выделениями растений;

в) кислотность, обусловленная ионами Н, входящими в состав ППК.

16. Вид агрохимической мелиорации, используемый на почвах элювиального ряда:

а) известкование;

б) глинование;

в) гипсование;

г) пескование.

17. Вид поглотительной способности почв, связанный с образованием труднорастворимых фосфатов:

а) механическая;

б) физическая;

в) химическая;

г) биологическая.

18. Вид поглотительной способности почв, лежащий в основе известкования почв:

а) механическая;

б) физико-химическая;

в) химическая;

г) биологическая.

19. Темно-серые почвы, на которых наиболее эффективно применение фосфоритной муки:

а) темно-серые глеевые;

б) темно-серые остаточно-карбонатные;

в) темно-серые обычные ($N_{\text{г}} = 5$ ммоль / 100 г почвы, $E_{\text{КО}} = 20$ ммоль / 100 г почвы);

г) темно-серые обычные $N_r = 1,5$ ммоль / 100 г почвы, ЕКО = 25 ммоль / 100 г почвы).

20. Назовите классика отечественной агрохимии и почвоведения, основные труды которого посвящены поглотительной способности почвы:

- а) Д.Н. Прянишников;
- б) Н.С. Авдонин;
- в) К.К. Гедройц;
- г) А.В. Петербургский.

4.3 Пищевой режим почвы

4.3.1 Оценка обеспеченности почв азотом и определение потребности растений в азотных удобрениях (основные теоретические положения)

Азот можно переводить с греческого как «не жизнь» (нежизненный), между тем он основа белковых молекул, в составе которых насчитывается 21 аминокислота. Они связаны друг с другом амино- и карбоксильными группами. Часть аминокислот содержится в специфических белках или в свободном состоянии. Белки являются важной составной частью протоплазмы. Они воспроизводят самих себя и синтезируют другие органические соединения в растении.

Многие белки в клетках вегетативной части растений являются ферментами или нуклеопротеинами, которые частично входят в состав хромосом. Они выполняют функции катализаторов и регуляторов обмена. Белки, которые сосредотачиваются в семенах, являются резервными. Во время прорастания семян они гидролизуются и служат источником аминокислот для синтеза новых белков в проростке.

Азот является компонентом хлорофилла и выполняет важную роль в фотосинтезе. Он входит в состав гормонов, которыми регулируется метаболизм. Азот является составной частью носителя энергии дыхания – аденозинтрифосфорной кислоты (АТФ). Таким образом, при нормальном азотном питании растений повышается синтез белковых веществ, усиливается и дольше сохраняется жизнедеятельность организма, ускоряется рост и несколько замедляется старение листьев. Растения образуют мощные стебли и листья, имеющие интенсивно-зеленую окраску, хорошо растут и кустятся, улучшается формирование и развитие репродуктивных органов. В результате повышается урожайность полевых культур и содержание белка в урожае.

Круговорот азота складывается из четырех звеньев: фиксации, аммонификации, нитрификации, денитрификации. Преобладающая часть почвенного азота вместе с углеродом входит в состав органического вещества. Но азот гумуса не усваивается растениями, так как находится в недоступном для них состоянии. Устойчивость объясняется химической природой почвенного азота, физико-химическим и физическим состоянием азота и действием растений. Минеральных соединений азота в почвах крайне мало (1-5%). Основу превращений азота составляют процессы минерализации и иммобилизации. Минерализация означает превращение органического азота в минеральный посредством аммонификации и нитрификации. Иммобилизация азота, по определению М.В. Тарвис (1976), представляет собой трансформацию микроорганизмами его минеральных форм в органические вещества микробных клеток и их метаболитов. Поэтому обеспечение растений азотом зависит не только от наличия в почве гумуса, но и от скорости его минерализации. Интенсивность процессов аммонификации нитрификации обусловлена гидротермическим режимом почвы, уровнем ее аэрации и реакции среды, количеством и качеством органического вещества. Справедливы слова Д.Н. Прянишникова: «Если не говорить о воде, то именно азот является самым могущественным двигателем в процессах развития, роста и творчества природы. Его уловить, им овладеть – вот в чем задача, его сберечь – вот в чем ключ к экономике; подчинить себе его источник, бьющий с неистощимой энергией, – вот в чем тайна благосостояния».

Прогноз обеспеченности сельскохозяйственных культур азотом является наиболее сложным, поскольку в отличие от почвенной диагностики фосфорного и калийного питания, по количеству азота невозможно составлять многолетние агрохимические картограммы. В течение теплого периода года обеспеченность растений доступными соединениями почвенного азота многократно меняется в зависимости от запасов органических азотсодержащих соединений, способных к разложению, от скорости и направленности процессов минерализации и иммобилизации, от интенсивности потребления и выноса элемента растениями. Кроме того, нитраты обладают большой подвижностью, которая служит причиной их исчезновения из пахотного горизонта в условиях обильного увлажнения, что необходимо учитывать при прогнозе обеспеченности культур азотом.

*Агротехнический метод определения
обеспеченности растений азотом*

В практической деятельности агроном, агрохимик не всегда имеют материалы по количественным характеристикам содержания доступного азота в почве. Однако сориентироваться по возможной обеспеченности культур элементом необходимо. В этом случае можно воспользоваться агротехническим методом (табл. 4), основанном на учете закономерностей нитратонакопления в зональных почвах в зависимости от степени гумусированности почв и агротехнического фона (возделываемой культуры и предшественника).

Как указывалось выше, главным энергетическим источником образования доступных растениям минеральных форм азота является валовой (общий) азот, количество которого тесно связано с содержанием гумуса. В таблице 4 все почвы по содержанию гумуса объединены в три группы.

Таблица 4 – Схема определения потребности полевых культур в азотных удобрениях на основе агротехнического подхода

Культура и предшественник	Содержание гумуса в почве, %		
	< 5%, подзолистые и серые лесные	5-10%, темно- серые лесные, черноземы; каштановые	10%, черноземы и лугово- черноземные
Зерновые по пару	IV	IV	IV
Зерновые по занятому пару	III	III	IV
Зерновые по раннему пласту многолетних трав	III	IV	IV
Зерновые по позднему пласту многолетних трав	II	III	III
Зерновые по обороту пласта	II	III	III
Зерновые по удобренным пропашным	II	III	III
Зерновые по зернобобовым	I	II	II
Зерновые по зерновым	I	I	II
Пропашные по обороту пласта	II	II	III
Пропашные по зерновым	I	I	II
Пропашные по пропашным	II	III	III
Пропашные по занятому пару	II	III	III
Многолетние травы по зерновым	I	I	II
Многолетние травы по травам	II	III	III

Вторым показателем для примерного прогнозирования эффективности азотных удобрений являются предшественники (Гамзиков, 2013). Количество нитратного азота находится в прямой зависимости от агротехнических приемов – предшественника, сроков и приемов основной обработки почвы, времени посева и посадки культур. Наиболее активно процессы нитрификации развиваются в паровом поле. При соблюдении технологии подготовки пара в почве в течение теплого периода под влиянием естественного увлажнения и периодических механических обработок создаются благоприятные условия для минерализации накопленных за севооборот неспецифических органических веществ. На черноземных почвах, темно-серых, темно-каштановых и лугово-черноземных почвах в полуметровой толще парового поля в течение лета может накапливаться 120-210 кг нитратного азота на 1 га пашни. Поэтому на почвах с высоким потенциальным плодородием при посеве по паровому полю необходимости в применении азотных удобрений не возникнет.

Роль парового предшественника как накопителя нитратов снижается на почвах с низким содержанием органического вещества. На светло-каштановых, светло-серых и дерново-подзолистых почвах под культуры, высеваемые по пару, необходимо вносить дополнительно азотные удобрения. Основная обработка почвы оказывает существенное влияние на накопление нитратного азота. Систематические безотвальные обработки в сравнении со вспашкой приводят к снижению содержания этой формы азота в 1,4–1,7 раза. Ранняя зябь способствует более интенсивному прохождению процессов минерализации, а следовательно, и повышению запасов доступного азота в почве.

Ранняя распашка многолетних трав (июль-август) в отличие от позднего подъема пласта (сентябрь-октябрь) позволяет создать благоприятные условия для прохождения процессов минерализации органических азотсодержащих веществ и образования высоких запасов минерального азота (Белоусова, 2014; Белоусов с соавт., 2016).

В связи с низкой биологической активностью почв под многолетними травами и быстрым потреблением азота растениями накопление минеральных форм этого элемента в течение лета крайне невысокое.

Агротехнический метод оценки потребности культур в азотных удобрениях по содержанию гумуса и предшественникам наиболее прост в исполнении. Однако он несколько условен, поскольку не имеет конкретных количественных характеристик содержания доступного азота.

Агрохимический метод определения обеспеченности растений азотом и определения потребности в азотных удобрениях

Наиболее достоверным методом прогноза обеспеченности растений азотом и определения потребности в азотных удобрениях является ежегодное агрохимическое обследование. Этот подход, основанный на определении содержания нитратного азота, впервые был предложен А.Е. Кочергиным (1965) для черноземов Западной Сибири. Вслед за А.Е. Кочергиным и Г.П. Гамзиковым подобные шкалы были разработаны для условий Красноярского края (Лубите, 1969), которые оказались близкими к западносибирским. Это позволило разработать единые для Сибири рекомендации по рациональному использованию азотных удобрений (Гамзиков, Кочергин, Крупкин, Чуканов, 1983).

Агрохимическое обследование почв на содержание подвижных форм минерального азота проводится подразделениями государственной агрохимической службы. На основании полевого отбора почвенных образцов, аналитического определения содержания азота в образцах и камеральной обработки материалов составляются рекомендации по применению азотных удобрений под культуры. Одновременно рекомендуются приемы и дозы внесения азотных удобрений под культуры, где выявлена недостаточная обеспеченность азотом.

Сроки отбора почвенных образцов. Агрохимическое обследование с целью диагностики обеспеченности растений нитратным азотом во всех регионах проводят по сплошному и аналоговому принципу за 7-10 дней до посева. Прогноз обеспеченности азотом во всех регионах Сибири можно проводить в два срока: поздней осенью или весной до посева. Содержание нитратов в течение периода осень-зима-весна не меняется или, как правило, изменения не выходят из того же класса обеспеченности.

Осеннее агрохимическое обследование проводят после торможения процессов минерализации, т. е. при затухании микробиологической деятельности. Такой период наступает при опускании среднесуточной температуры на глубине пахотного слоя ниже 10 °С, т. е. при наступлении устойчивого похолодания.

Весной агрохимическое обследование ограничено коротким периодом от оттаивания почвы до посадки. Весенний отбор образцов целесообразнее проводить лишь для уточнения обеспеченности рас-

тений азотом на тех почвах, где осенью предшествовало агрохимическое обследование.

Глубина отбора образцов для диагностики определяется зональными и провинциальными особенностями почвенного покрова, гидротермического режима и интенсивности биологической активности почв той территории, где намечается проводить обследование. Работами сибирских агрохимиков (Гамзиков, 1981; Крупкин, 1982; Пигарева, 1999; Мальцев, 2000) доказана возможность проведения агрохимической диагностики обеспеченности нитратным азотом на производственных массивах по всем предшественникам, кроме пара, из пахотного слоя. По пару, где накапливается максимум нитратов и значительное их количество переносится в подпахотный горизонт, отбор образцов проводится из слоя 0-40 см (отдельно 0-20 см и 0-40 см).

Градации обеспеченности почв азотом и потребности растений в азотных удобрениях. Уровни обеспеченности культур доступными соединениями минерального азота за счет почвенных запасов и потребности в дополнительном внесении азотных удобрений устанавливаются в соответствии с предлагаемыми градациями для каждого обследуемого слоя (табл. 5).

Таблица 5 – Шкала обеспеченности почв нитратным азотом и определение потребности растений в азотных удобрениях

Класс	Содержание N-NO ₃ , мг/кг	Обеспеченность азотом	Потребность в азотных удобрениях
1	< 4,0	Очень низкая	Очень сильная
2	4,1-8,0	Низкая	Сильная
3	8,0-12,0	Средняя	Средняя
4	12,1-16,0	Повышенная	Слабая
5	16,1-20,0	Высокая	Отсутствует
6	20,1-24,0	Очень высокая	Отсутствует
7*	24,1-28,0	Очень высокая	Отсутствует
8*	28	Очень высокая	Отсутствует

Примечание, здесь и далее: 7-й и 8-й классы только для овощных культур.

Градации разработаны на основании полевых опытов по определению отзывчивости растений на внесение азотных удобрений в зависимости от количества нитратного азота, содержащегося при агрохимическом обследовании и накопленном в процессе текущей нит-

рификации в период вегетации растений. В настоящее время почвы по содержанию нитратного азота делятся на шесть классов обеспеченности для полевых культур и восемь – для овощных.

Накопленный научными учреждениями Сибири экспериментальный материал позволил установить ряд важных положений по азотному режиму почв и применению азотных удобрений (Танделов, 2012; Белоусов с соавт., 2016; Белоусов, Белоусова, 2017).

❖ На мерзлотных и сезонно-мерзлотных почвах следует судить об обеспеченности растений доступным азотом по содержанию нитратов, определяемому поздней осенью или весной.

❖ Своеобразные климатические условия Сибири не позволяют в процессе текущей нитрификации накопить в почве под посевами культур достаточного количества нитратного азота для питания растений. Поэтому, используя высокий потенциал минерализации, необходимо создавать необходимый его уровень в паровом поле, где накапливается 120-140 кг/га нитратного азота.

❖ После летней распашки многолетних трав, пропашных культур остается достаточное количество нитратов для формирования урожая последующей культуры. При ранней уборке озимой ржи, однолетних трав, донника и дальнейшей полупаровой обработке почвы накапливается до 50-60 кг/га нитратного азота.

❖ В степной зоне (на черноземах обыкновенных и южных) в паровых полях накапливается 80-120 кг/га нитратного азота, которого достаточно для создания урожая двух-трех культур, высеваемых после пара.

❖ Для южно-таежной подзоны (на дерново-подзолистых и серых лесных почвах) характерны низкие запасы гумуса и азота, а слабая биологическая активность почв, суровость климата ограничивают накопление доступных растениям форм азота. При паровании в полуметровом слое почвы накапливается до 30-50 кг/га нитратного азота, что соответствует урожаю лишь в 8-10 ц/га зерна. В этих условиях проявляется высокая потребность сельскохозяйственных культур в азотных удобрениях.

❖ Своеобразие почвенно-климатических условий Сибири требует учета оптимального соотношения азота, фосфора и калия: в таежной и подтаежной зонах – 1,5:1:1,6; в лесостепи – 1,2:1:0,3; в степи – 0,7:1:0,2.

4. Далее пипеткой добавляют 25 мл 7%-го раствора NaOH. Жидкость при этом окрашивается в желтый цвет. Через 15-20 минут, когда растворы остынут, приступают к колориметрированию, используя кюветы толщиной 1 см. Измерения проводят на фотоэлектроколориметре с синим светофильтром с областью светопропускания 400-450 нм.

5. Построение калибровочного графика: для приготовления образцового раствора нитрата используют ч. д. а. KNO_3 . На аналитических весах отвешивают 0,722 г KNO_3 , переносят в мерную колбу на 1 литр, растворяют в дистиллированной воде, доводят до метки (1 мл раствора содержит 0,01 мг NO_3^-). Затем 20 мл раствора помещают в колбу на 1 литр, т. е. разбавляют в 50 раз. Рабочий раствор содержит 0,002 мг NO_3^- в 1 мл. Выпаривают в пробирках отмеренное количество образцового раствора: 1, 2, 5, 10, 15, 20 мл (табл. 5, 6). Пробирки вынимают из сушильного шкафа, когда в них остается еще несколько капель жидкости. После охлаждения проводят такую же обработку, как описано выше. Окрашенные растворы в мерных колбах колориметрируют при указанных режимах.

Таблица 6 – Приготовление шкалы образцовых растворов KNO_3

Номер пробирки	Объем образцового раствора нитрата, мл	Концентрация эталонного раствора, мг ($C_{эт}$)	Оптическая плотность, $D_{эт}$
1	1	0,01	
2	2	0,02	
3	5	0,05	
4	10	0,10	
5	15	0,15	

6. По данным таблицы 5 на миллиметровой бумаге постройте калибровочный график (рис. 4), откладывая по оси X концентрации стандартных растворов $N-NO_3^-$ мг /мл, а по оси Y – их оптические плотности.

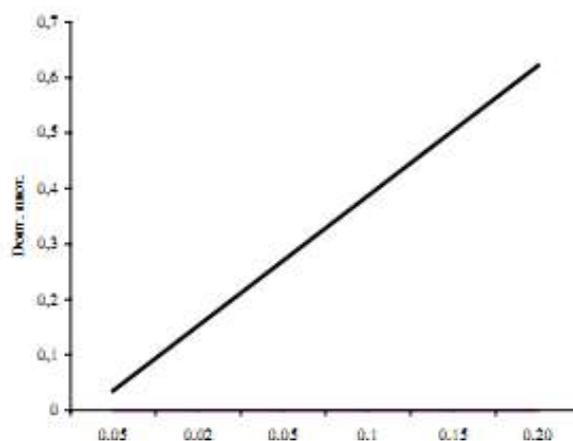


Рисунок 4 – Калибровочный график фотоэлектроколориметрического определения N-NO₃

7. Содержание в растворе N-NO₃ устанавливают по калибровочной кривой образцовых растворов (табл. 6). Найденные величины NO₃ по графику (в мг/мл) для пересчета в мг на 100 г почвы подставляют в формулу

$$N-NO_3 = a \times v \times 100 \times k / v_1 \times \Gamma,$$

где a – количество NO₃, найденное по градуировочной шкале, мг/мл;
 v – общий объем вытяжки, мл;
 100 – величина для пересчета на 100 г почвы;
 v_1 – объем вытяжки, взятый для определения, мл;
 Γ – навеска почвы, г;
 k – коэффициент гигроскопичности.

8. Полученные результаты систематизируют в таблице 7.

Таблица 7 – Содержание нитратного азота в почве

Почва, глубина, см	Навеска, г	Общий объем вытяжки, мл	Объем вытяжки для определения, мл	Показатели эталонного раствора		Плотность испытуемого раствора,	N-NO ₃ , мг/100 г сухой почвы
				C _{эт}	D _{эт}		
						D _{исп}	

Обсуждение результатов

1. После расчетов аналитических определений студенты выполняют следующие задания.

✓ Оцените содержание нитратного азота в почвенном образце по предлагаемым градациям (табл. 5).

✓ Рассчитайте дозу азотного удобрения. Расчетная доза азотных удобрений является произведением средней дозы и поправочного коэффициента. Определив класс обеспеченности почв доступным азотом, следует рекомендованные нормы (прил. 7) умножить на поправочный коэффициент (прил. 4).

✓ Объясните полученный результат, предложите мероприятия, способствующие накоплению нитратного азота в почве.

✓ Оцените уровень обеспеченности азотом агротехническим методом и потребность в азотных удобрениях культур севооборота, ориентируясь на содержание гумуса и характер предшествующей культуры (табл. 4); рассчитайте дозу азотных удобрений, используя данные таблиц приложения.

Задания

Почва – чернозем выщелоченный со следующими севооборотами:

а) чистый пар – яровая пшеница – однолетние травы – яровая пшеница;

б) чистый пар – озимая рожь – кукуруза – яровая пшеница;

в) горох – яровая пшеница – горох + овес – овес;

г) кукуруза – яровая пшеница – яровая пшеница + донник – донник – яровая пшеница;

д) люцерна 1 г. п. – люцерна 2 г. п. – яровая пшеница – овес – кукуруза – яровая пшеница.

Почва – дерново-подзолистая со следующими севооборотами:

а) занятый пар – озимая рожь – яровая пшеница – горох – яровая пшеница – подсолнечник – яровая пшеница;

б) занятый пар – яровая пшеница – овес – горох – яровая пшеница;

в) горох + овес – яровая пшеница – яровая пшеница – подсолнечник – яровая пшеница.

Почва – чернозем обыкновенный со следующими севооборотами:

а) корнеплоды – яровая пшеница – однолетние травы;

б) донник – кукуруза – яровая пшеница + донник;

- в) кукуруза – яровая пшеница – горох + овес – овес;
- г) кукуруза – корнеплоды – яровая пшеница – горох;
- д) подсолнечник – корнеклубнеплоды – рапс.

4.3.2 Оценка обеспеченности почв подвижным фосфором и потребность растений в фосфорных удобрениях (основные теоретические положения)

Фосфор является одним из основных элементов питания растений. Его содержание в растениях значительно ниже, чем азота, калия и кальция. Фосфор, поглощенный растением, остается в окисленном состоянии. Он находится в органической и в минеральной форме как центральный атом фосфатной группы. Запасные и структурные органические соединения фосфора представлены фитином, фосфолипидами, сахарофосфатами, нуклеиновыми кислотами. В семенах фосфор накапливается в основном в виде фитина. Он гидролизуется при прорастании семени и переводится в минеральную форму, которая и может быть использована проростком. Фосфолипиды рассматриваются как запасные вещества в семенах. В растущих семенах они участвуют в метаболизме. Нуклеиновые кислоты образуют гены растений и определяют наследственные качества растений. Ими обуславливается природа всех синтезируемых клеточных белков, большинство из которых является ферментами.

В метаболизме растений фосфор выполняет непосредственную роль как носитель энергии. Наиболее важным носителем высокоэнергетических фосфатов является аденозинтрифосфат (АТФ). Важную роль играет фосфор в процессе фотосинтеза. Первичная реакция, при которой улавливается световая энергия, связана с расщеплением воды в присутствии минерального фосфата и органических соединений фосфора.

Фосфор ускоряет созревание растений. Под его влиянием в листьях ускоряются процессы распада белков и переход продуктов распада в репродуктивные органы, в зерно. Фосфор улучшает водный режим растений, способствуя более экономному расходованию воды. Кроме того, хорошее фосфорное питание способствует лучшей перезимовке озимых культур. Это объясняется тем, что под влиянием фосфора в узлах кущения растений с осени накапливается больше сахаров. Благодаря фосфору в корнях сахарной свеклы образуется больше сахара, а в клубнях картофеля – крахмала. Фосфор способствует развитию корневой системы, более быстрому росту в первые пе-

риоды жизни растения (ускоряется распад веществ семени и передвижение продуктов распада в растущие органы).

Недостаток фосфора вызывает последствия, которые аналогичны последствиям дефицита азота. Стебли бывают тонкими, листья мелкими, боковое ветвление ограниченное. Развитие почек весной задерживается, цветение скудное, происходит преждевременное опадение листьев. Так же, как и азот, фосфор реутилизируется в растении. Он оттекает из взрослых листьев в молодые. В отличие от минеральных форм почвенного азота, которые неустойчивы и легко теряются в результате улетучивания и вымывания, почвенные фосфаты весьма устойчивы. Причиной недостатка фосфора для растений является низкая растворимость фосфорных соединений.

Основной формой минерального фосфора в почве являются апатиты – природные и вторичнообразованные. Минеральные формы находятся преимущественно в виде соединений ортофосфорной кислоты с ионами кальция, магния, железа и алюминия. Значительная доля ионов фосфора адсорбируется на положительно заряженной части почвенного поглощающего комплекса (базоидами). Адсорбированные ионы фосфора удерживаются прочнее катионов.

В почве одновременно протекают разнонаправленные процессы. Происходят иммобилизация органическим веществом фосфора почвенного раствора и минерализация органических веществ, которая сопровождается поступлением фосфора в почвенный раствор. В почвенный раствор поступает фосфор в результате десорбции его из минеральных соединений, и происходит сорбция (осаждение) фосфатов почвенного раствора минеральной частью почвы. Уровень фосфорного питания растений зависит от растворимости минеральных форм фосфора. Характер реакции почвенного раствора обуславливает преобладание одного из трех ионов фосфора (рис. 5).

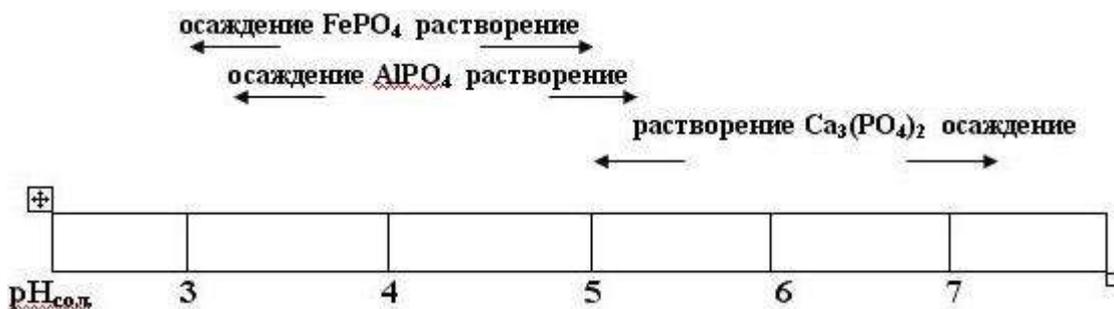


Рисунок 5 – Растворимость и возможность химического поглощения фосфора в почвах (Томпсон, Трой, 1982)

В интервале кислых и нейтральных почв преобладает монофосфат – одновалентный ортофосфат – H_2PO_4 , в щелочной среде – при рН выше 7,2 доминирует двухвалентный ион HPO_4 . Ион PO_4 появляется при рН выше 10. Наиболее легко абсорбируется растениями монофосфат. Количество фосфора в почвенном растворе (HPO_4 , H_2PO_4), как правило, не превышает 1 кг/га пахотного слоя почвы.

Лучше всего растениями усваиваются воднорастворимые фосфаты. Но воднорастворимых солей фосфорной кислоты в почвах обычно так мало, что по их количеству нельзя судить о степени обеспеченности растений фосфором. В связи с этим определение количества фосфатов, переходящих в водную вытяжку из почвы, не дает правильного ответа на то, сколько фосфора находится в почве в форме, доступной для растений.

Для оценки уровня обеспеченности растений фосфором используются показатели экстракции фосфатов из почвы различными растворителями: кислотными, щелочными разной концентрации, а также растворами солей, которые извлекают из почвы воднорастворимые фосфаты и часть соединений фосфора, не растворяющихся в воде.

Агрохимической службой Красноярского края принято использовать: на нейтральных почвах (черноземного типа) 0,5 н. уксуснокислую вытяжку по Ф.В. Чирикову, на почвах элювиального ряда (серые лесные, дерново-подзолистые) – 0,2 н. солянокислую вытяжку по А.Т. Кирсанову, на карбонатных почвах (черноземах южных, обыкновенных, каштановых почвах) 1%-й раствор углекислого аммония по Б.П. Мачигину.

Чтобы определить качественные характеристики выделенного при анализе количества элемента, авторы каждого метода на основании опытных данных предлагают соответствующие шкалы (лимиты, градации). Почвоведы и агрохимики Красноярского края (Крупкин, Антипина, Рудой, Капишев, 1967) в 1961-1964 гг. провели серии опытов для разработки местных шкал обеспеченности яровой пшеницы фосфором. Для исследований были выбраны два контрастных по комплексу природных условий лесостепных округа, расположенных в двух физико-географических странах: в юго-западной части Восточно-Сибирского плоскогорья (Канская лесостепь) и на восточной окраине Западно-Сибирской низменности (Ачинско-Боготольская лесостепь).

Разработанные шкалы по настоящее время являются основой для составления агрохимических картограмм. В почвах пашни на-

блюдается сильная пространственная изменчивость содержания фосфатов. Кроме того, в процессе систематического удобрения почвы в ней происходит накопление подвижных форм питательных веществ. В связи с этим в почве одновременно присутствуют природные фосфаты и фосфаты, накопленные при систематическом внесении удобрений. В последние десятилетия изменились приемы внесения фосфорных удобрений, выявлено преимущество локального внутрпочвенного внесения этих удобрений, поэтому существующие градации по фосфору являются дискуссионными, необходимо более детальное их уточнение.

При расчете доз фосфорных удобрений необходимо учитывать обеспеченность почвы доступными для растений формами фосфатов. Полученные результаты оценивают, пользуясь местными градациями к методам определения подвижных фосфатов в почве по А.Т. Кирсанову, Ф.В. Чирикову, Б.П. Мачигину (табл. 8).

Таблица 8 – Содержание подвижного фосфора в почвах разных почвенно-климатических зон

Класс обеспеченности	Почвенно-климатические зоны	P ₂ O ₅ , мг/100 г почвы		
		По Кирсанову	По Чирикову	По Мачигину
1	Канская, Красноярская, Минусинская лесостепи с прилегающей южной тайгой и степью	< 15	< 10	< 1
2		15-20	10-15	1-2
3		20-25	15-20	2-3
4		25-30	20-25	3-4,5
5		30-35	25-30	4,5-6
6		35-40	30-35	6-8
7*		40-45	35-40	8-10
8*		> 45	> 40	> 10
1	Ачинско-Боготольская, Чулымо-Енисейская лесостепи и прилегающая южная тайга	< 5	< 2,5	< 1
2		5-10	2,5-5	1-2
3		10-15	5-10	2-3
4		15-20	10-15	3-4,5
5		20-25	15-20	4,5-6
6		25-30	20-25	6-8
7*		30-35	25-30	8-10
8*		> 35	> 30	> 10

Определив класс обеспеченности почв подвижным фосфором по таблице 8, следует найти поправочные коэффициенты (прил. 5) к

средним рекомендованным дозам фосфорных удобрений (прил. 7), рекомендованных для конкретных культур, с учетом типов и подтипов почв и групп культур. Окончательная доза фосфорных удобрений является произведением средней дозы и поправочного коэффициента.

Многочисленными исследованиями доказана неодинаковая потребность в фосфоре разных групп сельскохозяйственных культур: наименее требовательны зерновые, далее следуют пропашные, наивысшей потребностью в фосфоре отличаются овощные. На почвах с высоким и повышенным содержанием фосфора и, соответственно, со слабой отзывчивостью той или иной группы культур на фосфорные удобрения их можно не вносить или внести вместе с семенами очень небольшими дозами (10-20 кг д. в./га). Это обусловлено низкими температурами в весенне-раннелетний период, что затрудняет усвоение почвенных фосфатов (Житов с соавт., 2004). На почвах со средним содержанием нужны небольшие дозы фосфора по 30-40 кг/га, с низким и очень низким – по 50-80 кг/га в зависимости от возделываемой культуры.

*Определение подвижных фосфатов по методу Ф.В. Чирикова
(лабораторная работа)*

Материалы и оборудование: весы технические, колбы на 250 и 50 мл, воронки, бумажные фильтры, почвенные образцы, реактивы для выделения и окрашивания подвижных фосфатов: 0,5 н. уксусная вытяжка, 0,2 н. солянокислая вытяжка, реактив «С» по Чирикову, шкала образцовых растворов, фотоэлектроколориметр.

Принцип и химизм метода определения подвижных фосфатов по методу Чирикова основан на извлечении подвижных соединений фосфора из почвы раствором уксусной кислоты концентрации, равной 0,5 моль/дм³, при отношении почвы к раствору 1:25 и последующем определении фосфора в виде синего фосфорно-молибденового комплекса на фотоэлектроколориметре (Белюсова, 2014).

Почвенные фосфаты, взаимодействуя с молибденовокислым аммонием в сильноокислой среде (в присутствии аскорбиновой кислоты или хлористого олова), образуют комплексное соединение голубой окраски. Интенсивность окраски ее пропорциональна содержанию подвижных фосфатов.

Ход анализа

1. Навеску почвы 4 г переносят в коническую колбу на 250 мл, приливают 100 мл 0,5 н. уксусной кислоты, взбалтывают 2 часа на ротаторе.

2. Суспензию фильтруют через складчатый фильтр, 5-10 мл фильтрата переносят в мерную колбу на 50 мл, доливают до метки реактивом «С» по Чирикову, тщательно перемешивают и выдерживают 10 минут для стабилизации окраски.

3. Колориметрирование следует проводить не позже чем через 10' после окрашивания с красным светофильтром с областью светопропускания 725 нм.

4. Определение содержания фосфора в мг/100 г почвы в испытуемых растворах производится по калибровочной кривой, построенной по шкале образцовых растворов.

5. Для построения калибровочного графика готовят исходный образцовый раствор: 0,192 г KN_2PO_4 отвешивают на аналитических весах, растворяют в 0,5 М растворе уксусной кислоты и доводят его объем раствора до 1 000 см^3 . Полученный раствор содержит фосфора 0,1 мг/ см^3 . Рабочую шкалу образцовых растворов сравнения готовят из исходного раствора. В мерные колбы на 100 мл берут возрастающие количества (2, 5, 10, 20, 30, 40, 50 мл) рабочего эталонного раствора KNPO_4 . Доливают до метки реактивом «С» по Чирикову, встряхивают и через 10 минут определяют оптическую плотность на фотоэлектроколориметре. Получают шкалу с концентрацией соответственно: 0,004; 0,01; 0,02; 0,04; 0,05; 0,08; 0,1 мг в 100 мл. По полученным результатам строят график.

6. Найденное по калибровочному графику значение фосфора подставляют в формулу, рассчитывают его значение в мг/100 г почвы

$$\text{P}_2\text{O}_5 = a \cdot b \cdot V_1 \cdot 100 / V_2 \cdot C,$$

где a – отсчет по графику, мл;

b – титр стандартного раствора;

V_1 – объем уксусной кислоты, взятый для приготовления вытяжки, мл;

100 – коэффициент пересчета на 100 г почвы;

V_2 – объем вытяжки, взятый для определения оптической плотности, мл;

C – навеска почвы, г.

7. Полученные результаты необходимо занести в таблицу 9.

Таблица 9 – Содержание подвижного фосфора по методу
Ф.В. Чирикова

Почва, глубина, см	Навеска, г	Общий объем вытяжки, мл	Объем вытяжки для определения, мл	Показатели эталонного раствора		Плотность испытуемого раствора, D _{исп}	P ₂ O ₅ , мг/100 г сухой почвы
				C _{эт}	D _{эт}		

*Определение подвижных фосфатов по методу А.Т. Кирсанова
Материалы и оборудование указаны выше.*

Принцип и химизм метода определения подвижных фосфатов по методу Кирсанова основан на извлечении соединений фосфора из почвы раствором соляной кислоты молярной концентрации, равной 0,2 моль/дм³, при отношении почвы к раствору 1:5 с последующим определением фосфора в виде синего фосфорно-молибденового комплекса на фотоэлектроколориметре.

Ход анализа

1. Навеску почвы 5 г переносят в коническую колбу емкостью 100 мл, заливают 25 мл 0,2 н. соляной кислотой, взбалтывают 1 минуту и отстаивают 15 минут, после чего вытяжку фильтруют.

2. 1-2 мл прозрачного фильтрата переносят в мерную колбу на 50 мл и доливают до метки реактивом «С» по Кирсанову. Содержимое колбы взбалтывают и через 10 минут определяют оптическую плотность окрашенного раствора на фотоэлектроколориметре.

3. Колориметрирование следует проводить не позже чем через 10' после окрашивания с красным светофильтром с областью светопропускания 725 нм.

4. Определение содержания фосфора в мг/100 г почвы в испытуемых растворах производится по калибровочной кривой, построенной по шкале образцовых растворов.

5. Для построения калибровочного графика в мерные колбы на 100 мл берут возрастающие количества (5, 10, 15, 20, 25, 30 мл) стандартного раствора КНРО₄. Доливают до метки реактивом «С» по Кирсанову, встряхивают и через 10 минут определяют оптическую плотность на фотоэлектроколориметре. По полученным результатам строят график.

6. Найденное по калибровочному графику значение фосфора подставляют в формулу, находят его значение в мг/100 г почвы

$$P_2O_5 = a \cdot b \cdot V_1 \cdot 100 / V_2 \cdot C,$$

где a – отсчет по графику, мл;

b – титр стандартного раствора;

V_1 – объем уксусной кислоты, взятый для приготовления вытяжки, мл;

100 – коэффициент пересчета на 100 г почвы;

V_2 – объем вытяжки, взятый для определения оптической плотности, мл;

C – навеска почвы, г.

Обсуждение результатов

При выполнении лабораторной работы каждый студент получает индивидуальный почвенный образец. На основании полученных результатов:

✓ рассчитайте содержание почвенных фосфатов в почве, систематизируйте данные в таблицу 9;

✓ оцените обеспеченность почвы фосфором по местным грациям и рассчитайте дозы фосфорных удобрений под сельскохозяйственные культуры;

✓ оформите в рабочей тетради выводы и обоснуйте полученные результаты.

4.3.3 Оценка обеспеченности почв калием и определение потребности полевых культур в калии (основные теоретические положения)

Калий – один из главных и незаменимых питательных элементов растений. Его содержание в растениях значительно больше, чем других питательных веществ, извлекаемых из почвы, за исключением азота. Только при достаточном его содержании в растительных клетках могут осуществляться биохимические и физиологические процессы.

В растении калий находится в исключительно подвижных формах. Не менее 4/5 общего содержания элемента находится в клеточ-

ном соке и извлекается водой. Лишь незначительная доля калия является составной частью структуры органического вещества. Часть калия адсорбирована коллоидами и менее 1% необменно поглощена митохондриями в протоплазме.

Калий сосредоточивается в наиболее молодых жизнедеятельных частях растений, его много содержится в пыльце. Калий способствует нормальному течению фотосинтеза, передвижению углеводов (сахаров, крахмала), их накоплению в продуктивной части урожая: в плодах и овощах повышается содержание сахара, в картофеле – крахмала, у льна – тонина и прочность волокна. Установлено действие калия как стабилизатора водного режима в растениях. Благодаря влиянию на осмотическое давление в клетках и регулированию работы устьиц калий способствует поддержанию оводненности тканей, оптимизации сосущей силы корней, уравниванию темпов дыхания и фотосинтеза. В результате растения, обеспеченные калием, становятся более устойчивыми к избытку и недостатку влаги, повышенным и пониженным температурам. На формирование единицы сухой массы урожая такие растения расходуют воды. Калий не входит в состав ферментов, но активизирует работу многих из них, например, рибофлавина, тиамина. С участием этих ферментов интенсифицируется биосинтез белков из аминокислот. В этих реакциях калий выполняет роль переносчика электронов.

За счет усиления синтеза целлюлозы и пектиновых веществ возрастает прочность стенок стеблей, укорачиваются междоузлия. В результате растения меньше полегают, повышается их устойчивость к поражению болезнями и вредителями. В значительной степени снижается поражаемость зерновых культур корневыми гнилями, мучнистой росой (Прокошев, Дерюгин, 2000). С увеличением содержания калия в растительной клетке снижается поражаемость моркови бактериальной пятнистостью листьев, лука – пероноспорозом и луковой мухой (Якименко, 2003). Роль калия усиливается при аммиачном питании растений – лучше усваивается азот, больше образуется белков.

Валовое содержание калия в почвах выше, чем азота и фосфора. Оно определяется прежде всего минералогическим и гранулометрическим составом почвы. Объясняется это тем, что большая часть почвенного калия входит в состав полевых шпатов, слюд и различных глинистых минералов (иллит, монтмориллонит, вермикулит). Полевые шпаты (ортоклаз, роговая обманка, микроклин) распространены весьма широко – на них приходится 60% минералогического состава

поверхностного слоя земной коры. В их составе 10-12% занимает оксид калия. Большое распространение имеют калийные слюды – мусковит, биотит, флогопит. Мусковит содержит в среднем 10%, а биотит 8% оксида калия. В результате выветривания и биохимического разрушения полевых шпатов и слюд образуются гидрослюды (вторичные минералы). Они входят в состав преимущественно дисперсных фракций почвы. Поэтому содержание калия в почвах зависит от их гранулометрического состава. Меньше всего калия содержится в торфяниках и песчаных почвах, в легких подзолистых и дерново-подзолистых почвах.

Для правильного суждения об обеспеченности почв подвижным калием и его доступности растениям необходимо знать не только его содержание, но и степень подвижности. Калийное состояние почв связано со способностью катионов переходить из одной формы в другую (рис. 6). Эти превращения заключаются в возможности ионов калия занимать различные по прочности связи с почвой позиции и относятся к двум противоположно направленным, обратимым процессам – *фиксации* (адсорбции) и *мобилизации* (десорбции). Под фиксацией калия понимают переход катионов, находящихся в почвенном растворе или в обменном состоянии, в *необменную* (находящийся в структуре слюдоподобных минералов и органоминеральных смектиновых комплексов) форму.

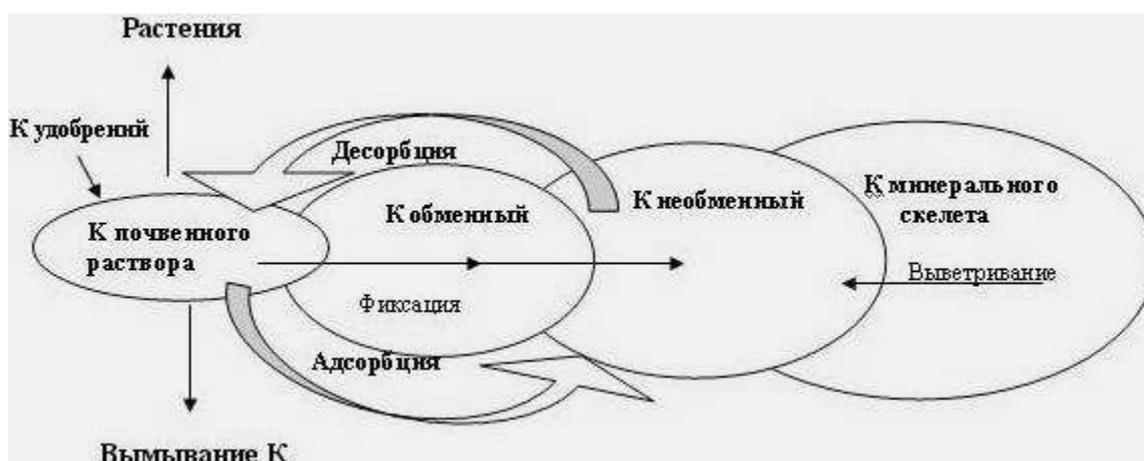


Рисунок 6 – Формы калия в почве и их трансформация (Krauss, 1998)

Поэтому фиксацию калия следует рассматривать как процесс, ответственный за его накопление и сохранение. *Фиксация калия в необменном состоянии* характерна для почв, богатых глинистыми минералами со сложной, трехслойной кристаллической решеткой. Этот

калий внедряется в межпакетное пространство кристаллической решетки. Фиксация калия происходит при попеременном чередовании увлажнения и высушивания почвы, значительном содержании органического вещества почвы и щелочной реакции почвенного раствора. Иногда фиксированный калий удерживается так прочно, что становится недоступным для растений. По данным С.М. Горбачевой (1975), в Красноярском крае необменная фиксация калия приводит к потере этого элемента на черноземных, лугово-черноземных и серых лесных почвах до 60%, на серых лесных почвах – до 25%.

Десорбционная способность контролирует механизм удаления-потребления почвенного калия. Установлено, что чем большее количество катионов адсорбировано на неспецифических позициях со слабой связью с минеральной основой почвы или чем выше насыщенность почвы калием, тем большей подвижностью обладают его ионы, тем легче они переходят в раствор. Следовательно, *обменный* калий – часть калия почвы, расположенная на поверхности органо-минеральных коллоидов и на специфических позициях вторичных минералов. Резервом постоянного возобновления доступных для растений форм калия являются необменные формы. Таким образом, большую часть калия растения поглощают из почвенного раствора, поэтому водорастворимую форму следует считать показателем питания растений калием. Однако содержание водорастворимого калия в почве невелико и как фактор, характеризующий эффективное плодородие почв, существенного значения не имеет (Пчелкин, 1966; Ониани, 1981). Об обеспеченности растений калием судят по содержанию в почве его обменной формы.

Шкалы по содержанию калия в почвах для условий Красноярского края не разрабатывались. Агрохимическая служба составляет картограммы по наличию этого элемента питания в почвах на основе шкал, разработанных в европейской части России. Данный факт в значительной степени обусловлен богатством абсолютного большинства почв Красноярского края обменным калием в связи с тяжелым гранулометрическим составом и высокой гумусированностью большинства из них. По обобщенным данным агрохимической службы (Танделов, 1998), только 8,6% почв в Красноярском крае имеет низкое содержание калия.

Определение обменно-поглощенного калия проводится в тех же вытяжках, что и подвижный фосфор: по методу А.Т. Кирсанова, Ф.В. Чирикова, Б.П. Мачигина. Методы основаны на вытеснении ка-

лия из почвенного поглощающего комплекса каким-либо катионом, например, H^+ , а в карбонатных почвах определение обменного калия проводится в 1%-й углеаммонийной вытяжке по Мачигину.

Принцип метода. Обработка почвы 0,5 н. раствором уксусной кислоты при соотношении почвы к раствору 1:2,5 приводит к вытеснению обменного калия ионами водорода.

Обеспеченность почвы обменным калием оценивается по местным градам (табл. 10). Определив класс обеспеченности почвы обменным калием, находят поправочные коэффициенты (прил. 6) к средним дозам калийных удобрений (прил. 7), рекомендованных для Красноярского края.

Таблица 10 – Группировка почв по содержанию обменного калия в условиях Красноярского края

Класс обеспеченности	K ₂ O, мг/100 г почвы по методу			Обеспеченность почв калием для разных групп культур		
	Кирсанова	Чирикова	Мачигина	зерновые, зернобобовые	пропашные и многолетние травы	картофель, овощи, корнеплоды
1	< 5	< 5	< 10	Низкая	Очень низкая	Очень низкая
2	5-10	5-7	10-20	Низкая	Низкая	Очень низкая
3	10-15	7-9	20-30	Средняя	Низкая	Очень низкая
4	15-20	9-11	30-40	Повышенная	средняя	Низкая
5	20-30	11-15	40-60	высокая	Повышенная	Средняя
6	30-40	15-20	60-80	Очень высокая	Высокая	Повышенная
7	40-50	20-25	80-100	Очень высокая	Очень высокая	Высокая
8	> 50	> 25	> 100	Очень высокая	Очень высокая	Очень высокая

Требовательность культур к калийному питанию в различные периоды их роста и развития неодинаковая. Уровень калийного питания определяется динамикой и интенсивностью потребления элемента в течение вегетации. Интенсивное потребление калия яровой пшеницей приходится на периоды кущения-трубкования и колошения-цветения. Примерно за 30 дней культура усваивает из почвы количество калия, которое необходимо на весь жизненный цикл. Наивысшая

концентрация калия отмечается в фазу кущения (3,5-4%), относительный минимум приходится на период созревания.

По этим показателям сельскохозяйственные растения подразделяются на две группы:

а) *высокотребовательные к уровню калийного питания* и отзывчивые на высокие дозы калийных удобрений – картофель, сахарная свекла, ячмень, подсолнечник, гречиха, просо, капуста, морковь, огурец, баклажаны, петрушка, сельдерей;

б) *культуры с нормальной потребностью в калии*, положительно отзывающиеся на последствие калийных удобрений, внесенных в высоких дозах под предшествующую культуру (пшеница, овес, горох и др.).

Тестовые задания

1. Основные источники калия в почве:

- а) гумус;
- б) микроорганизмы;
- в) зола растений;
- г) минералы.

2. Процесс химического поглощения фосфора:

- а) образование растворимых соединений;
- б) поглощение фосфора микроорганизмами;
- в) образование труднорастворимых соединений.

3. Цель, с которой применяются ингибиторы нитрификации:

- а) временное торможение нитрификации аммонийных удобрений и мочевины;
- б) увеличение поступления нитратного азота;
- в) усиление процесса аммонификации.

4. Почва, в которой больше всего валового азота:

- а) лугово-черноземная;
- б) темно-серая лесная;
- в) подзолистая;
- г) черноземная.

5. Зона, в которой наблюдается самое интенсивное вымывание нитратов из почвы:

- а) степь;
- б) лесостепь;
- в) подтайга;
- г) сухостепь.

6. Наиболее подвижная форма азота:

- а) нитратная;
- б) аммонийная;
- в) амидная;
- г) гидролизуемая.

7. Укажите процесс симбиотической фиксации азота микроорганизмами:

- а) клубеньковые бактерии;
- б) ассоциативные;
- в) свободноживущие;
- г) факультативные.

8. Назовите процесс поглощения калия микроорганизмами:

- а) иммобилизация;
- б) необменная фиксация;
- в) сорбция;
- г) адсорбция.

9. Назовите наиболее подвижную форму калия в почве:

- а) валовой;
- б) необменно-фиксированный;
- в) обменно-поглощенный;
- г) зольный.

10. Поле севооборота, в котором больше всего нитратного азота:

- а) пшеница – пшеница – люцерна – люцерна – люцерна;
- б) картофель – пшеница – овес + горох – пшеница.

11. Класс обеспеченности подвижным фосфором и обменным калием, при котором не требуется внесение удобрения:

- а) 1;
- б) 2;
- в) 3;
- г) 4;
- д) 5;
- е) 6.

12. Класс обеспеченности, при котором не требуется внесения удобрений, если планируемая урожайность составила 30 ц/га:

- а) 1;
- б) 2;
- в) 3;
- г) 4;
- д) 5;
- е) 6.

13. Время, в которое в поле пара больше накапливается азота:

- а) весна;
- б) лето;
- в) осень.

14. Основной источник фосфора в почве:

- а) органическое вещество;
- б) минералы;
- в) осадки.

15. Процесс химического поглощения фосфора:

- а) образование растворимых соединений;
- б) поглощение фосфора микроорганизмами;
- в) образование труднорастворимых соединений.

16. Основная статья потерь фосфора из почвы:

- а) вымывание;
- б) поглощение микроорганизмами;
- в) химическое поглощение;
- г) вынос с урожаем.

17. Время, в которое в поле пара накапливается больше подвижного фосфора:

- а) весна;
- б) лето;
- в) осень.

18. Основные источники калия в почве:

- а) гумус;
- б) микроорганизмы;
- в) зола растений;
- г) минералы.

19. Почва, в которой по гранулометрическому составу больше калия:

- а) супесь;
- б) суглинок;
- в) песок;
- г) глина.

20. Почва, в которой больше калия:

- а) чернозем;
- б) подзолистая;
- в) пойменная;
- г) торфяно-болотная.

21. Процесс поглощения калия твердой фазой почвы:

- а) сорбция;
- б) десорбция;
- в) выщелачивание.

22. Процесс поглощения калия микроорганизмами:

- а) иммобилизация;
- б) необменная фиксация;
- в) сорбция.

23. Процесс заземления калия межпакетными пространствами минералов:

- а) иммобилизация;
- б) необменная фиксация;
- в) сорбция;
- г) десорбция.

24. Почва, в которой по гранулометрическому составу потери калия происходят через вымывание:

- а) супесь;
- б) суглинок;
- в) глина.

25. Наиболее подвижная форма калия в почве:

- а) валовой;
- б) необменно-фиксированный;
- в) обменно-поглощенный;
- г) зольный.

26. Соединения фосфора, наиболее растворимые в воде:

- а) $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$;
- б) $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$;
- в) CaHPO_4 ;
- г) $\text{Ca}_4\text{P}_2\text{O}_9$.

27. Вид поглонительной способности, связанный с образованием труднорастворимых фосфатов:

- а) механическая;
- б) физическая;
- в) химическая;
- г) биологическая.

28. Почвы, в которых преобладают фосфаты железа и алюминия:

- а) дерново-подзолистая;
- б) чернозем выщелоченный;
- в) чернозем южный;
- г) темно-каштановая почва.

4.3.4. Методика агрохимического картографирования (основные теоретические положения)

Для рационального применения удобрений на научной основе необходимо располагать соответствующей информацией по каждому конкретному полю хозяйства. Чтобы иметь такую информацию и решать ряд других важных вопросов химизации сельского хозяйства, в 1964 году в стране была организована единая Государственная агрохимическая служба, основу которой составляют зональные агрохимические лаборатории. Научно-методическое руководство и контроль за качеством агрохимического обследования почв осуществляет Всероссийский НИИ агрохимии (ВНИИА) Российской академии сельскохозяйственных наук (РАСХН).

Государственная агрохимическая служба проводит:

- ❖ агрохимическое обследование всех сельскохозяйственных ассоциаций крестьянских хозяйств, сельскохозяйственных кооперативов, акционерных обществ, государственных и муниципальных предприятий, подсобных сельскохозяйственных предприятий, опытных хозяйств сельскохозяйственных научно-исследовательских и учебных заведений, крестьянских (фермерских) хозяйств, сельскохозяйственные угодья сельских и районных администраций вне черты городских и сельских поселений, занимающихся сельскохозяйственным производством;
- ❖ выполняет необходимые массовые анализы почв, растений, удобрений;
- ❖ проводит полевые опыты по изучению эффективности удобрений;
- ❖ разрабатывает рекомендации по рациональному применению удобрений;
- ❖ выполняет химические анализы кормов для установления их питательной ценности;
- ❖ определяет качество применяемых в сельском хозяйстве удобрений и других химических средств;
- ❖ проводит контроль качества растениеводческой продукции;
- ❖ решает вопросы охраны окружающей среды в сельскохозяйственном производстве.

Агрохимическое обследование почв проводят специалисты отделов почвенно-агрохимических изысканий государственных центров агрохимической службы.

Агрохимическая картограмма – это схематическая карта, на которой дано пространственное размещение площадей почв с разными агрохимическими свойствами – разным уровнем обеспеченности элементами питания, гумусированности, кислотности, щелочности. Агрохимическая картограмма является основой рационального применения минеральных, органических удобрений и химических мелиорантов.

Периодичность агрохимического обследования почв дифференцируют в различных природно-сельскохозяйственных зонах Российской Федерации в зависимости от мелиоративного состояния сельскохозяйственных угодий, специализации сельскохозяйственного производства и уровня применения удобрений:

❖ для хозяйств, ежегодно применяющих более 60 кг/га д. в. по каждому виду минеральных удобрений, – 5 лет, менее 60 кг/га д. в. – через 6-7 лет;

❖ для орошаемых и осушенных сельскохозяйственных угодий, а также для госсортоучастков, опытных и экспериментальных хозяйств НИИ и сельскохозяйственных учебных заведений – 3 года;

❖ по заявкам хозяйств на договорной основе допускается сокращение сроков между повторными обследованиями.

Для проведения агрохимического обследования почв в отделе почвенно-агрохимических изысканий организуются полевые группы в составе начальника группы, главных, ведущих, старших специалистов и специалистов почвоведов-агрохимиков. Число и состав групп определяют исходя из объемов почвенно-агрохимических изысканий.

Одним из важнейших направлений интенсификации и экологизации производства сельскохозяйственной продукции является точное земледелие, основанное на дифференцированном подходе к свойствам почвы и состоянию посевов отдельно взятого поля. В настоящее время технологии точного земледелия основываются на применении эффективных методов картографирования внутрипольной неоднородности почвенного покрова, компьютерных программных средств для обработки информационных потоков, электронизированной высокопроизводительной техники для внесения удобрений и пестицидов.

Технологии точного земледелия отличаются от обычной тем, что агротехнические приемы осуществляются не в видимых границах полей, а по внутрипольным контурам плодородия, выделяемых тем или иным способом на электронных носителях бортовых компьюте-

ров агрегатов и «считываемых» ими в процессе движения агрегатов по полю с использованием систем позиционирования (Белоусов с соавт., 2016).

Основные этапы агрохимического картографирования

Все работы по составлению агрохимических картограмм объединяют в четыре этапа:

- 1) подготовительный;
- 2) полевой;
- 3) аналитический,
- 4) камеральный.

Организация работ по агрохимическому обследованию и подготовка к полевым работам (подготовительный этап)

Картографической основой для проведения агрохимического обследования почв является план внутрихозяйственного землеустройства с нанесенными контурами земельных участков, с указанием их кадастровых номеров, типов, подтипов, гранулометрического состава почв. Работа по подготовке картографической основы для агрохимического обследования состоит из следующих звеньев.

✓ Получение от отделов землепользования, землеустройства и охраны почв производственных управлений сельского хозяйства землеустроительных планов, почвенных карт, кадастровых карт, карт внутрихозяйственной оценки земель.

✓ Перенос на землеустроительные планы границ контуров земельных участков с указанием их кадастровых номеров, типов, подтипов почв и их гранулометрического состава.

✓ Составление ведомости сравнения нумерации земельных участков, принятых в практической работе с Единой кадастровой нумерацией, принятой в настоящее время.

✓ Первичным объектом государственной кадастровой оценки являются сельскохозяйственные угодья ассоциаций крестьянских хозяйств, сельскохозяйственных кооперативов, акционерных обществ, государственных и муниципальных предприятий, подсобных сельскохозяйственных предприятий, опытных хозяйств сельскохозяйственных научно-исследовательских и учебных заведений, крестьянских (фермерских) хозяйств, сельскохозяйственные угодья сельских и

районных администраций вне черты городских и сельских поселений, занимающихся сельскохозяйственным производством.

Объекты кадастровой оценки группируют в границах бывших колхозов и совхозов до их реформирования, по которым оформлялись материалы почвенных обследований, и проводилась внутрихозяйственная оценка земель. В списке по каждому объекту кадастровой оценки указывают его наименование, кадастровый номер, общую площадь сельскохозяйственных угодий, в том числе пашни, сенокосов и пастбищ, многолетних насаждений и залежи.

По каждому хозяйству подготавливают не менее 10 экземпляров копий плановой основы. Три экземпляра картографической основы с нанесенными почвенными контурами передают руководителю отдела почвенно-агрохимических изысканий – один экземпляр используют для полевых работ, второй (чистовой) экземпляр служит для перенесения элементарных участков и номеров проб; третий является запасным; остальные экземпляры плановой основы используют для составления авторских экземпляров агрохимических картограмм.

✓ Проводится уточнение в натуре границ землепользования, контуров.

При выезде на полевые работы специалистам, проводящим агрохимическое обследование, выдают сопроводительные письма, подписанные начальником районного управления сельского хозяйства, необходимое снаряжение, наряд – отчет на проведение работ. Полевые работы проводятся при температуре не ниже 5 °С.

При выезде в хозяйство почвовед-агрохимик собирает сведения о применении удобрений, проведении химической и водной мелиорации, урожайности полевых культур за последние годы между последним и намечаемым циклами обследования и заносит в журнал агрохимического обследования.

Совместно с агрономом хозяйства почвовед-агрохимик объезжает и осматривает земельные угодья, уточняет и наносит на план землепользования визуальные изменения в ситуации (новые дороги, границы полей, лесопосадки). Уточняет фактическое размещение посевов полевых культур и соблюдение севооборотов, состояние посевов, степень засоренности, соответствие конфигурации и площади кадастровому номеру земельного участка, отмечает земельные участки, систематически удобрявшиеся высокими дозами удобрений, степень дефлированности, закустаренность земельных участков.

✓ Определяют частоту отбора объединенных почвенных проб.

Пространственную частоту отбора объединенных почвенных проб устанавливают в зависимости от пестроты почвенного покрова и количества вносимых удобрений:

1-я категория – один смешанный образец на 1-3 га отбирается в лесной зоне (серые лесные, дерново-подзолистые), а также в других районах с волнистым сильно расчлененным рельефом, с разнообразными почвообразующими породами и неоднородным почвенным покровом.

2-я категория – один смешанный образец на 5-10 га для лесостепных и степных районов с расчлененным рельефом.

3-я категория – один смешанный образец на 10-20 га для степных и сухостепных районов с равнинным или слаборасчлененным рельефом и однообразным почвенным покровом.

Определив соответствующую частоту взятия почвенных проб в хозяйстве, приступают к подготовке картографического материала для полевых работ. Для этого с прокорректированной карты-основы делают выкопировки (рабочие карточки) на каждые 200-300 га. На эти карточки, привязываясь к основным ориентирам (дороги, границы полей, канавы, изгороди), наносят сетку элементарных (исходных) участков (наименьших площадей, которые можно охарактеризовать одним смешанным почвенным образцом). При этом стремятся, чтобы форма элементарных участков приближалась к форме прямоугольника или квадрата. Затем нумеруют участки.

Проведение полевых работ по агрохимическому картографированию

В соответствии с нанесенной на рабочие карточки сеткой элементарных участков разбивают поля в натуре.

Отбор объединенных почвенных проб в поле – ответственная и трудоемкая работа. При отборе объединенных почвенных проб рекомендуется метод маршрутных ходов. Маршрутный ход прокладывается посередине каждого элементарного участка вдоль удлиненной стороны. На незэродированных или слабоэродированных почвах маршрутный ход прокладывается посередине элементарного участка вдоль его длинной стороны или по диагонали. На средне- и сильноэродированных почвах, расположенных на склоне длиннее 200 м, маршрутные ходы прокладывают вдоль склона, на более коротких – поперек склона.

Отбор объединенных проб почвы проводят по элементарным участкам при помощи навигатора GPS map 62. С каждого элементарного участка отбирается одна объединенная проба (представительный образец). Причем первую точечную пробу (индивидуальный образец) отбирают не на краю обследуемого земельного участка, а на расстоянии, равном половине расстояния между точками отбора. На пахотных почвах точечные пробы почвы отбирают из пахотного слоя 0-20 см; на кормовых угодьях – на глубину гумусового горизонта: 0-10 см на дерново-подзолистых и серых лесных почвах, 0-20 см на черноземах, пойменно-луговых.

Каждую объединенную пробу почвы составляют из точечных проб, равномерно отбираемых на элементарном участке по маршрутному ходу. Учитывая неоднородность сложения почвенного профиля, в том числе пахотного слоя и почвенного покрова, каждая объединенная почвенная проба составляется:

- ❖ в зоне развития дерново-подзолистых почв из 40 точечных проб;

- ❖ в зоне развития серых лесных почв из 30 точечных проб;

- ❖ во всех остальных зонах – из 20 точечных проб.

Масса объединенной пробы должна быть не менее 400 г. Точечные пробы отбираются буром. Отбор почвенных проб из подпахотных горизонтов проводят лопатой. Отобранная в пределах элементарного участка объединенная проба вместе с соответствующей этикеткой помещается в полотняный мешочек или картонную коробку.

Отбор проб ведут в сжатые сроки (не более 1 месяца) весной до внесения удобрений или осенью сразу же после уборки урожая. После завершения работ пробы подсушиваются в защищенном от солнца и хорошо проветриваемом помещении. Высушенные пробы укладывают в контейнеры и отправляют в лабораторию вместе с приемосдаточным актом.

Основным документом полевого обследования является «Журнал агрохимического обследования почв сельскохозяйственных угодий». Его форма единая для всех регионов страны. Журнал заполняется почвоведом-агрохимиком, проводящим агрохимическое обследование сельскохозяйственных угодий, на основании полевых работ и результатов анализов почв.

Для дифференцированного применения агрохимических средств картографирование внутривидовой неоднородности почвенного плодородия и состояния посевов осуществляется:

– методом сеточного отбора почвенных проб по схематически выделенным элементарным участкам поля;

– на основе сканирования урожайности уборочными машинами, оборудованными соответствующей аппаратурой: с применением дистанционного зондирования полей околоземными космическими аппаратами и выделения на электронных картограммах сельскохозяйственных полей однородных областей, которые и используются в качестве элементарных участков для их агрохимического обследования. Это позволяет существенно сократить затраты на агрохимическое обследование полей за счет уменьшения количества отбираемых проб, так как их отбор проводится на элементарных участках, априори различающихся по своему плодородию и заранее выделенных на электронных картограммах полей;

– сканированием электропроводности почвы специальными кондуктометрическими устройствами;

– по данным горизонтальной съемки микро- и нанорельефа поверхности почвы.

Лабораторно-аналитические работы

Аналитические работы по агрохимическому картографированию проводят зональные (областные) агрохимические лаборатории и проектно-изыскательные центры агрохимической службы.

Во всех отобранных образцах определяют обязательные агрохимические показатели: подвижный фосфор, обменный калий, обменную кислотность. В 30% отобранных образцов определяются гранулометрический состав, сумма обменных, гидролитическая кислотность.

Агрохимической службой Красноярского края приняты следующие методы определения агрохимических показателей. В почвах элювиального ряда определение подвижного фосфора и обменного калия проводят в одной вытяжке по методу А.Т. Кирсанова, используя 0,1 н. солянокислую вытяжку.

В нейтральных и слабокислых почвах (черноземах выщелоченных, оподзоленных, обыкновенных, темно-серых лесных почвах) определение подвижного фосфора и обменного калия проводят в 0,5 н.

уксуснокислой вытяжке по Ф.В. Чирикову. В карбонатных почвах (черноземах южных, различных подтипах каштановых почв) определение подвижного фосфора и обменного калия проводят в углеаммиачной вытяжке по методу Б.П. Мачигина.

Содержание гумуса определяется по методу И.В. Тюрина в модификации Никитина. Сумма обменных оснований определяется по методу Каппена-Гильковица в модификации Годлина, гидролитическая кислотность – ионометрически в 0,5 н. суспензии ацетата натрия.

Определение гранулометрического состава проводят пипеткой Н.А. Качинского.

Составление и оформление агрохимических картограмм

Основными документами для составления агрохимических картограмм являются ведомость результатов полевого агрохимического обследования почв, сводная ведомость результатов агрохимического обследования почв, аналитические ведомости и рабочий полевой экземпляр плана внутрихозяйственного землеустройства с нанесенными почвенными контурами, а также границами всех земельных участков.

По каждому хозяйству составляется авторский оригинал картограмм, одну копию которых передают хозяйству. Авторский оригинал картограмм составляет почвовед, проводивший обследование данного хозяйства в масштабе полевого обследования. При выполнении этой работы с уточненного рабочего полевого экземпляра плана внутрихозяйственного землеустройства на чистовой экземпляр переносят все элементарные участки, в середине которых ставят их номера, а под ними – соответствующие агрохимические показатели.

Элементарные участки объединяют в контуры с учетом существующих группировок агрохимических показателей. При выделении в пределах земельного участка агрохимических контуров рекомендуется учитывать следующие положения:

- ❖ в самостоятельный контур выделяют площадь не менее чем по трем элементарным участкам;
- ❖ допускается объединение элементарных участков, если агрохимические показатели попадают в три группы, но различия последних групп находятся в пределах аналитических ошибок;

❖ агрохимические показатели почв по этим элементарным участкам должны укладываться в пределах двух соседних групп действующих градаций.

Оформление картограмм начинают с перенесения с авторских оригиналов агрохимических контуров на планы внутрихозяйственного землеустройства, которые раскрашивают в соответствии с градациями элементов питания и соответствующей шкалой раскраски картографируемых элементов. Отдельно переносят результаты анализов по фосфору, калию, гумусу, кислотности. Цифры агрохимических показателей вписывают в целых числах.

После составления авторских оригиналов изготавливают две копии этих картограмм на чистовых экземплярах картографической основы.

Цветовая шкала, рекомендуемая для раскраски картограмм в зависимости от класса обеспеченности, приведена ниже:

Таблица 11 – Цветовая шкала для оформления картограмм

Класс (группа)	Обеспеченность	Окраска на картограмме
1	Очень низкая	Красная
2	Низкая	Оранжевая
3	Средняя	Желтая
4	Повышенная	Зеленая
5	Высокая	Голубая
6	Очень высокая	Синяя

При раскраске площадей их разбивают на отдельные участки, ограниченные какими-нибудь естественными контурами. На раскрашенном экземпляре картограммы тушью оформляют штриховые элементы – границы контуров, отдельно обрабатываемых участков, севооборотов и подписывают площадь каждого агрохимического контура, выделенного в пределах отдельно обрабатываемого земельного участка.

Элементы картографической основы картограмм необходимо оформлять условными знаками, принятыми для топографических карт соответствующих масштабов.

При выборе масштаба учитывают: площадь района и конфигурацию его территории, площади землепользования, преобладающую площадь агрохимических контуров, а также интенсивность использо-

вания территории района. В зависимости от площадей сельскохозяйственных угодий района рекомендованы следующие масштабы:

- ❖ для районов, площадь сельскохозяйственных угодий которых не превышает 100-150 тыс. га, – 1:50000;
- ❖ до 200-500 тыс. га – 1:750000 или 1:100000;
- ❖ более 500 тыс. га – 1:200000 и мельче.

Необходимым элементом оформления картограммы являются рамки. Они придают картограмме законченный вид. Заголовок картограммы помещают внутри рамок в северной части листа (в левом, правом углах или симметрично посередине), условные обозначения и штамп – в южной части листа. В картуше указывают наименование картограммы, административный район, кадастровый номер, масштаб и год составления.

Использование агрохимических картограмм

На основании агрохимической характеристики почв, структуры посевов и наличия удобрений дают общие рекомендации по рациональному распределению их в хозяйстве: по бригадам, отделениям, севооборотам и другим объектам удобрения. Учитывая почвенно-климатические условия, организационно-хозяйственные возможности и опыт применения удобрений других хозяйств, расположенных в аналогичных условиях, дают подробную агрохимическую характеристику почв, составляют рекомендации по технологии и приемам внесения удобрений, а также определяют потребность хозяйства в различных удобрениях на ближайшее время и перспективу, и повышение качества продукции растениеводства.

Содержание работы

1. Ознакомьтесь с методикой и техникой составления агрохимических картограмм.

2. Перенесите данные карточки – выкопировки на кальку отдельно по подвижному фосфору и обменному калию. Определите принадлежность каждого элементарного участка к соответствующему классу группировки почв по содержанию элементов питания, передавая цветовую характеристику (табл. 11) и объединяя элементарные участки в агрохимические контуры.

3. Вычислите площадь ареала каждого класса (по количеству элементарных участков).

4. Рассчитайте дозы фосфорных и калийных удобрений под сельскохозяйственные культуры.

Вопросы к семинару

1. Какие показатели определяют агрохимическую характеристику почв?

2. Для какой цели проводят агрохимическое обследование и составляют агрохимические картограммы, агрохимические паспорта?

3. Из каких этапов состоит работа по агрохимическому обследованию почв?

4. С какой площади и каким методом отбирается один представительный агрохимический образец?

5. Каковы порядок и техника составления агрохимических картограмм?

6. По какой причине не составляются картограммы обеспеченности почв азотом и как судят об обеспеченности почв этим элементом?

7. Каковы порядок и содержание агрохимического очерка?

8. Как используются агрохимические картограммы и паспорта?

9. Как часто нужно проводить повторное агрохимическое обследование почв?

10. В чем преимущество поточных методов анализа почв?

11. Какими методами пользуются при массовых анализах почв в агрохимических лабораториях?

12. Что такое местные лимиты (градации) по обеспеченности почв основными элементами питания?

13. Какими методами проводится оценка потребности растений в азотных, фосфорных и калийных удобрениях?

14. В чем отличие паспорта плодородия от агрохимических картограмм?

15. Дайте определение КАХОП и назовите основные его звенья.

16. Роль вегетационного опыта в изучении вопросов питания и применения удобрений.

17. Задачи агрохимической службы. Как используются материалы агрохимического обследования в хозяйствах?

18. Сравнительная оценка полевого и вегетационного методов в исследовании питания растений.

19. Назовите подвижные формы питательных веществ в почве.
 20. Дайте понятие динамике питательных веществ в почве.

Агрохимическая оценка почвы (практическая работа)

Данная тема является заключительной по разделу «Пищевой режим почв». По ней проводится семинарское занятие.

Содержание работы

1. В рабочей тетради следует начертить таблицу 12, куда заносятся данные задания, характеризующие агрохимические свойства почвы.

Таблица 12 – Агрохимическая характеристика почвы

Глубина гумусового слоя, см	Гумус, %	S	Hг	ЕКО	Na	V, %	рН _{KCl}	P ₂ O ₅	K ₂ O
		ммоль/100 г почвы						по методу ..., мг/100 г почвы	

2. На основании материалов анализа дается письменное заключение в следующем порядке:

- ✓ определите потребность почвы в известковании по степени насыщенности основаниями и величине обменной кислотности. Если почва нуждается в известковании, рассчитайте дозу извести с учетом степени нуждаемости в известковании и гранулометрического состава почвы, введя поправочный коэффициент;
- ✓ дайте оценку обеспеченности почвы каждым элементом питания;
- ✓ определите возможность применения фосфоритной муки, предложите способ ее использования, укажите место внесения в севообороте;
- ✓ обобщите результаты о плодородии анализируемой почвы и путях его повышения.

Вопросы к коллоквиуму

1. Роль азота в земледелии в свете учения Д.Н. Прянишникова.
2. Назовите методы оценки обеспеченности почв азотом.
3. Расскажите о схеме превращения органических азотсодержащих веществ в почве. Дайте определение процесса аммонификации и нитрификации.
4. Какова интенсивность процессов аммонификации и нитрификации в дерново-подзолистой, серой лесной, черноземной и каштановой почвах?
5. Смысл термина «азот биологический». Значение биологического азота в обеспечении потребности возделываемых культур.
6. Дайте определение процесса денитрификации. Какие условия способствуют денитрификации?
7. В чем причины и механизм необменной фиксации аммония в различных типах почв?
8. Дайте определение баланса азота в земледелии и назовите его основные статьи.
9. В чем особенности азотного питания бобовых культур?
10. В какие органические соединения входит азот в растениях, какова их роль?
11. Перечислите условия для поглощения аммиачного азота.
12. Назовите ПДК нитратного азота в почве.
13. Назовите агротехнические приемы, способствующие накоплению минеральных форм азота в почве.
14. Какова роль фосфора в жизни растительного организма?
15. Содержание и формы фосфора в почве.
16. Факторы, определяющие доступность почвенных фосфатов.
17. В виде каких основных соединений находится фосфор в почвах (в дерново-подзолистых, серых лесных, черноземах и каштановых). Какова их доступность растениям?
18. Методы определения подвижных фосфатов почвы.
19. Дайте определение баланса фосфора в земледелии и назовите его основные статьи.
20. Как влияет зафосфачивание почвы на подвижность микроэлементов в почве?
21. При каких условиях протекают процессы иммобилизации азота и ретроградации фосфатов в почве?

22. Как влияют пониженные температуры и засушливые условия на азотный и фосфатный режимы почв?
23. Какими методами определяют подвижный фосфор и обменный калий в различных почвах?
24. Какова роль калия в растениях? Потребность сельскохозяйственных культур в калии.
25. Каково валовое содержание калия в разных почвах?
26. На какие группы подразделяются соединения калия в почвах и какова их доступность?
27. Какие формы калия входят в понятие «подвижный» и «усвояемый»?
28. Под влиянием каких условий ускоряется переход калия из труднодоступной в усвояемую для растений форму?
29. Влияние гранулометрического состава почвы на содержание калия.
30. В какой почве, дерново-подзолистой или черноземе, больше обменного калия при близком гранулометрическом составе?
31. Дайте определение баланса калия в земледелии и назовите его основные статьи.
32. В чем причины и механизм необменной фиксации калия в различных почвах?
33. Какие агротехнические приемы повышают содержание подвижных фосфатов и обменного калия в почве?
34. Перечислите наиболее характерные внешние признаки азотного, фосфорного и калийного голодания растений?

5 Характеристика и качественный анализ удобрений

5.1 Распознавание минеральных удобрений по качественным реакциям (лабораторная работа)

По внешнему виду минеральные удобрения трудно отличить одно от другого. При неудовлетворительном хранении разные удобрения становятся весьма сходными между собой. Чтобы избежать ошибок при использовании удобрений, необходимо уметь определить с помощью простейших качественных реакций любое минеральное удобрение. Кроме того, для контроля за качеством удобрений и внесения, рассчитанных на планируемый урожай норм питательных веществ, удобрения анализируют на содержание в них азота, фосфора, калия и других элементов питания.

Цель работы: научиться распознавать минеральные удобрения по качественным реакциям.

Материалы и оборудование: дистиллированная вода, 2-5%-й раствор хлористого бария, 1-2%-й раствор азотнокислого серебра, 8-10%-й раствор щелочи, насыщенный раствор щавелевокислого аммония, дифениламин, кобальтинитрит натрия, реактив Несслера, капельницы, пробирки, ложка и шпатель, вспомогательная схема (ключ к распознаванию удобрений).

Содержание работы

В начале занятия каждому студенту выдается индивидуальный штатив с набором минеральных удобрений. Работу начинают с внимательного осмотра удобрения. Прежде всего, удобрения нужно охарактеризовать по следующим параметрам:

- ✓ внешний вид (по цвету, запаху, характеру кристаллов, гранул, порошков);
- ✓ растворимость в воде;
- ✓ характерные реакции.

Цвет удобрения устанавливают путем тщательного осмотра. Принимается во внимание возможность его изменения при транспортировке и хранении.

Растворимость удобрения. Удобрения подразделяются на порошковидные, кристаллические и аморфные. К кристаллическим относятся все азотные удобрения (за исключением цианамиды кальция)

и все калийные, к аморфным – все фосфорные и известковые. Кристаллические удобрения либо полностью, либо заметно растворяются в воде. Аморфные удобрения, как правило, слаборастворимы в воде. Визуально растворимость этих удобрений в воде установить практически невозможно.

Для определения растворимости в чистую пробирку помещают щепотку удобрения 1-2 г, приливают 15-20 мл дистиллированной воды, энергично встряхивают и наблюдают. Если удобрение растворяется в воде, то последующие пробы с реактивами согласно вспомогательной схеме-ключу проводят в отдельных пробирках. Далее устанавливают группу удобрений (азотные, фосфорные, калийные и т. д.), определяют состав и название удобрения.

Распознавание удобрений проводят по специальным вспомогательным схемам, а результат оформляют по форме таблицы 13, которую следует размещать на развернутом листе рабочей тетради.

Таблица 13 – Распознавание минеральных удобрений по качественным реакциям

№ п/п	Название удобрений	Формула	Внешний вид, запах	Растворимость	Реакции						
					NaOH	BaCl ₂	AgNO ₃	Дифениламин	(NH ₄) ₂ C ₂ O ₄	Кобальтнитрит натрия	Реактив Несслера

Реакция со щелочью проводится для установления наличия иона аммония в удобрении. К 2-3 мл водного раствора удобрения добавляют несколько капель (5-8) щелочи, прикрывают пробирку пальцем и встряхивают. Присутствие иона аммония определяется характерным запахом аммиака, образовавшегося в результате реакции.

Реакция с хлористым барием позволяет определить в удобрении сульфат – ион. В этом случае при добавлении к 2-3 мл раствора удобрения 2-3 капель раствора хлористого бария выпадает белый осадок, не растворимый при подкислении раствора 1-2 мл слабой уксусной кислотой.

Реакция с азотнокислым серебром показывает наличие в растворе иона хлора. К 2 мл раствора удобрения приливают 2-3 капли раствора азотнокислого серебра и встряхивают содержимое. Появление белого створаживающегося при встряхивании осадка хлористого серебра указывает на присутствие иона хлора. Если образуется желтый осадок, в удобрении имеется фосфор (фосфорнокислое серебро, образующееся в процессе реакции, окрашено в желтый цвет).

Реакция со щавелевокислым аммонием устанавливает присутствие кальция по наличию белого осадка или отчетливому помутнению раствора.

В присутствии *кобальтнитрита натрия* выявляют ион калия (образуется желтый осадок).

Реактив *Несслера* при наличии аммония образует красно-бурый осадок.

На основании полученных данных:

– студентом заполняется таблица 13 (куда вносится не менее 15 наименований минеральных удобрений, их формула, % д. в., качественные реакции, по которым было распознано удобрение);

– следует сдать преподавателю название распознаваемых удобрений, представленных в штативах.

5.2 Свойства основных удобрений, особенности их применения (практическое занятие)

Удобрения – самое сильное средство воздействия агрохимии на круговорот веществ в земледелии. Удобрения оказывают комплексное воздействие на почву, пополняя ее всеми видами биогенных элементов. Биогенные элементы – это химические элементы, входящие в состав организмов и выполняющие определенные биологические функции.

Удобрения улучшают химические, агрохимические и физические свойства почвы, повышают ее биологическую активность, способствуют мобилизации питательных веществ самой почвы, ингибируют или предотвращают поступление в растения тяжелых металлов и радионуклидов, повышают стойкость культур к различным заболеваниям и т. д.

Научно обоснованная система применения агрохимических средств позволяет решать задачи расширенного воспроизводства плодородия почв, бездефицитного или положительного баланса био-

генных элементов и гумуса в системе «почва – растение – удобрение», получения растениеводческой продукции, сбалансированной по химическому составу и питательной ценности, повышения рентабельности сельскохозяйственного производства, улучшения экологической ситуации в сельском хозяйстве.

В то же время применение удобрений и других средств химизации – это весьма активное влияние на природную среду. Наличие различных токсических примесей в минеральных удобрениях, неудовлетворительное их качество, а также возможное нарушение технологии их использования могут привести к серьезным негативным последствиям. В настоящее время в индустриально развитых странах, а также в ряде регионов нашей страны применяются высокие дозы минеральных удобрений, и их негативное влияние на природную среду приобретает все более опасный характер и глобальные масштабы. Поэтому в нашей стране особое внимание обращается на необходимость повышения эффективности мер по охране природы, внедрения научно обоснованных систем ведения сельского хозяйства, прогрессивных технологий. В связи с решением экологических проблем и биологизации земледелия в настоящее время расширяются и углубляются агрохимические исследования. Это требует системного подхода к оценке агрохимических средств и их экологических функций.

Удобрения могут нарушить природные циклы круговорота веществ в земледелии, что ведет к ухудшению химического состава почвы, природных вод и растений. Это отрицательно сказывается на питательной ценности продукции и может привести к функциональным заболеваниям человека и животных.

В таблицах приведена развернутая характеристика удобрений, часть из которых поступает в Красноярский край (в таблицах 17-19, соответственно, фосфорных, в таблицах 20-22 – калийных и 23-24 – комплексных).

5.2.1 Свойства основных азотных удобрений, особенности их применения (практическое занятие)

Практическое занятие основано на знании лекционного материала и использовании таблиц, приведенных в тексте. В таблицах 14-16 дана физико-химическая, агрономическая и экологическая характеристика азотных удобрений.

Содержание работы

1. Укажите положение основных азотных удобрений в классификационной системе (признак, на основе которого фосфорные удобрения разделены на несколько групп).

2. Напишите реакции взаимодействия основных азотных удобрений с почвенным поглощающим комплексом:

- а) черноземных почв;
- б) почв элювиального ряда;
- в) почв солонцового комплекса.

3. Согласно химическим реакциям взаимодействия сделать выводы о возможном использовании удобрений:

- а) в связи с генетическими особенностями почв;
- б) формой азота в составе удобрения;
- в) присутствием балластных веществ в составе удобрения;
- г) присутствием возделываемых культур.

4. Предложите рациональные сроки внесения и способы заделки удобрений. Обоснуйте выводами.

5. Экологические требования к внесению и использованию азотных удобрений.

Таблица 14 – Химические и физические свойства основных азотных удобрений

Удобрение	Формула	Содержание азота, %	Внешний вид		Растворимость	Объем 1 т удобрений	Рассеиваемость	Слеживаемость	Гигроскопичность	Условия смешивания с другими удобрениями
			физическое состояние	окраска						
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Аммонийная селитра	NH_4NO_3	34,5-35,0	Гранулированная	Белая или желтоватая	Очень сильная	1,19	Хорошая	Слабая	Очень сильная	Незадолго до внесения
Мочевина (карбамид)	$\text{CO}(\text{NH}_2)_2$	46	Гранулированная	Белая или желтоватая	Сильная	1,55	Хорошая	Не слеживается	Гигроскопична при высокой влажности воздуха	Незадолго до внесения
Сульфат аммония	$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$	20,5-21,5	Мелкокристаллическая	Различных оттенков, в основном серозеленый	Сильная	1,25	Хорошая	Слабая	Очень слабая	Нельзя смешивать со щелочными удобрениями
Кальциевая селитра	$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$	17,0	Чешуйчатые гранулы	Желтая или светло-коричневая	Сильная	0,9-1,1	Удовлетворительная	Умеренная	Очень сильная	-//- с суперфосфатом

Окончание табл. 14

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Натриевая селитра	NaNO_3	16,0	Мелкокристаллическая	Белая с желтоватым оттенком	Сильная	0,7-0,91	Хорошая в сухом состоянии	Незначительная	Умеренная	Нельзя смешивать с недостаточно сухими удобрениями
Аммиак водный	$\text{NH}_3 + \text{H}_2\text{O}$, (NH_4OH)	20	Жидкость	Бесцветная или желтоватая	В любом соотношении	1,1				

Таблица 15 – Агрономические свойства основных азотных удобрений

Удобрение	Форма соединений азота	Физиологическая реакция удобрения	Действие удобрений на почву	Для каких почв, при каких условиях наиболее эффективно	Для каких культур применяется	Оптимальный способ и срок внесения в почву	В сочетании с какими удобрениями более эффективно
1	2	3	4	5	6	7	8
Аммонийная селитра	Аммонийная и нитратная	Слабокислая	Реакция почв не изменяется	Применяется на всех почвах	Для всех культур	Все способы, преимущественно весной под культивацию, нельзя смешивать с семенами	На кислых почвах в сочетании с нейтральными и щелочными
Мочевина (карбамид)	Амидная	Слабое подкисление	Реакция нейтральных и кислых почв не изменяется, слабое подщелачивание карбонатных почв	На всех почвах, а на карбонатных – при орошении	Для всех культур	Все способы, в любые сроки, преимущественно под культивацию, нежелательно смешивать с семенами	С преципитатом и сульфатом калия
Сульфат аммония	Аммонийная	Кислая	Устойчивое подкисление	На нейтральных почвах, а на кислых совместно с известью и навозом	Для всех культур, особенно картофеля, бобовых, поливных, крестоцветных	Внесение вразброс в любые сроки, преимущественно весной под культивацию	Со всеми удобрениями, кроме щелочных форм

Окончание табл. 15

1	2	3	4	5	6	7	8
Кальциевая селитра	Нитратная	Слабощелочная	Временное нестойкое подкисление, или не изменяет	Особенно на кислых почвах	Для всех культур	Внесение вразброс, преимущественно под предпосевную культивацию	С калийными удобрениями
Натриевая селитра	Нитратная	Щелочная	Слегка подщелачивает	На всех почвах, ограничено на щелочных	Для всех культур, особенно свеклы	Внесение вразброс, преимущественно весной под культивацию	С фосфорными и калийными удобрениями
Аммиак водный	Аммиачная	Нейтральная	Слабо подщелачивает, затем подкисляет	На всех почвах, особенно на кислых	Для всех культур, особенно силосных	Допосевное в любые сроки	-

Таблица 16 – Экологическая характеристика основных азотных удобрений

Удобрение	Возможные пути потерь и миграции	Негативное влияние на окружающую среду	Требования к внесению	Безопасность жизнедеятельности	
				при хранении	при внесении
1	2	3	4	5	6
Аммонийная селитра	Аммонийная часть азота связывается почвой и не выщелачивается, нитратная форма азота остается свободной и подвижной в почвенном растворе, она может вымываться. Аммонийная группа может необменно фиксироваться минералами почвы	Загрязнение нитратами водных источников, кумуляция нитратов в растениеводческой продукции, склевывание птицами и их возможная гибель	Весеннее или летнее внесение в зонах с избыточным и достаточным увлажнением, обязательная заделка в почву, соблюдение предельно допустимых доз	Помещения с приточно-вытяжной вентиляцией. Является окислителем, пожаро- и взрывоопасным, нельзя хранить вместе с органическими материалами, обладает местным раздражающим действием на слизистую оболочку носа и кожу	Респираторы, защитная спецодежда
Мочевина (карбамид)	В почве быстро превращается в аммиачную форму, которая связывается почвой. Возможны газообразные потери аммиака, необменная фиксация аммонийной группы. Может содержать до 1,5-3,0% токсического биурета или он образуется при неправильном внесении и хранении	Локальное загрязнение атмосферного воздуха, токсическое действие биурета на растения, склевывание птицами и их возможная гибель	Недопустимо поверхностное внесение, обязательная заделка в почву на оптимальную глубину	Приточно-вытяжная вентиляция помещений. Нетоксична, пожаробезопасна. В качестве примеси содержит свободный аммиак, раздражение верхних дыхательных путей	Респираторы, защитная спецодежда

Продолжение табл. 16

1	2	3	4	5	6
Сульфат аммония	Аммонийная часть азота связывается почвой, может необменно фиксироваться минералами. При поверхностном внесении разлагается с образованием аммиака, нитрифицируется и может вымываться	Незначительное загрязнение атмосферного воздуха и загрязнение водных источников	Недопустимо поверхностное внесение, обязательная заделка в почву для предотвращения необменной фиксации и газообразных потерь	Помещения с вентиляцией, хранение в мешках или россыпью. Пожаро- и взрывоопасен, вызывает раздражение кожи и верхних дыхательных путей	Для защиты от сульфата аммония противопыльные респираторы и брезентовые рукавицы
Кальциевая селитра	Нитратная группа не связывается почвой и может вымываться (выщелачиваться) осадками, эрозионным стоком, поливными водами	Загрязнение нитратами водных источников, кумуляция в растениеводческой продукции	Преимущественно весенне-летнее внесение, особенно в зонах с достаточным увлажнением, соблюдение предельно допустимых доз	Из-за гигроскопичности закрытое хранение в специальных многослойных мешках, нельзя хранить рядом с суперфосфатом	Спецодежда
Натриевая селитра				Легковоспламенима, при попадании на кожу или слизистую оболочку раздражает	Респираторы, очки, защитная спецодежда

1	2	3	4	5	6
Аммиак водный	Связывается почвой, не вымывается атмосферными осадками, сильные газообразные потери аммиака, после частичной нитрификации возможно вымывание нитратов	Загрязнение атмосферного воздуха аммиаком, частичное загрязнение водных источников, миграция насекомых-опылителей, при несоблюдении доз гибель почвенной фауны	Вносить в почву инжектированием на глубину не менее 10-20 см в зависимости от свойств почвы, соблюдение допустимых доз	Хранение в герметичных емкостях под давлением. При дегазации паров аммиака взрывоопасен, горюч, с очень резким запахом, токсичен, раздражающ, вызывает резкий удушливый кашель, головокружение, расстройство дыхания	Специальные агрегаты для внесения под давлением. Соблюдение мер предосторожности, использование индивидуальных средств защиты

5.2.2 Свойства основных фосфорных удобрений, особенности их применения (практическое занятие)

Практическое занятие также основано на знании лекционного материала и использовании таблиц, приведенных в тексте. В таблицах 17-19 дана физико-химическая, агрономическая и экологическая характеристика фосфорных удобрений.

Содержание работы

1. Укажите положение основных фосфорных удобрений в классификационной системе (признак, на основе которого фосфорные удобрения разделены на несколько групп), их характеристика.

2. Проанализируйте взаимодействие основных фосфорных удобрений с почвенным поглощающим комплексом:

- а) черноземных почв;
- б) почв элювиального ряда;
- в) почв солонцового комплекса.

3. Согласно химическим реакциям взаимодействия сделайте выводы о возможном использовании и сочетании удобрений в связи:

- а) с генетическими особенностями почв;
- б) со свойствами фосфорных удобрений;
- в) возделываемых культур.

4. Дайте экологическую оценку фосфорных удобрений.

5. Предложите рациональные сроки внесения и способы заделки удобрений. Обоснуйте выводами.

Таблица 17 – Химические и физические свойства основных фосфорных удобрений

Удобрение	Формула	Содержание фосфора	Форма фосфорного соединения	Внешний вид		Объем 1 т удобрения, м ³	Рассеиваемость	Условия смешивания с другими удобрениями
				физическое состояние	окраска			
Суперфосфат двойной	$\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	43-49	Однозамещенный фосфат кальция, воднорастворимый	Гранулированный	От белой до темно-серой	1,15	Очень хорошая	Незادолго до внесения со всеми удобрениями
Суперфосфат простой	$\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2 \cdot \text{H}_2\text{O} \cdot \text{CaSO}_4$	20-25		Порошковый или гранулированный	Белая или светло-серая	0,85-0,9	У порошковидного при большой влажности плохая, у гранулированного – очень хорошая	
Преципитат	$\text{CaHPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	36	Двухзамещенный фосфат кальция, полурстворимый	Порошковый	Белый	1,18	Хорошая	Смешивается с любыми удобрениями, кроме щелочных
Фосфоритная мука	$\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$	18-29	Трехзамещенный фосфат кальция, водонерастворима	Порошковый	Землисто-серая или коричневая	0,55-0,6	Хорошая	

Таблица 18 – Агрономические свойства основных фосфорных удобрений

Удобрение	Форма соединений фосфора	Физиологическая реакция удобрения	Действие удобрений на почву	Для каких почв, при каких условиях наиболее эффективно	Для каких культур применяется	Оптимальный способ и срок внесения в почву	В сочетании с какими удобрениями более эффективно
Суперфосфат двойной	Воднорастворимая	Нейтральная	Не изменяет реакцию	На всех почвах	Для всех культур	Все способы, в любые сроки, преимущественно локально	Незадолго до внесения с любыми удобрениями
Суперфосфат простой	Воднорастворимая	Нейтральная	Не изменяет реакцию	На всех почвах, особенно солонцеватых	Для всех культур, особенно нуждающихся в сере (картофель, крестоцвет)	Все способы, в любые сроки	Незадолго до внесения с любыми удобрениями
Преципитат	Полурастворимая	Нейтральная	Несколько ослабляет кислотность	На всех почвах, преимущественно на кислых	Для всех культур	Внесение вразброс под зяблевую вспашку	С кислыми формами удобрений
Фосфоритная мука	Воднорастворимая	Нейтральная	Ослабляет кислотность	В чистом виде только на кислых почвах, на других – в компостах	Для всех культур, особенно озимых, бобовых и следующих за ними	Только под зяблевую вспашку	С кислыми формами удобрений и органическими удобрениями

Таблица 19 – Экологическая характеристика основных фосфорных удобрений

Удобрение	Возможные пути потерь и миграции	Негативное влияние на окружающую среду	Требования к внесению	Безопасность жизнедеятельности	
				при хранении	при внесении
Суперфосфат двойной	Почвой очень быстро связывается в малоподвижное состояние и переходит в менее доступную для растений форму. Содержит примеси тяжелых металлов и радионуклидов. При избыточных дозах зафосфачивание почвы и снижение подвижности микроэлементов. Очень слабо мигрирует, почти не вымывается	Могут приводить к незначительной кумуляции тяжелых металлов	Для снижения ретроградации преимущественно локальное внесение, соблюдение доз	Нетоксичен, пожаро- и взрывобезопасен, слабо пылит	Спецодежда
Суперфосфат простой					
Преципитат	Медленнее, чем суперфосфат, связывается почвой, очень слабо мигрирует		Заделка и перемешивание с почвой, соблюдение доз	Сильно пылит, должно быть пылеулавливание, нетоксичен, пожаро- и взрывобезопасен	Транспортные потоки герметизированы.
Фосфоритная мука	Самое медленное связывание с почвой. Переход в подвижное состояние на кислых почвах. Большая примесь тяжелых металлов и радионуклидов		Обязательная заделка и тщательное перемешивание с почвой, соблюдение доз	Нетоксичен, пожаро- и взрывобезопасен	Респираторы, спецодежда

5.2.3 Свойства основных калийных удобрений, особенности их применения (практическое занятие)

Практическое занятие основано на знании лекционного материала и использовании таблиц, приведенных в тексте. В таблицах 20-22 дана физико-химическая, агрономическая и экологическая характеристика калийных удобрений.

Содержание работы

1. Укажите положение основных калийных удобрений в классификационной системе (признаки, на основе которых калийные удобрения разделены на несколько групп), их характеристика.

2. Проанализируйте с помощью химических реакций взаимодействие калийных удобрений с почвенным поглощающим комплексом:

- а) черноземных почв;
- б) почв элювиального ряда;
- в) почв солонцового комплекса.

3. Согласно химическим реакциям взаимодействия сделайте выводы о возможном использовании и сочетании удобрений в связи:

- а) с генетическими особенностями почв;
- б) со свойствами калийных удобрений;
- в) возделываемых культур.

4. Предложите рациональные сроки внесения и способы заделки удобрений. Обоснуйте выводами.

5. Агротехнические и экологические требования к внесению калийных удобрений.

Таблица 20 – Химические и физические свойства основных калийных удобрений

Удобрение	Формула	Содержание калия, %	Внешний вид		Растворимость	Объем 1 т удобрений, м ³	Рассеиваемость	Слеживаемость	Гигроскопичность	Условия смешивания с другими удобрениями
			физическое состояние	окраска						
Хлористый калий (промышленный)	KCl	60	Мелкокристаллический порошок	От белой до кирпичной	Хорошая	1,09-1,05	Хорошо рассеивается в сухом состоянии	Сильно слеживается	Мало гигроскопичен	Можно смешивать со всеми, кроме мочевины
Хлористый калий (нефелиновый)	KCl	62	Мелкокристаллический порошок	Светло-желтая	Хорошая	1,1-1,2	Хорошо рассеивается в сухом состоянии	Сильно слеживается	Мало гигроскопичен	То же
Калийная соль	KCl+KCl xNaCl I	40	Кристаллический порошок	Краснокирпичная	Хорошая	0,83-1,0	В сух. сост. рассеивается удовлетворительно	Слеживается	Мало гигроскопичен	То же
Сульфат калия (промышленный)	K ₂ SO ₄	46	Кристаллический порошок	Серовато-белая	Хорошая	0,71-0,8	Хорошая	Не слеживается	Негигроскопичен	То же
Сульфат калия (нефелиновый)	K ₂ SO ₄	52	Мелкокристаллический порошок	Белый с различными оттенками	Хорошая	0,8-0,9	Хорошая	Не слеживается	Негигроскопичен	То же

Таблица 21 – Агрономические свойства основных калийных удобрений

Удобрение	Форма К ₂ О	Физиологическая реакция удобрения	Действие удобрений на почву	Для каких почв, при каких условиях наиболее эффективно	Для каких культур применяется	Оптимальный способ и срок внесения в почву
Хлористый калий (промышленный и нефелиновый)	Хлорсодержащее	Кислая	На кислых почвах устойчивое подкисление, в засушливых условиях признаки засоления	На всех почвах, но на кислых совместно с известью и навозом	Для всех культур, в том числе и для чувствительных к хлору	Основное внесение осенью с глубокой заделкой, особенно под культуры, чувствительные к хлору
Калийная соль	Хлорсодержащее	Кислая	На кислых почвах устойчивое подкисление, в засушливых условиях признаки засоления	На кислых почвах устойчивое подкисление, в засушливых условиях признаки засоления	На всех почвах, но на кислых совместно с известью и навозом	Основное внесение осенью с глубокой заделкой, особенно под культуры, чувствительные к хлору
Сульфат калия (промышленный и нефелиновый)	Сульфатное	Кислая	На кислых почвах устойчивое подкисление	На всех почвах, прежде всего для почв засушливой зоны, склонных к засолению, на кислых совместно с известью и навозом	Для всех культур, особенно для чувствительных к хлору (картофель, гречиха, клевер) и требующих серу	Любой срок внесения, преимущественно вразброс с заделкой под вспашку или культивацию

Таблица 22 – Экологическая характеристика основных калийных удобрений

Удобрение	Возможные пути потерь и миграции	Негативное влияние на окружающую среду	Требования к внесению	Безопасность жизнедеятельности	
				при хранении	при внесении
Хлористый калий (промышленный и нефелиновый) и калийная соль	Калий поглощается почвой и находится в обменном состоянии, часть калия не обменно фиксируется. На легких почвах калий удобрений более подвижен и может вымываться, ион хлора почвой не связывается и вымывается атмосферными осадками	Загрязнение водных источников хлором, частичное загрязнение почв радиоактивным калием, кумуляция хлора в агропродукции	Обязательная заделка в почву, преимущественное внесение осенью, соблюдение доз	Не образует токсичных веществ, негорюч, пожаро- и взрывобезопасен. Пылевидные частицы, попадая на кожные ра- ны, ухудшают их заживление, вызывают катар слизистой оболочки носа, раздражают кожу	Противопылевые респираторы, защитные герметичные очки, спецодежда
Сульфат калия (промышленный и нефелиновый)	Калий поглощается почвой и находится в обменном состоянии, часть его необ- менно фиксируется минералами. На легких почвах может вымываться. Сульфат-ион менее подвижен, чем хлор	Экологически менее опасен, чем хлорсо- держащие	Обязательная заделка в поч- ву, преимуще- ственное вне- сение осенью, соблюдение доз	Не образует в возду- хе токсических ве- ществ, пылит, вызы- вает воспаление сли- зистых оболочек глаз и верхних дыхатель- ных путей, вызывает катар. Ухудшает за- живление кожи	Противопылевые респираторы, за- щитные герметич- ные очки, спецоде- жда

5.2.4 Свойства основных комплексных удобрений, особенности их применения (практическое занятие)

Практическое занятие основано на знании лекционного материала и использовании таблиц, приведенных в тексте. В таблицах 23-24 даны свойства основных комплексных удобрений и их экологическая характеристика.

Содержание работы

1. Укажите положение основных комплексных удобрений в классификационной системе (признаки, на основе которых комплексные удобрения разделены на несколько групп), их характеристика.

2. Проанализируйте с помощью химических реакций взаимодействие сложных удобрений с почвенным поглощающим комплексом:

- а) черноземных почв;
- б) почв элювиального ряда;
- в) почв солонцового комплекса.

3. Согласно химическим реакциям взаимодействия сделайте выводы о возможном использовании и сочетании удобрений в связи:

- а) с генетическими особенностями почв;
- б) со свойствами комплексных удобрений;
- в) возделываемых культур.

4. Предложите рациональные сроки внесения и способы заделки удобрений. Обоснуйте выводами.

5. Агротехнические и экологические требования к внесению комплексных удобрений.

Таблица 23 – Свойства основных комплексных удобрений

Удобрение	Химический состав (формула)	Содержание элементов	Внешний вид	окраска	Объем 1 т удобрений, м ³	Рассеиваемость	Условия смешивания с другими удобрениями	На каких почвах, при каких условиях эффективно	Для каких культур применяется	Оптимальный срок и способ внесения в почву
			физическое состояние							
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Аммофос	$\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$	Колеблется в зависимости от сырья N:P 9-12:42-50	Гранулированный	Серо-стальная	0,95-1,0	Хорошая	Идеален для тукоsmешивания	На всех почвах, особенно эффективен для щелочных	Для всех культур, особенно вторых зерновых	Все способы и сроки, преимущественно локальный
Диаммофос	$(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$	N:P 20:53	Гранулированный и порошковидный	Серо-стальная	0,78-0,82	Хорошая	Хороший компонент для тукоsmесей	На всех почвах, особенно эффективен для щелочных	Для всех культур	Преимущественно до-посевное, нежелательно смешивать с семенами

Окончание табл. 23

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Нитроаммофос	Азотно-фосфорное	N : P 20 : 53	Гранулированный	Белая с различными оттенками	0,9-1,0	Хорошая	Смешивается со всеми удобрениями	На всех почвах	Для всех культур, особенно для серых хлебов	Все способы и сроки, преимущественно локальный
Нитроаммофоска	Азотно-фосфорно-калийное	N:P:K 17,8:17,8: 17,8	Гранулированный	Белорозовая	1,07-1,15	Хорошая	Смешивается со всеми удобрениями	На всех почвах	Для всех культур, особенно картофеля, овощей, кормовых корнеплодов	Все способы и сроки, преимущественно под предпосевную обработку

Таблица 24 – Экологическая характеристика основных комплексных удобрений

Удобрение	Возможные пути потерь и миграции	Негативное влияние на окружающую среду	Требования к внесению	Безопасность жизнедеятельности	
				при хранении	при внесении
Аммофос	В почве может нитрифицироваться с образованием нитратов, которые вымываются. Слабо разлагается с образованием аммиака, который улетучивается в воздух	Локальное незначительное загрязнение водных источников и атмосферного воздуха, склевывание птицами	Обязательная заделка, преимущественно весенне-летнее внесение, соблюдение доз	Нетоксичен, пожаро- и взрывобезопасен, слабо пылит, раздражает кожу, слизистую оболочку глаз и дыхательных путей	Спецодежда, герметичные очки, респираторы
Диаммофос	Разлагается и аммонифицируется сильнее аммофоса, сильнее мигрирует	Экологически более опасен, чем аммофос	Обязательная заделка, преимущественно весенне-летнее внесение, соблюдение доз		Спецодежда, герметичные очки, респираторы
Нитроаммофос	Более стойкое к разложению и нитрификации удобрение	Экологически менее опасное	Обязательная заделка, преимущественно весенне-летнее внесение, соблюдение доз	Нетоксичен, не взрывоопасен, имеет склонность к раздражению при высокой температуре, слабо пылит, раздражает кожу	Спецодежда, герметичные очки, респираторы
Нитроаммофоска	Более стойкое к разложению и нитрификации удобрение	Экологически менее опасное	Обязательная заделка, преимущественно весенне-летнее внесение, соблюдение доз		Спецодежда, герметичные очки, респираторы

Вопросы к семинару

1. Что такое вид и форма минерального удобрения?
2. Назовите прямые и косвенные удобрения.
3. Что лежит в основе классификации азотных удобрений?
4. Назовите лучшую форму азотных удобрений под бобовые культуры.
5. Потери какого элемента могут происходить при заблаговременном смешивании аммиачной селитры с суперфосфатом?
6. Приводит ли к изменению реакции почв систематическое внесение мочевины?
7. Какие формы азотных удобрений предпочтительнее применять на почвах с кислой реакцией среды?
8. Какая доля азота (в %) используется растениями озимой ржи при внесении 60 кг/га аммиачной селитры?
9. Какие азотные удобрения наиболее эффективны при ранневесенней подкормке озимой ржи?
10. Какие азотные удобрения применяют для повышения содержания белка в озимой, яровой пшенице, озимой ржи?
11. Почему в условиях Сибири не рекомендуется применять высокие дозы азотных удобрений?
12. Перечислите экологические требования к внесению азотных удобрений.
13. Какие азотные удобрения являются лучшими при возделывании кормовой и сахарной свеклы?
14. Почему под бобовые культуры применяют стартовые дозы азотных удобрений?
15. Какие формы азотных удобрений применяют в условиях орошения? Как отличаются их дозы в сравнении с богарой?
16. Когда и с какой целью проводят сеникацию посевов зерновых культур?
17. Какие азотные удобрения можно применять для некорневой подкормки зерновых культур?
18. Какова эффективность азотных удобрений в различных почвенно-климатических зонах края?
19. При дозе удобрений под озимую рожь $N_{60}P_{60}K_{60}$ предложите сроки и способы их внесения.
20. В какие сроки лучше внести азотные удобрения под картофель в зоне подтайги, лесостепи и степи?

21. На чем основана классификация фосфорных удобрений?
22. При дозе фосфорных удобрений под культуру 90 кг/га сколько простого и двойного суперфосфата в туках (ц/га) необходимо внести?
23. Назовите лучшее фосфорное удобрение под бобовые культуры.
24. Какие залежи фосфорных руд имеются в крае?
25. Почему на кислых почвах мала эффективность порошковидного суперфосфата?
26. На каких почвах фосфоритная мука эффективна в чистом виде?
27. Как производят фосфоритную муку? Какое значение имеет тонина помола фосфоритной муки?
28. В чем преимущество локального способа внесения фосфорных удобрений в сравнении с разбросным?
29. При компостировании с каким типом торфа растворяется фосфоритная мука?
30. Что такое послонное внесение фосфорных удобрений?
31. Причины и механизм ретроградации фосфорных удобрений.
32. На чем основана классификация калийных удобрений?
33. Назовите лучшие формы калийных удобрений для внесения под картофель, овощи и бобовые культуры.
34. Под какие культуры рекомендуется вносить хлористый калий с осени?
35. Какие удобрения повышают морозостойкость, засухоустойчивость и снижают склонность к полеганию растений?
36. В чем особенности применения сильвинита, карналлита и других сырых калийных удобрений?
37. Какие удобрительные свойства имеет печная зола?
38. Какие калийные удобрения лучше применять под картофель и сахарную свеклу, и почему?
39. Сколько калия используется растениями из калийных удобрений в год их внесения?
40. Сколько калия (в кг/га) использует картофель при внесении 90 кг/га калийных удобрений?
41. Сколько необходимо внести хлористого калия и сульфата калия (ц/га) под корнеплоды при дозе удобрений 120 кг/га?
42. Как устанавливается соотношение N:P:K в удобрениях для разных культур?
43. Перечислите преимущества и недостатки комплексных удобрений перед простыми туками.

44. На чем основана классификация комплексных удобрений?
45. В чем основные отличия сложных и комбинированных удобрений?
46. Какие требования предъявляют к смешиванию удобрений?
47. Какими условиями определяется выбор комплексных удобрений под ту или иную культуру?
48. Что такое дробное внесение удобрений?
49. Какие удобрения вносят приемом инжектирования?
50. Что такое сегрегация удобрений? Когда она проявляется?
51. Какие удобрения можно вносить в «запас»?
52. Какие удобрения обладают последствием?
53. Перечислите основные показатели качества удобрений.
54. Какие микроудобрения необходимо вносить для снижения содержания нитратов в продукции?
55. Почему недостаток бора прежде всего сказывается на молодых растущих растениях?
56. В каких условиях и под какие культуры требуется внесение медных удобрений?
57. Перечислите экологически опасные формы удобрений. Назовите причины их опасности.
58. В каких случаях проводятся арбитражные анализы удобрений?
59. Докажите с помощью уравнения реакции, почему нельзя смешивать известковые и аммонийные удобрения.
60. Какие удобрения улучшают и ухудшают качество волокна льна?
61. Укажите удобрения, применяемые в качестве кормовых добавок в рационе скота.
62. Какие удобрения используют в баковых смесях?
63. Приведите примеры стекловидных форм удобрений.
64. Перечислите лучшие формы простых и комплексных удобрений при внесении на солонцовые почвы.

5.3 Правила смешивания удобрений (практическая работа) (основные теоретические положения)

При необходимости внесения разных видов удобрений под одну и ту же культуру можно приготовить смесь, чтобы внести ее за один проход агрегата с сеялкой. Смешанные удобрения представляют собой механическую смесь удобрений, содержащую два и более пита-

тельных компонента. Смешанные удобрения получают на специальных тукосмесительных заводах или стационарных, передвижных тукосмесительных установках на крупных агрохимических складах непосредственно в хозяйствах.

Смешивание возможно заблаговременно или непосредственно перед внесением, что обусловлено свойствами удобрений и их взаимодействием в составе смеси. Для получения однородных по составу смесей и снижения сегрегации (расслоения) при их внесении в почву необходимо определить пригодность отдельных компонентов для тукосмешивания по следующим параметрам:

1. Содержание питательных веществ.

2. Химический состав удобрений (в процессе приготовления и хранения компоненты смеси могут проявлять высокую реакционную способность и вступать в химическое взаимодействие друг с другом, сопровождающееся реакциями обменного разложения).

3. Содержание вредных примесей (токсичные, балластные вещества, радионуклиды, тяжелые металлы).

4. Доступность питательных веществ из удобрений.

Поэтому при смешивании следует учитывать следующие правила:

а) агрохимически правильный подбор исходных компонентов;

б) производить правильную дозировку компонентов тукосмеси с учетом особенностей сельскохозяйственной культуры;

в) тщательное просеивание и смешивание компонентов смеси (для получения однородных по химическому составу смесей смешиваемые компоненты должны быть близкими по гранулометрическому составу). В смесях более равномерно распределяются гранулы размером 2-3 мм;

г) содержание влаги в смешиваемых удобрениях не должно превышать предельно допустимую величину. Повышенная влажность удобрений значительно снижает сыпучесть и не обеспечивает равномерного внесения в почву. Так, в аммиачной селитре предельно допустимое содержание влаги должно быть не более 0,2-0,3%, в мочеvine – 0,2-0,25%, в суперфосфате – 3,5%, в аммофосе и хлористом калии – 1-2%;

д) температура хранения – содержание влаги в удобрениях резко возрастает с повышением температуры;

е) химический состав смешиваемых удобрений: кислотность и щелочность минеральных удобрений не должны быть выше показателя, предусмотренного стандартом. Удобрения, содержащие свобод-

ную кислоту или обладающие щелочной реакцией, химически активно взаимодействуют между собой и сопровождаются реакциями обменного разложения (содержание свободной фосфорной кислоты в простом суперфосфате должно быть не более 2,5%, в двойном суперфосфате – 5%).

Исходя из рассмотренных выше положений смешивания, не все удобрения можно смешивать друг с другом, так как в результате взаимодействия ухудшаются физические свойства, уменьшается растворимость, происходит потеря питательных веществ. Примеры возможных отрицательных последствий при неправильном смешивании удобрений приведены в таблице 25.

Таблица 25 – Возможные отрицательные последствия неправильного смешивания удобрений

Смешиваемые удобрения	Нежелательные изменения их свойств
Смешивать только перед внесением	
Недостаточно сухие суперфосфаты и аммиачная селитра	Ухудшаются физические свойства, образуются плохо рассеиваемые смеси
Калийные соли, томасшлак, фосфатшлак	Образуются сильно гигроскопичные соли
Сульфатсодержащие и калийсодержащие удобрения	Схватывание массы удобрений вновь образующимся гипсом
Недопустимо смешивать	
Все щелочные и фосфорные удобрения	Ретроградация фосфорных удобрений
Аммиачные соли и щелочные удобрения	Потеря питательных веществ из удобрений вследствие разложения и улетучивания некоторых элементов

Агротехнические требования к смешиванию удобрений

Смешивать удобрения необходимо с учетом их физико-механических и химических свойств. Для приготовления тукосмесей используется типовая машина УТС-30.

Чтобы получить тукосмеси с хорошей рассеиваемостью и не слеживающиеся в течение длительного времени, необходимо соблюдать следующие требования.

1. Нельзя смешивать удобрения, если при этом они теряют питательные вещества или превращаются в плохую по физическим свойствам массу, не поддающуюся механизированному внесению.

2. Ввиду высокой гигроскопичности получающейся смеси нельзя смешивать удобрения, в которых превышена влажность по ГОСТу.

3. Для приготовления однородных по составу смесей и снижения сегрегации (расслоения по удельной массе) при их внесении в почву необходимо, чтобы все гранулированные удобрения имели выровненный и единый для всех форм гранулометрический состав.

4. Важно, чтобы приготовленные смеси до внесения не расслаивались. В смесях удобрений с размером гранул 1-3 мм наименьшее расслоение бывает при содержании гранул фракции 2-3 мм в пределах 50-60%.

Технология приготовления смесей в хозяйстве заключается в подготовке удобрений, дозировании по массе или объему, смешивании удобрений, погрузке смесей в транспортные средства. Метод сухого механического смешивания удобрений широко распространен. При приготовлении смесей можно оперативно изменять дозирование компонентов в зависимости от культуры, плодородия конкретного поля, формы удобрения и т. д.

Организация работы

1. При смешивании на складах для тукосмесительной установки подбирают специальное место, обеспечивающее свободное маневрирование погрузочного средства и хороший подъезд и отъезд транспорта, принимающего готовую смесь.

2. Неслежавшиеся, предварительно измельченные до размера 5 мм минеральные удобрения, хранящиеся в отдельных отсеках, загружают погрузчиком фронтального действия ПФ-0,75 или ленточным транспортером типа ПКС-80. Каждый вид удобрений загружают в отдельную секцию бункера с одной или двух сторон. Таким образом организуют непрерывную работу всего комплекса машин.

3. Удобрения из бункера выносятся продольными транспортерами в смешивающее устройство, из которого готовая смесь ленточным транспортером подается в машины для внесения или транспортные средства.

4. Кузовные машины для внесения удобрений и другие транспортные средства подъезжают к тукосмесительной установке так, чтобы выгрузная часть транспортера находилась посередине кузова. По мере заполнения кузова готовой смесью транспортные средства продвигают вперед.

Контроль качества

Контролирует работу тукосмесительной установки и руководит загрузкой (догрузкой) отсеков оператор, обслуживающий машину.

Таблица 26 – Оценка качества тукосмешивания

Показатель	Способ замера	Градация нормативов	Балл
Отклонение дозы исходных компонентов, %	Определяют не менее пяти раз взвешиванием или мерной емкостью	До ± 5	3
		До ± 10	2
		Более 10	0
Отклонение от заданного соотношения питательных элементов тукосмеси, %	Определяют не менее пяти раз введением пробоотборника КПП-15 в насыпь удобрений. Обрабатывают пробы в химических лабораториях	До ± 3	3
		До ± 5	2
		Более 5	0
Отклонение влажности тукосмеси от стандартной, %	Пробы отбирают в бюксы из различных мест. По методике, изложенной в ГОСТе, определяют влажность	До 5	3
		До 12	2
		Более 12	0

Оценивают качество работы лабораторным анализом, определяя соотношение компонентов тукосмеси. Для этого из разных мест бурта тукосмеси (или кузова транспортного средства) отбирают 10 проб по 0,2 кг и определяют в каждой пробе количество питательных веществ и их соотношение. Затем подсчитывают среднее соотношение питательных веществ в десяти пробах и сравнивают с допустимым.

Контролируемые показатели и оценка качества при тукосмешивании приведены в таблице 26.

Расчетное количество входящих в смесь компонентов дозируют весовым или объемным способом. Если удобрения сильно увлажнены, делают поправку на содержание в нем воды.

Содержание работы

1. Установите возможность приготовления смесей из предложенных сочетаний видов удобрений.
2. Оформите в рабочей тетради реакции взаимодействия компонентов смеси с указанием возможности смешивания.
3. Обоснуйте полученные результаты выводами.

Задачи и упражнения

- а) мочевины + суперфосфат;
- б) мочевины + калий сернокислый;
- в) мочевины + аммофос;
- г) мочевины + двойной суперфосфат;
- д) аммиачная селитра + аммофос;
- е) аммиачная селитра + калий хлористый;
- ж) аммиачная селитра + суперфосфат двойной;
- з) калий хлористый + двойной суперфосфат;
- и) калий сернокислый + двойной суперфосфат;
- к) фосфоритная мука + аммиачная селитра;
- л) фосфоритная мука + двойной суперфосфат;
- м) фосфоритная мука + мочевины;
- н) фосфоритная мука + калий сернокислый;
- п) известняковая мука + двойной суперфосфат.

5.4 Арбитражные анализы удобрений

Арбитраж (разрешение спорных вопросов арбитрами, третейским судом, а также государственный орган, занимающийся таким разрешением) – анализ по оценке качества промышленных удобрений. На каждое промышленное удобрение установлены государственные стандарты (ГОСТы) в виде сборников для служебного использования.

Государственным общесоюзным стандартом (ГОСТ) и техническими условиями (ТУ, разрабатываемыми с учетом особенностей производства на отдельных заводах и качества сырья) для каждого промышленного удобрения предусматривается минимальное содержание действующего вещества и максимальное содержание влаги и вредных примесей для растений, регламентируются основные показатели физико-химических и механических свойств удобрений. Соответствие требованиям стандарта удобрений, поставляемых сельскому хозяйству, контролируется с помощью стандартных методов непосредственно на химических заводах и в специализированных подразделениях агрохимической службы.

Для организации правильного хранения, транспортировки, смешивания и внесения минеральных удобрений необходимо знать основные физико-химические и механические свойства, определяющие

(наряду с содержанием действующего вещества) качество поставляемых сельскому хозяйству удобрений и приготавливаемых тукосмесей.

Далее рассмотрим краткую характеристику важнейших взаимосвязанных показателей этих свойств удобрений.

Массовая доля элемента – содержание действующего вещества.

Влажность. У органических удобрений этот показатель в основном определяет величину транспортных расходов, а у минеральных туков – физико-механические свойства. Повышенная влажность удобрений приводит к слеживанию, при достижении определенной величины теряется сыпучесть, а дальнейший рост этого показателя приводит к текучести. Влажность поставляемых сельскому хозяйству промышленных удобрений (ее максимально допустимый уровень) должна составлять для азотных удобрений 0,15-0,3%, суперфосфатов – 3-4, остальных удобрений – 1-2%. От влажности зависят все основные физико-механические свойства удобрений.

Гигроскопичность – способность удобрения впитывать влагу из окружающей среды. Эта величина характеризуется еще гигроскопической точкой удобрения – относительная влажность воздуха (%), при которой удобрение не теряет и не поглощает влагу из воздуха. При повышенной гигроскопичности удобрения отсыревают, сильно смешиваются, ухудшается их сыпучесть и рассеиваемость, гранулы теряют свою прочность. Гигроскопичность удобрений оценивается по 10-балльной шкале. Кальциевая селитра имеет балл гигроскопичности около 9, гранулированная аммиачная селитра и мочевина – 5, гранулированный простой и аммонизированный суперфосфат – соответственно 4-5 и 1-3, а хлористый калий – 3-4. Гигроскопичность удобрений определяет способ их упаковки, условия транспортировки и хранения. Бестарное хранение и транспортировка допустимы только для удобрений с баллом гигроскопичности меньше 3.

Слеживаемость – сопротивление (кг/см^2) разрушению брикета удобрения, сформированного в стакане диаметром 50, высотой 65 мм под давлением 3,5 кг в течение 30 суток или склонность удобрений переходить в связанное и уплотненное состояние. Она зависит от влажности удобрений, размера и формы частиц, их прочности, давления в слое, условий и продолжительности хранения. Слеживаемость определяется по прочности цилиндрического образца удобрения, хранившегося при строго определенных условиях, и оценивается по 7-балльной шкале. К сильно слеживающимся удобрениям относятся аммиачная селитра (степень слеживаемости II-IV), порошковидный

суперфосфат (VI-VII степень) и мелкокристаллический хлористый калий (VI степень). Сульфат калия практически не слеживается (I степень). Слеживаемость удобрений можно уменьшить за счет производства удобрений в гранулированном виде с минимальным содержанием влаги, повышенной прочности гранул, защиты от поглощения влаги из воздуха при хранении и транспортировке.

Сыпучесть характеризуется количеством удобрения, проходящего за определенное время через отверстие определенного диаметра (г/сек). Предельная влагоемкость характеризуется максимальной влажностью удобрения, при которой сохраняется его способность к хорошему рассеву туковыми сеялками. При смешивании влажных удобрений получают смеси с плохой сыпучестью.

Плотность – масса единицы объема удобрения или тукосмеси, выражаемая в т на 1 м^2 . Она учитывается при определении необходимой емкости складов, тары, грузопместимости транспортных средств и т. д. Зная насыпную плотность минеральных удобрений, можно, наоборот, от их объема перейти к массе.

Угол естественного откоса – угол между горизонтальной плоскостью, на которой насыпью размещается удобрение, и плоскостью откоса кучи (касательной линией по боковой ее поверхности). Его величину необходимо учитывать при закладке удобрений на хранение насыпью, при проектировании бункеров, транспортных средств и т. п.

Рассеиваемость – способность к равномерному рассеву удобрений – зависит прежде всего от их сыпучести (подвижности) и гранулометрического состава. Оценивается по 10-балльной шкале. Чем выше рассеиваемость, тем выше балл. При хорошей рассеиваемости удобрений и их смесей можно с успехом использовать простые по конструкции и высокопроизводительные центробежные разбрасыватели.

Прочность гранул определяет сохранность гранулометрического состава при транспортировке, хранении и внесении удобрений. Механическая прочность гранул на раздавливание (выраженная в кгс на 1 см^2) и истирание (в %) определяется на специальных приборах.

Гранулометрический состав – величина частичек, или гранул удобрения. Негранулированные удобрения характеризуются величиной кристаллов или тониной помола. Для гранулированных удобрений значение имеет величина основной массы гранул и выравнивание тука по величине гранул. При разбрасывании гетерогенных по размеру частиц туков аппаратами центробежного действия происхо-

дит сепарация частиц: крупные частицы, гранулы отлетают дальше. Размер гранул и частиц удобрения имеет значение при взаимодействии удобрения с почвой: чем они мельче, тем больше площадь контакта удобрения с почвой.

Правила арбитражного анализа

Исключительно важный раздел работы агрохимической службы – выполнение анализов промышленных минеральных и местных удобрений в целях контроля за качеством удобрений, поставляемых промышленностью сельскому хозяйству.

При контроле качества минеральных и органических удобрений пробы отбирают из каждой партии. Методика отбора проб незатаренных минеральных удобрений аналогична отбору проб зерна, гранулированных и мучнистых кормов. Из затаренных удобрений разовую пробу (около 200 г) берут шупом-пробоотборником по двум диагоналям из каждого 20-30-го мешка. После перемешивания индивидуальных проб средний образец массой 1-2 кг ссыпают в банки или полимерные мешки, маркируют с указанием вида удобрения, места и времени отбора, массы и номера партии и герметично закрывают.

Анализ минеральных удобрений проводят в агрохимических лабораториях: определяют содержание отдельных элементов питания и примесей, физико-механические свойства (гранулометрический состав, прочность гранул, тонину помола и т. д.), влажность и другие свойства.

Методика отбора проб органических удобрений (навоза, торфа, компостов) аналогична взятию проб силоса и сенажа. Средний образец составляют обычно из 15-20 индивидуальных проб с каждой отдельной партии до 500 т удобрений. В удобрениях определяют содержание сухого вещества, общего и аммонийного азота, Анализ минеральных удобрений проводят в агрохимических лабораториях: определяют содержание отдельных элементов питания и примесей, физико-механические свойства (гранулометрический состав, прочность гранул, тонину помола и т. д.), влажность и другие свойства.

Задачи и упражнения

1. Как возникает реакция при взаимодействии удобрений с почвами и почему ее нужно учитывать при применении следующих ми-

неральных удобрений (на примере реакций взаимодействия удобрений с различными типами почв):

- а) аммиачная селитра;
- б) сульфат аммония;
- в) хлористый калий;
- г) натриевая селитра;
- д) сульфат калия;
- е) фосфоритная мука

2. Объясните с помощью реакции, что происходит при поверхностном (без заделки) внесении мочевины в почву.

3. Напишите реакцию химического взаимодействия сульфата аммония с почвами солонцового ряда. Охарактеризуйте полученное.

4. Как взаимодействует суперфосфат с разными типами почв? Покажите на примере реакций взаимодействия.

5. На каких почвах и почему нежелательно применять большие дозы карбамида?

6. Почему жидкие азотные удобрения нельзя вносить поверхностно и мелко заделывать?

7. Будете ли длительное время хранить в хозяйстве аммиачную селитру с влажностью 0,35%?

8. Охарактеризуйте влияние почвенных условий на эффективность фосфоритной муки. Найдите на графике Б.А. Голубева зону активного действия этого удобрения.

9. Покажите с помощью химической реакции, в чем особенности применения сульфата калия на различных типах почв.

10. В какой форме содержится калий в древесной золе? Объясните с помощью реакции, почему это удобрение нежелательно использовать на щелочных почвах.

11. Почему нитроаммофоску со статической прочностью гранул $1,5 \text{ кгсил/см}^2$ лучше применять по прямоточной технологии?

12. На каком типе почв можно ожидать положительный эффект от внесения цементной пыли? В какой форме содержится калий в ее составе?

13. Объясните, с чем связано внесение нитратных форм азотных удобрений преимущественно весной.

14. Охарактеризуйте с помощью реакций явление ретроградации фосфорных удобрений.

15. Дайте полную характеристику и положение в классификации хлористого калия. Покажите особенности его применения на различных типах почв на примере реакций.

16. Почему вивианит используют преимущественно на почвах элювиального ряда?

17. Покажите с помощью реакции, можно ли смешивать задолго до внесения суперфосфат и сульфат аммония.

18. Напишите реакцию взаимодействия следующих компонентов удобрительной смеси: аммиачная селитра и двойной суперфосфат.

19. Смешайте аммиачную соль с калийным удобрением, обладающим активными щелочными свойствами. Докажите, что готовить такую смесь нельзя.

20. Почему сочетание из суперфосфата и удобрений со щелочной реакцией недопустимо?

21. Оцените качество и соответствие требованиям ГОСТа следующих минеральных удобрений:

а) мочевины (46,3% д. в., 0,3% влаги, 94% оптимальных гранул, 1,2% биурета);

б) двойной суперфосфат (48% д. в., 1,8% влаги, 90% оптимальных гранул, рассыпчатость 95%, 2,4% свободной кислоты);

в) сульфат калия (42% д. в., 1% влаги, рассыпчатость 100%, 2,7% свободной кислоты).

5.5 Хранение минеральных удобрений

Агротехнические требования к хранению удобрений

Удобрения хранят в специальных складах, построенных по типовым проектам.

Каждый вид удобрений размещают в отдельных отсеках, образуемых передвижными или сборными перегородками. Удобрения, поступающие в мешках, хранят в заводской таре вплоть до момента их внесения или подготовки к внесению. Мешки укладывают в 12-15 рядов, меняя их направление.

Высота укладки удобрений в штабелях зависит от их свойств и сроков хранения. Нередко продолжительность хранения удобрений в штабеле зависит от их свойств и сроков хранения. Незатаренные удобрения хранят в буртах, разделенных по видам передвижными

стенками и щитами. Высота бурта не должна превышать предельной, указанной в таблице 27.

Таблица 27 – Предельная высота хранения удобрений на складе

Удобрение	Упаковка	Предельная высота хранения
Аммиачная селитра	В мешках	Штабель до десяти рядов (обязательно на деревянных поддонах)
Мочевина (карбамид)	В мешках или насыпью	Штабель до 10-15 рядов (на поддонах)
Сульфат аммония	В мешках или насыпью	Штабель до 15 рядов (на поддонах) или бурты до 3 м
Суперфосфат негранулированный	Насыпью	Бурты до 4 м
Суперфосфат гранулированный	Насыпью	Бурты до 3 м
Суперфосфат двойной гранулированный	Насыпью	Бурты до 3 м
Фосфоритная мука	Насыпью	Бурты любой высоты
Нитрофоска, аммофос, нитроаммофос	В мешках	Штабель до 20 рядов (на поддонах)
Хлористый калий, сульфат калия	Насыпью	Бурты до 3 м

Затаренные удобрения располагают на плоских или стоечных поддонах или на стеллажах. При этом мешки кладут крест-накрест. Аммиачную селитру хранят в отдельных складах. При приемке удобрений на хранение не допускаются потери во время транспортировки их в отсеках складов. Увлажненные удобрения, поступившие без упаковки или в мешках, хранят отдельно.

Контроль качества хранения удобрений

Контролируют качество удобрений при приемке и хранении введением пробоотборника ПР-150 через люк вагона на глубину не менее 40 см под углом 60° и линии горизонта (табл. 28).

Склады для хранения минеральных удобрений необходимо содержать в надлежащем порядке. Запрещается загружать в них другие

материалы. Каждый вид удобрений размещают в отдельных отсеках с постоянным номером и этикеткой, с названием удобрений и процентным содержанием питательного вещества. На видном месте вывешивают инструкции по технологии хранения и переработки удобрений, прейскуранты цен, даты поступления удобрений на склад, инструкцию по безопасным методам работы.

Таблица 28 – Оценка качества удобрений при приемке и хранении

Удобрение	Общее содержание питательных элементов, %	Содержание влаги, %
Селитра аммиачная	33,6...34,8	0,3
Мочевина	46	0,2
Сульфат аммония	20,8...21	0,2...0,6
Суперфосфат гранулированный	19,5...20,5	4,0
Суперфосфат двойной гранулированный	48,0...50,0	4,0...5,0
Калий хлористый	60,0...62,0	1,0
Аммофос	12,0-13,0 : 49,0-51,0	1,0
Нитрофоска	17,0 : 17,0 : 17,0	1,0

Водосточные каналы вокруг складских помещений регулярно очищают. Стены, кровлю и оконные проемы помещений содержат в исправном и чистом состоянии. Расстояние от стены склада до штабеля должно быть 0,6...1,0 м, а от минеральных удобрений до электропроводов, рубильников и приборов – 1 м.

Помещения должны иметь исправные вентиляционные устройства и освещение проходов и проездов. Влажность воздуха в складских помещениях должна поддерживаться в допустимых пределах.

Организация работы

1. Незатаренные минеральные удобрения поступают на склады в крытых железнодорожных вагонах и в вагонах типа «хopper». В зависимости от подвижного состава для разгрузки вагонов используют различные средства механизации и технологические схемы.

2. Незатаренные минеральные удобрения, поступающие в железнодорожных вагонах насыпью, перегружают машинами МВС-4 или МГУ в комплексе с системой передвижных ленточных транспортеров ПКС-80, ЛТ-10 и ЛТ-6.

3. Вагоны расставляют маневренным устройством напротив ворот склада, через которые разгружают удобрения. Выгружать удобрения начинают со средней части вагона. После выгрузки удобрений из средней части машину направляют в правую или левую часть вагона. Оставшиеся удобрения подгребают вручную и выгружают машиной.

4. Гранулированные минеральные удобрения из вагонов с донной выгрузкой выгружают приемным устройством. Для этого вагон устанавливают над бункером и при необходимости передвигают с помощью маневренных устройств. Проверяют наличие над бункером решетки для отсева посторонних предметов и крупных комков туков.

5. После разгрузки вагон передвигают и разгружают удобрения из следующего вагона.

6. Затаренные удобрения поставляют в вагонах навалом (мешки укладывают рядами поперек вагона) или на стоечных поддонах.

7. Вагоны, в которых удобрения загружены навалом, разгружают вилочными электропогрузчиками или автопогрузчиками с нейтрализаторами выхлопных газов, с использованием плоских и стоечных поддонов.

8. В зависимости от высоты подъема груза и положения его на вилах определяют грузоподъемность погрузчика.

9. Водитель погрузчика подвозит порожние поддоны к дверям вагона. Между дверями вагона и автопогрузчиком устанавливается переходной мостик и начинается укладка груза вручную на один из поддонов, предварительно установленный у дверей вагона. Эту работу выполняют грузчики. Грузеные поддоны водитель отвозит в склад и штабелирует в определенном отсеке склада. Затаренные удобрения хранят на поддонах, установленных в 3-5 ярусов по высоте.

10. При выгрузке минеральных удобрений из железнодорожных вагонов в склады или непосредственно в автотранспорт используют электропогрузчики типа ЭП-103, ЭП.201 или ЭПВ-1,25, а также автопогрузчики марки 4022 с нейтрализаторами выхлопных газов.

При выгрузке затаренных удобрений можно также применять ленточные конвейеры, для чего один конвейер устанавливают около вагона (затем – в вагоне), а остальные – в линию до места укладки мешков.

*Растваривание и измельчение удобрений.
Агротехнические требования и подготовка к работе*

Слежавшиеся удобрения измельчают и просеивают непосредственно перед смешиванием или внесением. Размер частиц измельченных удобрений должен составлять 1...3 мм.

При освобождении удобрений из мешков не допускается наличие в растаренных удобрениях остатков мешковины.

В складах большой вместимости для растаривания и измельчения минеральных удобрений подбирают место, обеспечивающее свободное маневрирование погрузочных средств, загрузку растаривателя-измельчителя, отгрузку удобрений в машины для внесения, транспортные средства и бурты, удобный подъезд погрузочного средства для удаления мешкотары.

Растариватель-измельчитель располагают у стены склада на расстоянии 2 м таким образом, чтобы устройство для удаления мешкотары отбрасывало мешки к стенке. Это облегчает уборку и вывоз мешкотары за пределы склада.

При растаривании и измельчении минеральных удобрений возле склада оборудуют площадку с твердым покрытием и подъездные пути для транспорта. Растариватель-измельчитель располагают возле склада так же, как при работе внутри склада.

Для измельчения и просеивания слежавшихся минеральных удобрений используются типовые измельчители-просеиватели марки ИСУ-4 и АИР-20.

Незатаренные удобрения загружают в измельчитель малогабаритным грейферным погрузчиком. В отдельных случаях используют цепочку ленточных конвейеров.

Глыбы, поступающие на рабочий орган, предварительно разрушает на куски меньшего размера дробитель. Ножи рабочего органа окончательно измельчают комки до частиц размером не более 5 мм. Частицы проходят через отверстие решет и попадают на днище бункера, откуда скребки рабочего органа подают их через лоток к ротору, который выбрасывает измельченный материал в бурт. Брезентовый отражательный кожух позволяет формировать компактную кучу подготовленного удобрения.

Организация работы

1. Слежавшиеся минеральные удобрения следует измельчать заблаговременно, примерно за 2-3 дня до их внесения в почву. Это необходимо делать для того, чтобы высвободить рабочих для выполнения последующих операций по приготовлению тукосмесей.

2. Слежавшиеся в монолит незатаренные удобрения предварительно разбивают электрическим молотком И-158Б и погрузчиками, оборудованными лопатой.

3. При условии одновременного измельчения, растаривания и загрузки минеральных удобрений в машины для внесения транспортер устанавливают таким образом, чтобы был обеспечен удобный подъезд и отъезд машины.

4. Для загрузки бункера растаривателя-измельчителя наиболее эффективен фронтальный погрузчик ПФ-0,75. Он забирает минеральные удобрения и загружает их в бункер растаривателя-измельчителя. Выгружают массу из ковша в бункер постепенно, в несколько приемов. При этом подъезжают к растаривателю-измельчителю со стороны лестницы. Очищенные и измельченные удобрения выносят откидным транспортером в борт или загружают в кузовные машины для внесения или транспортные средства. По мере опорожнения бункера растаривателя-измельчителя его догружают.

Контроль и оценка качества работы

Проводится оператором, обслуживающим машину. Он же в течение смены руководит догрузкой бункера. Работа считается выполненной качественно, если при просеивании через сито размер частиц измельченной массы не превышает агротехнически допустимых значений. Качество работы оценивают согласно таблице 29.

В случае если работа выполнена недоброкачественно, но допущенный брак поддается исправлению, работу переделывают. В противном случае ее бракуют.

Таблица 29 – Оценка качества растаривания и измельчения удобрений

Показатель	Способ определения	Градация нормативов	Балл
Размер измельчения частиц удобрений, мм	Просеиванием через сито, взвешиванием	До 4 До 5 Более 5	
Наличие частиц мешкотары в % от общей массы удобрений: бумажной	То же	До 0,02 До 0,03 Более 0,03	
полиэтиленовой		До 0,003 До 0,004 Более 0,004	
Потери удобрений с мешкотарой: бумажной	Взвешиванием	До 0,5 До 1,0 Более 1,0	
полиэтиленовой		До 0,3 До 0,5 Более 0,5	

Тестовые задания

1. Удобрения, из которых в большей степени может теряться азот в газообразной форме:

- а) KNO_3 ;
- б) NH_4NO_3 ;
- в) NH_4OH ;
- г) $CO(NH_2)_2$.

2. Соединения, которые больше всего подвергаются необменной фиксации аммония:

- а) KNO_3 ;
- б) NH_4NO_3 ;
- в) $(NH_4)_2SO_4$;
- г) $Ca(NO_3)_2$.

3. Предшественник звена севооборота, под которым больше всего накапливается нитратного азота:

- а) люцерна – пшеница;
- б) горох – пшеница;
- в) чистый пар – пшеница;
- г) кукуруза – пшеница.

4. Удобрения, повышающие засухоустойчивость растений:

- а) N;
- б) P;
- в) K;
- г) В.

5. Удобрение, которое относится к промышленным тукам:

- а) известь;
- б) мочеви́на;
- в) зола.

6. Удобрение, которое является отходом промышленности:

- а) зола;
- б) хлористый калий;
- в) известь.

7. Агроруда, которая применяется для производства мелиорантов:

- а) апатит;
- б) сильвинит;
- в) гипсовый камень.

8. Удобрение, которое относится к обычным тукам:

- а) мочеви́на;
- б) сильвинит,
- в) хлористый калий.

9. Агрохимикат косвенного действия:

- а) мочеви́на;
- б) фосфоритная мука;
- в) цеолит;
- г) сульфат калия.

10. Нитратное азотное удобрение:

- а) мочеви́на;
- б) хлористый аммоний;
- в) калийная селитра;
- г) сульфат аммония.

11. Выберите форму азотного удобрения для следующих зон:

аммиачная селитра

степь

мочевина

лесостепь

аммиачная вода

подтайга

12. Удобрение, которое при внесении в почву без заделки быстро переходит в форму углекислого аммония:

а) $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$;

б) NaNO_3 ;

в) NH_4OH ;

г) $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$.

13. Азотное удобрение, которое соответствует амидной форме азота:

а) NH_4NO_3 ;

б) NaNO_3 ;

в) NH_4OH ;

г) $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$.

14. Удобрения, которые обладают слабой физиологической щелочностью:

а) карбамид;

б) аммиачная селитра;

в) кальциевая селитра;

г) аммиачная вода.

15. Выберите удобрение для следующих культур:

однолетние травы

калийная селитра

картофель

мочевина

горох

сульфат аммония

16. Азотное удобрение, способствующее кумуляции нитратов:

а) аммиачная вода;

б) мочевина;

в) аммиачная селитра.

17. Азотное удобрение, которое можно вносить локально:

а) сульфат аммония;

б) мочевина;

в) калийная селитра.

18. Азотное удобрение, которое соответствует нитратной форме азота:

а) $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$;

б) KNO_3 ;

в) NH_4OH ;

г) CaCN_2 .

19. Азотное удобрение, пригодное для внесения в рядки:

- а) $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$;
- б) NaNO_3 ;
- в) $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$;
- г) $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$.

20. Азотное удобрение, которое может подвергаться в почве частичной нитрификации:

- а) $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$;
- б) NaNO_3 ;
- в) NH_4NO_3 ;
- г) KNO_3 .

21. Причина, по которой аммиачные удобрения нельзя смешивать со щелочами:

- а) образуются труднорастворимые соединения;
- б) улетучивается аммиак;
- в) происходит ретроградация;
- г) образуется смесь, обладающая высокой гигроскопичностью.

22. Азотное удобрение, которое является лучшим для гороха:

- а) мочевины;
- б) сульфат аммония;
- в) калийная селитра.

23. Удобрение, которое содержит источник серы для бобовых культур:

- а) суперфосфат двойной;
- б) преципитат;
- в) фосфоритная мука;
- г) суперфосфат простой.

24. Фосфорное удобрение, которое соответствует форме монофосфата кальция:

- а) $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$;
- б) CaHPO_4 ;
- в) $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$;
- г) $\text{Ca}_4\text{P}_2\text{O}_9$.

25. Назовите водорастворимые формы фосфорных удобрений:

- а) фосфоритная мука;
- б) двойной суперфосфат;
- в) преципитат.

26. Назовите фосфорное удобрение, которое применяется в чистом виде только на кислых почвах:

- а) простой суперфосфат;
- б) двойной суперфосфат;
- в) фосфоритная мука.

27. Назовите фосфорное удобрение, которое наиболее эффективно на солонцовых почвах:

- а) простой суперфосфат;
- б) двойной суперфосфат;
- в) фосфоритная мука.

28. Фосфорное удобрение, которое может в большей степени подвергаться ретроградации:

- а) фосфоритная мука;
- б) двойной суперфосфат,
- в) фосфатшлак.

29. Содержание фосфора в двойном суперфосфате:

- а) 42-49%;
- б) 34-35%;
- в) 23-25%;
- г) 16%.

30. Назовите фосфорное удобрение, наиболее эффективное при внесении в рядки:

- а) простой суперфосфат;
- б) двойной суперфосфат;
- в) преципитат.

31. Назовите фосфорное удобрение, которое вносится только вразброс:

- а) двойной суперфосфат;
- б) преципитат;
- в) простой суперфосфат.

32. Выберите фосфорное удобрение, наиболее эффективное под горох:

- а) молибденовокислый суперфосфат;
- б) цинкосуперфосфат;
- в) боросуперфосфат.

33. Формула, которая соответствует калиймагу:

- а) KCl ;
- б) $KCl + NaCl$;
- в) $K_2SO_4 \cdot 2MgSO_4$;
- г) K_2CO_3 .

34. Калийное удобрение, непригодное под картофель:

- а) KCl ;
- б) K_2SO_4 ;
- в) $K_2SO_4 \cdot 2MgSO_4$;
- г) K_2CO_3 .

35. Калийное удобрение, наиболее эффективное под бобовые культуры:

- а) KCl ;
- б) K_2SO_4 ;
- в) $K_2SO_4 \cdot 2MgSO_4$;
- г) K_2CO_3 .

36. Калийное удобрение, оказывающее подщелачивающее действие на черноземную почву:

- а) KCl ;
- б) K_2SO_4 ;
- в) KNO_3 ;
- г) K_2CO_3 .

37. Выберите удобрение, наиболее эффективное под кормовую свеклу:

- а) сильвинит;
- б) хлористый калий;
- в) сульфат калия.

38. Выберите удобрение, наиболее эффективное под картофель:

- а) сульфат калия;
- б) хлористый калий;
- в) калиймагнезия.

39. Назовите «сырые» калийные удобрения:

- а) сильвинит;
- б) сульфат калия;
- в) зола.

40. Назовите наиболее концентрированные калийные удобрения:

- а) калийная соль;
- б) сильвинит;
- в) сульфат калия.

41. Назовите калийное удобрение, наиболее подкисляющее почву:

- а) сульфат калия;
- б) зола;
- в) поташ.

42. Выберите калийное удобрение для следующих культур:
хлористый калий – пшеница
сильвинит – столовая свекла
сульфат калия – гречиха.

43. Назовите комплексные удобрения из группы сложных:

- а) нитрофоска;
- б) аммофос;
- в) нитроаммофоска;
- г) калийная селитра.

44. Назовите комбинированное удобрение:

- а) двойной суперфосфат;
- б) аммофос;
- в) диаммофоска.

45. Назовите наиболее концентрированное комплексное удобрение:

- а) нитроаммофос;
- б) нитроаммофоска;
- в) аммофос.

46. Удобрение, которое может заменить двойной суперфосфат:

- а) аммофос;
- б) нитрофоска;
- в) азофоска.

47. Выберите удобрение для следующих культур:

пшеница по пару – аммофос
кормовые корнеплоды – нитроаммофоска
пшеница по пшенице – нитроаммофос.

48. Комплексное удобрение, эффективное для рядкового способа внесения:

- а) аммофос;
- б) нитроаммофоска;
- в) нитроаммофос;
- г) подтайга.

6 Анализ органических удобрений (основные теоретические положения)

В сохранении почвенного плодородия и повышении урожайности сельскохозяйственных культур органическим удобрениям принадлежит особая роль. Прежде всего, они являются богатейшим источником всех основных элементов питания растений – азота, фосфора, калия, кальция, магния, серы, способствуют повышению содержания гумуса в пахотном и подпахотном слое. Гумус оказывает не только непосредственное и положительное влияние на урожай полевых культур, но и определяет все основные свойства почвы. Вместе с органическими удобрениями в почву вносится огромное количество микроорганизмов и энергетического материала, что резко активизирует биологическую деятельность почвы. Кроме того, в результате микробиологических процессов, протекающих в удобрениях во время приготовления и хранения, в них образуется много физиологически активных веществ – витаминов, антибиотиков, ферментов. Эти вещества, попадая в почву, также оказывают стимулирующее воздействие на деятельность почвенной микрофлоры.

Внесение органических удобрений повышает концентрацию углекислого газа в припочвенном и почвенном воздухе и тем самым улучшает условия питания растений углекислотой через листья и корни. Под его влиянием повышается подвижность почвенных фосфатов, карбонатно-кальциевое равновесие смещается в сторону образования гидрокарбоната кальция, что увеличивает коагуляцию почвенных коллоидов и улучшает структуру почвы.

При систематическом внесении органических удобрений повышается емкость поглощения почв, возрастает их буферность, снижается кислотность. Таким образом, использование органических удобрений создает условия для применения повышенных доз минеральных удобрений, которые гораздо легче переносятся окультуренными почвами с высокой буферностью. Академик Д.Н. Прянишников большую роль отводил рациональному использованию всех местных источников элементов питания, в первую очередь местным органическим удобрениям. Минеральные удобрения, как источник дополнительного количества питательных веществ, должны дополнить их недостаток.

Основным органическим удобрением в земледелии края является подстилочный навоз. Рентабельность этого удобрения высокая в хозяй-

ствах, где его применяют на полях и участках, расположенных вблизи животноводческих ферм. Наиболее высокая эффективность навоза в региональных условиях отмечается при его внесении под овощные, кормовые культуры и картофель. Положительное действие навоза на урожайность культур отмечается в подтаежной, лесостепной и степной зонах края. По данным Е.И. Волошина (2016), каждая тонна подстилочного навоза с учетом действия и двух лет последствия обеспечивает получение дополнительно 0,4-0,5 ц зерновых единиц.

Применение зеленого удобрения является экономически выгодным приемом поддержания плодородия почв. Зеленые удобрения являются средством экологизации в земледелии, способствуют обогащению почв биологическим азотом. Опубликованные данные исследований В.В. Чупровой (1997) свидетельствуют о том, что процессы разложения люцерновых остатков, навоза, ржаного и донникового сидератов в паровых полях протекают в различном ритме и с неодинаковыми интенсивностью и удельной скоростью. Период полного разложения навоза короче периода минерализации обоих сидератов и остатков люцерны. Запашка ржаного сидерата приводит к стабилизации, а донникового и люцерновых остатков – к накоплению запасов растительного вещества в почве соответствующих севооборотных звеньев.

Существенное значение имеет глубина заделки сидерата. Более эффективна мелкая заделка – на 14-16 см. Она обеспечивает прирост урожайности яровой пшеницы на 0,35-0,53 ц/га выше, чем заделка на глубину 25-27 см. Выгоднее запашка сидерата не ранее конца августа. Внесение донниковой массы увеличивает в почве 1,1-1,2 раза лабильного гумуса и в 1,5-5,4 ц/га нитратного азота (Шпедт, 2013). В первую очередь зеленые удобрения необходимо использовать на почвах с низким уровнем плодородия, на полях, удаленных от населенных пунктов и животноводческих ферм. Сидераты по своему влиянию на урожайность культур не уступают подстилочному навозу, а затраты на их производство и применение в 3-4 раза ниже.

Количество навоза, которое может накапливаться в хозяйствах региона, по ориентировочным оценкам, может покрыть дефицит баланса гумуса в земледелии региона не более чем на 25-30% (Рудой, 2010). Существенное значение этой связи приобретают меры целенаправленного увеличения объемов органических удобрений. Из них важнейшая роль принадлежит приготовлению компостов с использованием торфа и других органических материалов. Применение торфа и компостов на его основе включает в круговорот веществ в земледелии

лии огромные природные запасы питательных веществ. Однако необходимо помнить, что виды и типы торфов многообразны и неравноценны по качественным показателям. Поэтому способы использования его в качестве удобрения разнообразны.

Возможность применения таких компостов ограничена экономической ситуацией – большими затратами на доставку из-за пределов землепользования хозяйств. В границах земледельческой зоны региона месторождения торфа, пригодного для приготовления компостов, имеют ограниченное распространение.

Обширный и практически не используемый в регионе резерв органических удобрений представляют древесные отходы: кора, опилки, древесная зелень. Установлено, что даже при оптимальных условиях заготовки и переработки древесины потери биомассы дерева составляют выше 30% (Ершов, 2004). Удобрительная ценность их обусловлена прежде всего высоким содержанием углерода. В них содержатся азот и зольные элементы питания растений, доля которых незначительна. Это затрудняет их микробиологическое разложение в почве и исключает возможность непосредственного применения в качестве удобрения. Высокий удобрительный эффект достигается в результате компостирования отходов. Наиболее предпочтительны коровые отходы. Исследованиями О.А. Ульяновой (2014) раскрыты особенности и закономерности трансформации удобрительных композиций на основе коры разных видов деревьев, а также механизмы их влияния на свойства почв и продуктивность полевых культур. Установлено, что удобрительные композиции с осиновой корой разлагаются быстрее, чем на основе хвойных пород.

Солома является важнейшим источником и средством оптимизации баланса органического вещества в почве. Исключение из технологических операций сжигания стерни с соломой является важным природоохранным мероприятием, улучшающим экологическую и противопожарную ситуацию в регионе. Несмотря на большую роль соломы в сохранении и повышении плодородия почв и урожайности сельскохозяйственных культур, она еще недостаточно используется в земледелии Красноярского края в качестве биологического источника минерального питания растений.

Расчет баланса соломы зерновых культур показывает, что примерно 2,4 млн т можно использовать в качестве органических удобрений. Запахивание в почву такого количества соломы равноценно внесению в нее 4,8 млн т подстилочного навоза. В среднем в земледе-

лии Красноярского края можно 1,9 т/га соломы вносить в почву после уборки урожая колосовых культур. В районах и хозяйствах, где отсутствует животноводство, целесообразно все ресурсы соломы использовать на удобрение. По данным Красноярского научно-исследовательского института сельского хозяйства, внесение соломы в почву с азотными удобрениями в краткосрочных и многолетних опытах на 3,0-12,2 ц/га повышало в севооборотах урожайность зерна яровой пшеницы, ячменя и овса (Едимаичев, Шпагин, 2014). Внесение измельченной соломы при уборке зерновых культур имеет организационную, экономическую и экологическую обоснованность, она должна применяться в хозяйствах в больших объемах. В полевых севооборотах, удаленных от животноводческих ферм, солома и сидераты являются единственным источником пополнения почвы органическим веществом. Внесение соломы в почву с компенсирующими дозами азотных удобрений экономически выгодно и не нарушает технологию возделывания сельскохозяйственных культур. Применение соломы на удобрение дешевле, чем приготовление навоза, и устраняет затраты на ее вывоз и хранение.

6.1 Качество органических удобрений

Содержание органического вещества и питательных элементов в органических удобрениях обусловлено качеством и количеством подстильного материала, типом кормления, видом и составом кормов, способом содержания животных, зависит от подготовки и хранения удобрений и др.

Химический состав органических удобрений

Химический состав подстильного навоза в значительной степени зависит от вида применяемой подстилки. Лучшие и наиболее распространенные подстилочные материалы – солома злаковых культур и торф. Навоз, приготовленный на торфяной подстилке, богаче азотом, чем полученный при использовании соломенной подстилки. При недостатке соломы и торфа как подстильный материал используют древесные опилки, однако в этом случае навоз получается худшего качества, так как содержит меньше азота и больше лигнина, который медленно разлагается микроорганизмами.

Нормы расхода подстилки зависят от ее физико-химических свойств, вида животных, рациона кормления, продолжительности

стойлового периода и системы навозоудаления. При определении норм расхода подстилки решается две задачи: обеспечение нормальных зоосанитарных условий содержания животных и получение навоза высокого качества. При рекомендованных нормах подстилки накопление навоза по сравнению с выходом его при содержании без подстилки увеличивается почти в два раза.

Таблица 30 – Химический состав органических удобрений

Вид удобрения	Влажность, %	Содержание, % на сырое вещество				Кэ	Стоимость 1 т, руб.
		Орган. вещество	N	P ₂ O ₅	K ₂ O		
<i>Твердые органические удобрения</i>							
Навоз подстилочный							
КРС	75	21	0,50	0,25	0,60	1,0	2,56
свиной	72	24	0,48	0,20	0,60	1,0	2,40
свиной	65	30	0,83	0,23	0,67	1,0	3,40
конский	75	22	0,53	0,30	0,62	1,0	2,78
Птичий помет							
подстилочный	40	54	2,0	1,81	0,97	1,0	10,98
сухой	14	80	4,10	3,90	2,00	1,0	22,34
Твердая фракция бесподстилочного навоза							
КРС	75	19	0,56	0,30	0,42	1,0	2,67
свиной	75	22	0,60	0,40	0,07	1,0	2,91
Компост							
торфонавозный (1:1)	70	22	0,56	0,22	0,47	0,9	2,28
торфопометный (1:1)	70	19	0,83	0,74	0,41	1,0	4,45
Сапропель	60	16	0,42	0,07	0,00	0,6	0,85
Осадки сточных вод	70	17	1,07	1,30	0,10	1,0	6,31
Торф переходный	60	36	0,74	0,07	0,05	0,4	1,02
<i>Жидкие органические удобрения</i>							
Навоз жидкий							
КРС	95	4	0,10	0,06	0,11	0,1	0,52
свиной	95	4	0,14	0,08	0,06	1,0	0,62
Птичий помет жидкий	95	4	0,28	0,26	0,10	1,0	1,46

В наибольшей степени химический состав навоза и содержание в нем элементов питания растений зависят от вида скота (табл. 30). Конский и овечий навоз по содержанию питательных веществ пре-

восходят навоз крупного рогатого скота. В региональных условиях химический состав подстилочного навоза подвержен большим изменениям. Поскольку отклонения по химическому составу навоза бывают довольно значительными, для правильного определения дозы навоза необходимо перед внесением в почву определить его химический состав.

Состав подстилочного навоза подвержен существенным изменениям в зависимости от условий и продолжительности хранения. В процессе хранения происходит разложение навоза. В зависимости от сроков хранения, условий, степени разложения органических компонентов навоза он приобретает соответствующий внешний вид и консистенцию.

6.2 Использование соломы на удобрение и оценка ее качества (лабораторная работа)

Солома наряду с другими растительными остатками – один из основных источников пополнения почвы органическим веществом. По содержанию органического вещества 1 т соломы эквивалентна 3,5-4 т навоза. Общее содержание углерода в соломе различных культур колеблется в пределах 40-50, а азота – 0,24-0,5%. В связи с этим солома злаковых культур, в отличие от навоза, сидератов и других растительных остатков, имеет широкое соотношение углерода к азоту (C:N = 80-100:1), проявляется это в особенностях ее действия как удобрения. Соотношение C:N значительно большее, чем 30:1, ведет к интенсивному закреплению (иммобилизации) минеральных соединений азота и ухудшению питания растений. Чем шире отношения C:N в соломе или органических удобрениях, тем более сильно и длительно сказывается ее отрицательное действие.

Для расчета C:N необходимо знать зольность сухого вещества соломы или органического удобрения и содержание в нем азота

$$C:N = (100 - Z) \times K / 100 \times N,$$

где Z – зольность сухого вещества соломы или другого органического удобрения, %;

K – содержание углерода в сухом веществе, %;

N – содержание общего азота в сухом веществе, %.

При расчете C:N в органических удобрениях содержание углерода в пересчете на абсолютно сухое вещество можно принять: для навоза КРС – 46, свиного навоза – 50, конского навоза – 55, овечьего навоза – 52, куриного помета – 50, зеленой массы растений – 45, соломы – 40-50.

Если исходные данные (зольность и содержание азота) в органических удобрениях представлены в процентах на сырую массу (прил. 8), то в формулу вводят дополнительные количественные характеристики (W – влажность органического вещества, %, и Z – зольность, % на сырую массу)

$$C:N = (100 - W - Z) \times K / 100 \times N.$$

Пример. Определите качество навоза КРС при влажности 70% и содержании азота 0,5, золы 12%.

W – 70 ц/га	C:N = (100 – 70 – 12) × 46 / 100 × 0,5 = 16,6%
Z – 12%	
N – 0,5%	
K – 46%	
C:N = ?	

Соотношение C:N не должно превышать 20-25. Такое удобрение можно вносить под любую культуру без риска вызвать азотное голодание, при C:N > 25 органическое удобрение, тем более солома требует обогащения азотом. Рассчитать требуемое количество азотных удобрений (для доведения C:N = 25:1), вносимое сверх рекомендуемой под культуру дозы, можно по формуле

$$D = (O \times N / 25) - N) \times 10 \times C,$$

где D – доза азотных удобрений, кг д. в. /га;

O – отношение C:N в соломе или другом органическом удобрении;

N – содержание азота в удобрении, %;

25 – необходимое соотношение C:N;

C – количество запахиваемой соломы на 1 га, т.

Пример. Рассчитайте потребность в азоте при заашке соломы яровой пшеницы в дозе 4 т/га при содержании азота в соломе 0,5% и соотношении C:N = 80:1.

О – 80 N – 0,5% С – 4 т/га	$D = (80 \times 0,5 / 25) - 0,5) \times 10 \times 4 = 44,6$ кг д. в. /га
D = ?	

Солому применяют под различные культуры, но лучше других на удобрение соломой отзываются пропашные и зерновые. Ее дозы определяются урожаем зерновых культур и обычно колеблются в пределах от 3 до 6 т/га. Ориентировочное применение: на каждую тонну соломы требуется от 7 до 10 кг д. в. / га азотных удобрений и на бедных фосфором почвах – 2,5-3 кг P₂O₅. Недостатка в калии растения не испытывают.

Общий выход соломы (на полях севооборота, по отделениям и в целом по хозяйству) вычисляют произведением величины урожая зерна на коэффициент, который для озимой пшеницы равен 1,5; озимой ржи – 2,0; яровой пшеницы и овса – 1,3; ячменя – 1,2; гречихи и гороха – 1,5; сои – 1,2. Из этой массы соломы 10-20% остается в поле в виде стерни.

В производственных условиях для определения общего выхода соломы озимой пшеницы и яровых зерновых используют коэффициент 1,2; озимой ржи – 1,5; при возделывании короткостебельных сортов озимых культур коэффициент на отчуждение с поля соломы составляет в поле на удобрение – 1,2.

6.3 Выбор места для удобрений в севообороте

Место внесения органических удобрений определяется степенью использования питательных элементов сельскохозяйственными культурами, оплатой урожаем и воздействием на плодородие почвы. В конкретных условиях хозяйств оно устанавливается с учетом типа севооборота, набора культур, принятой системы удобрений, экономической и экологической целесообразности применения и других факторов.

Эффективность твердых органических удобрений увеличивается в ряду севооборотов: зернотравяные – зернопаровые – зернопаро-пропашные – зернопропашные – плодосменные – пропашные,

поэтому в первую очередь ими обеспечивают овощные, кормовые (прифермские) и специализированные по наиболее ценным культурам.

На основе эффективности действия твердых органических удобрений установлена очередность (приоритетность) их внесения под сельскохозяйственные культуры (табл. 31).

Таблица 31 – Очередность внесения твердых органических удобрений под сельскохозяйственные культуры

Нечерноземная зона	Черноземная зона
Картофель	Сахарная и кормовая свекла
Кормовые корнеплоды	Кукуруза на силос
Кукуруза на силос	Картофель
Овощи	Овощи
Озимые зерновые	Кукуруза на зерно
Яровые зерновые	Озимая пшеница
Однолетние травы	Подсолнечник
	Яровые зерновые

Эффективность твердых органических удобрений возрастает при сочетании их с минеральными туками.

Оптимальный срок внесения навоза и компостов на всех почвах, за исключением избыточно увлажненных, песчаных, – осенью под зябь, в чистом и занятом пару. Весной можно вносить хорошо перепревший навоз и компосты под пропашные культуры. На песчаных почвах органические удобрения лучше вносить весной, а на переувлажненных – летом в пару.

Зимнее внесение твердых органических удобрений, за исключением сапропеля, не рекомендуется во избежание значительных потерь питательных элементов и загрязнения окружающей среды. Бесподстилочный полужидкий и жидкий навоз и помет, имеющий узкое отношение C:N, следует вносить под культуры, усваивающие большое количество азота: под кукурузу и подсолнечник на силос, кормовые корнеплоды, многолетние злаковые травы, кормовые и сидеральные посевы крестоцветных культур.

Задачи и упражнения

1. Для обеспечения бездефицитного баланса гумуса почвы в севообороте требуется ежегодно пополнять 7,5 т/га сухого органического вещества. Определите, сколько для этого потребуется внести подстилочного свиного навоза.

2. Чтобы пополнить 7,5 т/га сухого органического вещества для обеспечения бездефицитного баланса гумуса почвы, сколько для этого нужно внести подстилочного куриного помета или торфо-навозного компоста?

3. Сколько потребуется внести совместно с запаханной пшеничной соломой (40 ц/га) бесподстилочного навоза крупного рогатого скота, чтобы соотношение С:N было не более 20?

4. Сколько потребуется азота минеральных удобрений на 1 т пшеничной соломы, чтобы обеспечить соотношение С:N = 20?

5. Определите качество навоза КРС при влажности 60% и содержании азота 0,3%, золы – 10%. Можно ли использовать такой навоз под культуру без риска вызвать азотное голодание?

6. Рассчитайте потребность в азоте при запашке соломы яровой пшеницы в дозе 5 т/га при содержании азота в соломе 0,4% и соотношении С:N = 60:1.

7. Сколько потребуется подстилочного свиного навоза на 1 га, если планируемая урожайность пшеницы 25 ц/га?

8. Рассчитайте массу условного органического удобрения (подстилочного навоза, т/га), если в хозяйстве было внесено органических удобрений в физической массе 5 100 т на площади 570 га, 1 500 т подстилочного навоза КРС, 500 т компоста торфо-навозного, 300 т сапропеля, 1 200 т навозных стоков, 300 т соломы, 300 т сидератов и 1 000 т полужидкого помета.

9. Расчетная доза под кукурузу на легкой супесчаной почве (основное внесение) – $N_{120}P_{90}K_{130}$. Предшественником кукурузы был пар, в который внесено 50 т/га подстилочного навоза КРС. Сколько необходимо внести N, P_2O_5 , K_2O с минеральными удобрениями с учетом действия навоза?

10. Определите потребность в подстилочном навозе (т/га), если баланс гумуса супесчаной почвы в севообороте составил $Bг = -5$ ц/га.

Определите среднегодовую потребность пятипольного паропропашного севооборота в органических удобрениях, если известно, что емкость поглощения почвы 30 мгэкв/100 г почвы.

Содержание работы

1. Изучите основные теоретические положения материала.
2. Каждому студенту выдается индивидуальная задача. Сделайте расчеты. Запишите основные выводы.

Тестовые задания

1. Назовите органические удобрения на основе отходов животноводства:

- а) подстилочный навоз;
- б) бесподстилочный навоз;
- в) птичий помет;
- г) торф;
- д) сапропель.

2. Назовите органические удобрения на основе природного органического сырья:

- а) сапропель;
- б) солома;
- в) навоз;
- г) торф.

3. Укажите органические удобрения на основе продукции растениеводства:

- а) торф;
- б) солома;
- в) ботва;
- г) компост.

4. Биологически активный компонент для компостирования:

- а) кора;
- б) лигнин;
- в) фекалии.

5. Инертный компонент для компостирования:

- а) солома;
- б) птичий помет;
- в) навоз.

6. Действие смешивания навоза с фосфоритной мукой:

- а) усиливает разложение навоза;
- б) переводит фосфор в доступное состояние;
- в) увеличивает количество питательных веществ.

7. Действие смешивания торфа с известью:

- а) снижает кислотность;
- б) увеличивает качество извести;
- в) повышает кислотность торфа.

8. Смешивание лигнина с фосфоритной мукой приводит:

- а) к растворению фосфора;
- б) химическому поглощению;
- в) осаждению.

9. Смешивание торфа с фекалиями сопровождается:

- а) обогащением питательными веществами;
- б) разложением торфа;
- в) снижением кислотности.

10. Торф, используемый для подстилки скота:

- а) верховой;
- б) переходный;
- в) низинный;
- г) луговой.

11. Сырье, содержащее много отмерших водорослей:

- а) цеолит;
- б) вермикомпост;
- в) сапропель;
- г) бентонит.

12. Способ хранения навоза, при котором обеспечивается наибольшее сохранение азота и органического вещества:

- а) горячий (рыхлый);
- б) холодный (плотный);
- в) рыхло-плотный.

13. Причина, по которой торф повышает санитарное состояние ферм:

- а) обладает высокой емкостью поглощения;
- б) имеет высокую влагоемкость;
- в) отличается бактерицидностью;
- г) поглощает газы.

14. Удобрения, внесение которых под корнеплоды свеклу и морковь может привести к разветвлению и ухудшению формы корнеплодов:

- а) полуперепревший навоз;
- б) комплексные удобрения;
- в) слабоперепревший навоз;
- г) перегной.

15. Птичий помет, который превосходит навоз по содержанию питательных веществ:

- а) утиный;
- б) гусиный;
- в) куриный.

7 Теоретические и практические основы системы применения удобрений

7.1 Расчет доз минеральных удобрений (основные теоретические положения)

Обязательное условие всех мероприятий по удобрению сельскохозяйственных культур – проведение их с учетом данных почвенного анализа и химического состава растений. Иначе нельзя ожидать действенных результатов в увеличении урожая и заметного повышения плодородия почвы. Химические анализы почвы следует увязывать с установленными лимитами питательных веществ и их оптимальными соотношениями в почве для данной фазы развития растений.

По мнению Д.Н. Прянишникова, «...для каждой почвенной зоны требуется свой выбор и своя «пришлифовка» метода к местным особенностям на основании сопоставления с данными полевых опытов». Определение оптимальных доз удобрений под сельскохозяйственные культуры является очень сложным вопросом современной агрономической науки и практики. Поэтому не случайно для решения этой проблемы в настоящее время существуют разные методы определения доз минеральных удобрений. Их можно объединить в две большие группы: полевые методы по непосредственным результатам опытов и балансовые расчетные методы.

Методы определения доз удобрений на основе результатов полевых опытов

Эти методы служат основой для определения доз удобрений. Обобщая результаты полевых опытов, научно-исследовательские учреждения разрабатывают рекомендации по применению удобрений под сельскохозяйственные культуры на основных типах и разновидностях почв при средних агротехнических фонах для всех почвенно-климатических зон и районов страны. В конкретных случаях эти дозы надо корректировать применительно к агрохимическим свойствам почвы, гранулометрическому составу, характеру увлажнения, реакции почв.

В Красноярском крае возделываются самые различные сельскохозяйственные культуры со своими биологическими особенностями, с разной потребностью к элементам питания. С одной стороны, удоб-

рения являются наиболее действенным фактором роста урожайности, а с другой – составляют существенную часть затрат на производство продукции, что диктует максимальную отдачу от туков только при оптимальном питании растений (Рекомендации по определению ..., 1987).

Коэффициенты корректировки для фосфора вводят для всех культур, по калию – для культур-кальцефобов, а также бобовых трав, отличающихся высоким потреблением калия в условиях нейтральных и слабокислых почв. Если почвы легкие (песчаные и супесчаные), то средний показатель содержания фосфора по группам увеличивают на 20-25%, на тяжелых по гранулометрическому составу, наоборот, снижают.

В разных почвенно-климатических зонах дозы удобрений корректируют на почвах с различным содержанием питательных веществ. Расчет доз удобрений на основе полевых опытов можно проводить на планируемую прибавку урожая.

Расчетные методы определения доз удобрений (практическое занятие)

Расчет доз балансовыми методами основан на определении трех основных показателей: выноса питательных веществ на единицу продукции, коэффициента использования питательных веществ из почвы и из удобрений. Все многообразие балансовых расчетных методов определения доз удобрений объединено в три большие группы.

✓ Определение доз удобрений по выносу питательных веществ планируемым урожаем или прибавкой продукции с применением коэффициентов использования питательных веществ из почвы и удобрений, а также коэффициентов возврата питательных веществ в зависимости от обеспеченности ими почвы.

✓ Определение доз удобрений с учетом планируемой урожайности культур, нормативов затрат удобрений на единицу продукции и применением поправочных коэффициентов на обеспеченность почвы питательными элементами для разных уровней урожайности.

✓ Определение доз удобрений по возмещению удобрениями выноса урожаем питательных веществ в зависимости от уровня содержания и запасов их в почве, а также внесенных органических удобрений.

Расчет доз удобрений **на планируемый урожай с учетом выноса питательных веществ** и с поправкой на обеспеченность питательными веществами проводится по формуле

$$Д = У_{п} \cdot В \cdot К_1 \cdot К_2,$$

где $Д$ – доза удобрения на планируемый урожай, кг/га действующего вещества;

$У_{п}$ – планируемый урожай, ц/га;

$В$ – вынос питательных веществ на единицу продукции данной культуры, кг;

$К_1$ – поправочный коэффициент на содержание питательного вещества в почве;

$К_2$ – поправочный коэффициент на влагообеспеченность почвы.

ЦИНАО и ВИУА (Методические указания ..., 1988) рекомендуют **нормативный** метод расчета доз удобрений по формуле

$$Д = У_{п} \cdot Н_1 \cdot К_1 \cdot К_2,$$

где $Д$ – искомая доза удобрения, кг/га действующего вещества;

$У_{п}$ – планируемый урожай, ц/га;

$Н$ – норматив затрат удобрений на единицу продукции данной культуры, кг;

$К_1$ – поправочный коэффициент на содержание питательного вещества в почве в зависимости от уровня планируемой урожайности культур;

$К_2$ – поправка на влагообеспеченность почвы.

Для условий Красноярского края на основе опытов разработаны градации обеспеченности растений фосфором и калием, по которым определяют класс почвы по содержанию питательных элементов (Рабочая инструкция... 1967). Нормативы показывают, сколько необходимо питательных веществ удобрений на один центнер основной продукции сельскохозяйственной культуры. Учитывая близость нормативов для лесостепной и степной зон по большинству культур, они приняты за единые для края в целом, за исключением яровой пшеницы. По мере увеличения содержания элемента питания в почве пропорционально уменьшаются и коэффициенты. Для зерновых, пропашных культур и трав приняты единые коэффициенты, а для овощей и корнеплодов они изменены только для первого и второго классов, увеличены в 1,4 и 1,2 раза соответственно. В практической деятель-

ности агрономам приходится иметь дело с почвами, в которых содержится самое различное количество нитратного азота, подвижного фосфора, обменного калия. Разнообразие почв по содержанию фосфора и калия отображено в агрохимических картограммах, составленных агрохимической службой края. Нитратный азот необходимо определять ежегодно.

Балансовый метод, учитывающий вынос с планируемой урожайностью полевых культур, запасы элементов питания в почве и содержание доступных питательных веществ в органических удобрениях

$$D = Y_{\text{п}} \cdot B - П \cdot K + O_{\text{y}} \cdot K_{\text{oy}},$$

где D – доза удобрения на планируемый урожай, кг/га действующего вещества;

$Y_{\text{п}}$ – планируемый урожай, ц/га;

B – вынос элементов питания продукцией культуры;

$П$ – запас питательных веществ в почве;

K – коэффициент усвоения питательных веществ из почвы;

O_{y} – содержание питательных веществ в органических удобрениях, внесенных под культуру;

K_{oy} – коэффициент использования питательных веществ из органических удобрений.

Чтобы влиять на процесс питания растений, плодородие почвы, необходимо знать, какое количество питательных веществ следует вносить в почву с удобрениями, не допуская разрыва между потребностью растений и наличием доступных элементов в почве. Данные активного баланса позволяют наиболее точно рассчитать дозу внесения минеральных удобрений в зависимости от конкретных условий и поставленной цели. Дозы удобрения, рассчитанные на получение запланированного урожая, **с учетом повышения плодородия почвы** определяют по формуле

$$D = B / K_1 + (C_3 - C_{\text{ф}}) \cdot K_2 / K_3 \cdot t,$$

где B – вынос элемента минерального питания запланированным урожаем, кг/га;

K_1 – коэффициент использования питательного вещества с учетом последдействия;

C_3 – заданное содержание питательного вещества в почве, мг/100 г;

$C_{\text{ф}}$ – фактическое содержание питательного вещества в почве, мг/100 г;

K_2 – коэффициент пересчета мг/100 г, кг/ га;

K_3 – коэффициент влияния удобрений на изменение содержания питательного вещества в почве;

t – время, за которое намечено получить заданное содержание питательного вещества в почве, лет.

В зависимости от агротехнических приемов возделывания сельскохозяйственных культур, места их размещения, условий уборки, используемых сортов, метеорологических условий года меняются технологические свойства продукции и ее качество. Качество зерна – сложный наследственный признак, включающий мукомольные, хлебопекарные, макаронные, крупяные, биохимические и физические свойства, присущие определенным сортам. Технологические особенности пшениц зависят в основном от белкового комплекса их зерна, в первую очередь от клейковины. Для прогнозирования величины урожая и белковости зерна используют расчет доз на повышение качества планируемого урожая

$$D = D_p \cdot C_{\text{опт}} / C_{\text{факт}},$$

где D_p – рекомендуемая доза удобрений, кг/га;

$C_{\text{опт}}$ – оптимальное содержание элемента питания в растении;

$C_{\text{факт}}$ – фактическое содержание элемента питания по результатам тканевой диагностики.

Содержание работы

1. Изучите теоретический материал по предложенной теме.
2. Согласно индивидуальным заданиям проведите расчет доз удобрений для получения планируемого урожая различными методами: по выносу элементов питания с поправкой на обеспеченность, нормативным и балансовым.

Задачи и упражнения

1. Рассчитайте дозы удобрений под капусту, урожай которой составит 800 ц/га. Зона – лесостепь, почва – чернозем выщелоченный. По данным агрохимических картограмм, в почве содержание: N-NO₃ составило 12 мг/кг, P₂O₅ и K₂O соответствует третьему классу. Содержание влаги в метровом слое почвы составило 150 мм.

2. Рассчитайте дозы удобрения под урожай ячменя 40 ц/га при содержании в серой лесной почве нитратного азота 6 мг/кг, фосфора – 100 и калия – 150 мг/кг.

3. Какие из предложенных удобрений будете вносить под вторую зерновую культуру, картофель, люцерну на семена, если в хозяйстве имеется диаммофоска, двойной суперфосфат, аммиачная селитра, сульфат калия, хлористый калий?

4. Рассчитайте дозы удобрения для получения урожая клубней картофеля 200 ц/га. Зона – подтайга, почва – темно-серая лесная, предшественник – зерновые, содержание N-NO₃ – 5 мг/кг, P₂O₅ – 160 мг/кг, K₂O – 150 мг/кг; продуктивной влаги весной в 1 м почвы – 123 мм.

5. Рассчитайте дозы удобрения для получения урожая клубней картофеля 280 ц/га. Зона – лесостепь, почва – темно-серая лесная, предшественник – зерновые, содержание N-NO₃ – 13,2 мг/кг, P₂O₅ – 130 мг/кг, K₂O – 90,8 мг/кг; продуктивной влаги весной в 1 м почвы – 130 мм.

6. Рассчитайте дозы удобрения для получения урожая зеленой массы рапса 150 ц/га. Зона – лесостепь, почва – чернозем обыкновенный, предшественник – зерновые, содержание N-NO₃ – 10,1 мг/кг, P₂O₅ – 130 мг/кг, K₂O – 170 мг/кг; продуктивной влаги весной в 1 м почвы – 150 мм.

7. Рассчитайте дозы удобрения для получения урожая корнеплодов моркови 220 ц/га. Зона – лесостепь, почва – чернозем выщелоченный, предшественник – капуста, содержание N-NO₃ – 10,8 мг/кг, P₂O₅ – 90,9 мг/кг, K₂O – 140,9 мг/кг; продуктивной влаги весной в 1 м почвы – 120 мм.

8. Рассчитайте дозы удобрения для получения урожая зеленой массы подсолнечника 180 ц/га. Зона – лесостепь, почва – чернозем выщелоченный, предшественник – зерновые, содержание N-NO₃ – 9,1 мг/кг, P₂O₅ – 140,1 мг/кг, K₂O – 160 мг/кг; продуктивной влаги весной в 1 м почвы – 145 мм.

9. Рассчитайте дозы удобрения для получения урожая озимой ржи 50 ц/га. Зона – лесостепь, почва – темно-серая лесная, предшественник – чистый пар, содержание N-NO₃ – 13,7 мг/кг, P₂O₅ – 130,2 мг/кг, K₂O – 162 мг/кг; продуктивной влаги весной в 1 м почвы – 210 мм.

10. Рассчитайте дозы удобрения для получения урожая зеленой массы горохо-овсяной смеси 140 ц/га. Зона – лесостепь, почва – тем-

но-серая лесная, предшественник – рапс, содержание N-NO₃ – 10,6 мг/кг, P₂O₅ – 150 мг/кг, K₂O – 159 мг/кг; продуктивной влаги весной в 1 м почвы – 160 мм.

11. Рассчитайте дозы удобрения для получения урожая гречихи 30 ц/га. Зона – подтайга, почва – темно-серая лесная, предшественник – озимая рожь, содержание N-NO₃ – 10,2 мг/кг, P₂O₅ – 138 мг/кг, K₂O – 164 мг/кг; продуктивной влаги весной в 1 м почвы – 160 мм.

12. Рассчитайте дозы удобрения для получения урожая ячменя 28 ц/га. Зона – подтайга, почва – серая лесная, предшественник – подсолнечник, содержание N-NO₃ – 8,2 мг/кг, P₂O₅ – 129 мг/кг, K₂O – 168 мг/кг; продуктивной влаги весной в 1 м почвы – 180 мм.

13. Рассчитайте дозы удобрения для получения яровой пшеницы 40 ц/га. Зона – лесостепь, почва – темно-серая лесная, предшественник – сидеральный пар, содержание N-NO₃ – 14,1 мг/кг, P₂O₅ – 138 мг/кг, K₂O – 110 мг/кг; продуктивной влаги весной в 1 м почвы – 200 мм.

14. Рассчитайте дозы удобрения для получения урожая огурца 200 ц/га. Зона – лесостепь, почва – темно-серая лесная, предшественник – редис, содержание N-NO₃ – 8,4 мг/кг, P₂O₅ – 110 мг/кг, K₂O – 138 мг/кг; продуктивной влаги весной в 1 м почвы – 150 мм.

7.2 Рациональное распределение удобрений в севообороте (основные теоретические положения)

Неодинаковая потребность видов и сортов возделываемых культур в элементах питания обусловлена различиями вещественного (белки, углеводы, витамины и т. д.) и элементного (углерод, кислород, водород, азот, фосфор, калий, кальций, магний, сера и др.) состава основной (товарной) и побочной продукции. На вещественный и элементный состав любой культуры существенно влияют природные и антропогенные факторы, изменяющие ее рост, развитие, урожайность, качество и соотношение основной и побочной продукции.

Каждая культура в индивидуальном развитии от семени до семени проходит характерную только для него динамику (цикл) потребления питательных элементов. Период вегетации всех культур, различающихся по требовательности к элементам питания, можно разделить на три этапа:

Первый этап – прорастание семян → всходы. Для большинства культур характерна относительно слабая потребность в элементах

питания. Однако именно в этот период культуры наиболее чувствительны к недостатку и избытку элементов питания, к повышенной концентрации солей и к неблагоприятной реакции почвенного раствора. Не обладая развитой корневой системой и значительными корневыми выделениями, культуры нуждаются в небольших (5–20 кг/га д. в.) количествах питательных элементов, но обязательно находящихся в легкоусвояемой водорастворимой форме. В качестве припосевного удобрения под все культуры наиболее эффективен гранулированный суперфосфат (10 кг/га д. в.). На бедных азотом почвах совместно с фосфором под ряд культур (бобовые, зернобобовые, овощные, пропашные) эффективен и азот, внесенный в виде комплексного удобрения. Следует помнить, что недостаток макроэлементов в этот период не может быть полностью компенсирован даже избыточным питанием в последующие периоды.

Второй этап – период интенсивного роста и развития вегетативной массы – характерен для всех культур с интенсивным потреблением азота, затем фосфора и калия. Для калиелюбивых культур (подсолнечник, свекла, картофель, кукуруза и др.) калий занимает второе место. В этот период удобрения могут быть уже в виде солей, растворимых в слабых кислотах, но располагаться должны в зоне активно поглощающих их и воду корней растений.

Третий этап – период плодоношения – для большинства культур характерен общим снижением потребления элементов и сменой минимумов: возрастает потребность в фосфоре и калии, а для калиелюбивых культур – прежде всего в калии и снижается в азоте. В этот период происходит перераспределение многих элементов: отток их из листьев к семенам, плодам, корне- и клубнеплодам. Потребляемые корнями элементы должны быть внесены ранее до посева (фосфор, калий, кальций), а иногда в виде дополнительных подкормок (азотные, а для калиелюбивых культур – часть калийных).

Сельскохозяйственные культуры значительно различаются по длительности каждого этапа и всего вегетационного периода. Наиболее короткий период потребления, заканчивающийся в конце второго этапа роста, у яровой пшеницы, ячменя, овса, конопли, льна и редиса. Под эти культуры фосфорные, калийные и частично азотные удобрения должны быть внесены до посева, часть фосфора – при посеве и часть азота – в подкормки в начале второго периода. В третий период под зерновые колосовые возможны некорневые подкормки азотом для повышения белковости зерна.

Многие культуры (картофель, свекла, кукуруза, озимые зерновые, капуста, огурец, лук, морковь) потребляют питательные элементы в течение всего периода вегетации, но максимум наблюдается во втором этапе. Для этих культур наряду с допосевным и припосевным внесением удобрений целесообразны и подкормки наиболее подвижными их формами (микроудобрения, азотные и калийные).

Длительность потребления питательных элементов зависит и от скороспелости сортов. Более требовательны к условиям питания ранние сорта культур, под которые применяют допосевное и припосевное внесение удобрений. Средне- и позднеспелые сорта потребляют больше питательных элементов за более продолжительный период, поэтому удобрения под них вносят до посева, при посеве и в 1-2 или более подкормок.

Особенности культур проявляются и в неодинаковой способности их потреблять питательные элементы из труднодоступных соединений. Люпины, гречиха, горчица способны усваивать фосфор из труднодоступных (трехзамещенных) фосфатов почв и удобрений и улучшить фосфорное питание следующих за ними культур севооборотов. Бобовые культуры в зависимости от вида и длительности возделывания в симбиозе с клубеньковыми бактериями на 50-97% удовлетворяют собственные потребности в азоте за счет огромных запасов его в атмосфере.

Почвенные факторы эффективности удобрений

Максимальные прибавки урожаев различных культур от удобрений наблюдаются на наиболее бедных (малоплодородных) почвах. При переходе к более плодородным и окультуренным почвам в качестве лимитирующих факторов продуктивности культур возрастает роль климатических условий. Поэтому эффективность удобрений, как правило, снижается. Такие явления наблюдаются при переходе от сильно- к средне- и слабоподзолистым разностям почв, от светло- к темно-серым лесным, от оподзоленных и выщелоченных к обыкновенным и южным черноземам, от светло- к темно-каштановым почвам.

На легких по гранулометрическому составу почвах наиболее эффективны азотные, калийные и многие микроудобрения, а на тяжелых – фосфорные. Причем если последние по минералогическому составу способны необменно фиксировать калий, то эффективны и калийные удобрения.

На эффективность удобрений сильное влияние оказывают *агрохимические свойства почв*, а именно содержание подвижных форм элементов питания. Азотные удобрения наиболее эффективны на дерново-подзолистых, серых лесных почвах, оподзоленных и выщелоченных черноземах и на всех типах орошаемых почв. Фосфорные удобрения – на южных и обыкновенных черноземах, каштановых и бурых почвах. Калийные удобрения наиболее действенны на торфяных почвах, с уменьшением эффективности на дерново-подзолистых, затем серых лесных, еще слабее на выщелоченных черноземах, а на каштановых почвах и южных черноземах она резко снижается.

Эффективность удобрений под культурами значительно возрастает при нейтрализации кислых и щелочных почв и достигает максимума при оптимальной реакции почвенной среды. Поэтому химическая мелиорация кислых (известкование) и щелочных (гипсование) почв должно быть первым обязательным этапом системы удобрения любых агроценозов на почвах с неблагоприятной реакцией среды.

Растения лучше поглощают азот из нитратных удобрений на кислых дерново-подзолистых, серых лесных почвах. Аммонийные формы азотных удобрений, наоборот, лучше используются растениями на нейтральных и карбонатных почвах. На дерново-подзолистых и других почвах с кислой реакцией эффективны труднорастворимые формы фосфорных удобрений (фосфоритная мука, фосфатшлак).

Определяя сроки и способы внесения минеральных удобрений, следует обращать внимание на то, что на дерново-подзолистых и серых лесных почвах, характеризующихся кислой реакцией среды, фосфорные водорастворимые удобрения лучше вносить весной для уменьшения связывания фосфатного иона почвенными частицами. В то же время труднорастворимые фосфорные удобрения (фосфоритная мука) на этих почвах лучше вносить осенью под основную обработку, чтобы повысить подвижность фосфора. На дерново-подзолистых почвах с промывным и периодически промывным водными режимами лучшим сроком внесения азотных удобрений является весенний. В то время как на черноземных и каштановых почвах основное удобрение, в том числе и азотное, целесообразно применять осенью.

Глубина заделки удобрений также определяется почвенно-климатическими условиями. Различная глубина заделки удобрений вызывает различную интенсивность процессов разложения удобрений. В верхних слоях почвы создаются лучшие условия для жизнедеятельности аэробных микроорганизмов и превращения питатель-

ных веществ в усвояемые для растений формы, чем при глубокой заделке удобрений. Однако при мелкой заделке минеральных удобрений растения плохо используют питательные вещества, так как верхний слой почвы летом пересыхает, и мельчайшие корни, и корневые волоски отмирают. Особенно нежелательна мелкая заделка удобрений в засушливых районах. На черноземах и каштановых почвах удобрения необходимо вносить глубже, а на дерново-подзолистых – на меньшую глубину.

Погодно-климатические условия. К погодно-климатическим условиям, определяющим эффективность сроков и способов, применяемых под культуры удобрений, относятся: сумма активных температур, сроки наступления весенних и осенних заморозков, количество и распределение в течение года осадков и влагообеспеченность почв основных регионов края. Солнечная энергия обуславливает фотосинтез, влагообеспеченность, питание, дыхание и другие процессы состояния роста, развития и продуктивности растений, а также динамику состояний сред обитания последних.

От температуры почвы зависят темпы трансформации в ней и потребления культурами питательных элементов. При температуре 8-10 °С в растениях уменьшаются поступление, передвижение и включение в обмен веществ азота и фосфора, а при температуре 5-6 °С и ниже потребление всех элементов резко снижается. С повышением температуры почвы с 10 до 25 °С потребление растениями питательных элементов и мобилизация подвижных форм их в почве возрастают.

Основные площади посевов находятся в районах с неустойчивой влагообеспеченностью. В связи с тем, что *эффективность удобрений определяется количеством осадков, выпадающих в течение года, положительное их влияние снижается с севера на юг.* Избыток влаги в почвах обуславливает внутripочвенный, а на склонах и поверхностный сток природных вод, и миграцию с ними питательных элементов. Максимальное выщелачивание из почв кальция, серы, магния, азота, углерода, натрия, калия происходит в весенние паводки и после уборки урожая осенью. В засушливые годы фосфорные и калийные удобрения могут обеспечивать более высокий прирост урожайности, чем во влажные. Это объясняется резким уменьшением подвижности почвенных соединений фосфора и калия в засушливые годы и значительно более высоким в связи с этим поглощением фосфора и калия из легкорастворимых удобрений.

Большое значение при использовании удобрений в различные по увлажнению годы имеет отношение отдельных культур к срокам увлажнения. Если для яровой пшеницы особенно велико значение весенних и раннелетних дождей, то кукуруза и просо хорошо используют осадки в середине и даже в конце лета. При возделывании картофеля недостаток осадков в июне-июле отрицательно сказывается на урожае. Для урожая озимых зерновых культур критическим в отношении влагообеспеченности является сентябрь.

Способы обработки почвы и обусловленные ими сроки, способы и глубина заделки удобрений, посадочного материала, видовой состав и чередование культур, количество и качество применяемых удобрений, способы защиты растений – все эти *агротехнические факторы* даже в идентичных почвенно-климатических условиях влияют на свойства и режимы почв, продуктивность культур и, следовательно, на эффективность удобрений.

Влияние севооборота на повышение усвояемости питательных веществ почвы и удобрений заключается в неодинаковом накоплении продуктивной влаги под различными предшественниками. Максимальные запасы продуктивной влаги накапливаются в чистом и занятом пару. Запасы влаги под озимой рожью и кукурузой на силос самые низкие.

При возделывании культур в севообороте создаются лучшие условия для накопления значительной массы питательных веществ в корневых и пожнивных остатках.

Культуры-предшественники оказывают неодинаковое влияние на эффективность удобрений. Растения, сильно снижающие содержание влаги в почве (многолетние травы, сахарная свекла), в условиях недостаточного увлажнения не обеспечивают высокой эффективности удобрений под последующие культуры. Культуры, следующие по чистому пару, развиваются в лучших условиях увлажнения и меньшей засоренности. Эффективность азотных удобрений по чистым парам на дерново-подзолистых и серых лесных почвах меньше, чем на черноземных. Пропашные культуры (свекла, картофель) повышают потребность в удобрениях следующих за ними культур, но и оставляют после себя значительное количество неиспользованных питательных веществ. Они подавляют развитие корневой гнили у зерновых культур.

Однолетние культуры сплошного сева (зерновые и зернобобовые), а также однолетние травы и некоторые технические и маслич-

ные культуры (лен) оставляют после себя засоренные поля с пониженной влажностью почвы и невысоким содержанием усвояемых питательных элементов.

Эффективность удобрений при возделывании культур по пласту и обороту пласта снижается в районах недостаточного увлажнения. В то же время травы могут повышать потребность последующих культур в фосфоре, калии, чему способствует улучшение азотного режима после них.

Рациональное распределение удобрений в севообороте с учетом потребности в удобрениях

При рациональном распределении разных видов удобрений в севообороте необходимо руководствоваться следующими основными принципами (Белоусова, Сорокина, 2015).

Азотные удобрения в первую очередь вносятся под многолетние и однолетние травы, силосные культуры, повторные посевы зерновых и на хорошо обеспеченных фосфором и калием почвах.

Фосфорные удобрения необходимо вносить под зерновые культуры, размещенные по хорошим азотным предшественникам (чистым и занятым парам, пласту и обороту пласта многолетних трав), при оптимальных дозах азотных удобрений под них, под покровные культуры для многолетних трав, а также под пропашные (картофель, кормовые корнеплоды).

Калийные удобрения необходимо вносить один или два раза за ротацию севооборота под калиелюбивые культуры (картофель, кормовые корнеплоды, кукурузу, подсолнечник), в паровые поля (при опасности полегания зерновых культур), а также под многолетние травы и озимые культуры для лучшей их перезимовки.

Согласно современным научным разработкам установлены следующие закономерности:

1. Растения нуждаются в азотных удобрениях при содержании в пахотном слое $N-NO_3$ ниже 16 мг/кг почвы перед уходом в зиму и весной перед посевом.

2. Внесение фосфорных удобрений необходимо при содержании в пахотном слое в мг P_2O_5 на 100 г почвы: менее 15-20 по Кирсанову на серых лесных и дерново-подзолистых почвах, менее 10-15 по Чирикову на черноземах и других нейтральных почвах, менее 3,0-4,5 по Мачигину на карбонатных почвах.

3. Необходимость в калийных удобрениях возникает при содержании в пахотном слое (мг/100 г почвы) K_2O : менее 15-20 по Кирсанову на серых лесных и дерново-подзолистых почвах, менее 9-11 по Чирикову на черноземах и других нейтральных почвах, менее 25-30 по Кирсанову на торфяных почвах, менее 30-40 по Мачигину на карбонатных почвах.

Эффективность удобрений обуславливается также уровнем влагообеспеченности поля, а именно запасом продуктивной влаги в корнеобитаемом слое почвы и количеством осадков в критический (по отношению к влаге) период развития культуры. Для зерновых культур критический период приходится от третьей декады мая до первой декады июля. В этот период осадки также важны для яровой пшеницы, которая размещается по пару. Отказ от применения удобрений будет обоснован, когда глубина промачивания почвы не превышает 0,5 м, а запас продуктивной влаги в этом слое ниже 60 мм. В засушливых условиях азот не действует, оказывая или угнетающее действие, либо остается в последствии. Хорошо действует фосфор и калий или один фосфор.

При пониженных температурах действует азот, причем аммиачные формы лучше, чем нитратные. Это связано с лучшим усвоением его растениями и быстрым включением в биосинтез белка и запасных веществ. Фосфор действует слабее, в основном ускоряя созревание, однако резко снижается доступность почвенных фосфатов и фосфатов удобрений из-за их «сьеживания» в холодных условиях. Увеличение доз фосфорных удобрений не дает эффекта. На калийные удобрения лучше всего отзывается картофель, кормовые корнеплоды. Они приводят к повышению урожайности и улучшению качества. Под пшеницу калийные удобрения применяют только для борьбы с полеганием по паровым предшественникам и пласту многолетних трав.

По уровню насыщенности земледелия удобрениями выделяют следующие этапы: *стартовый (начальный), компенсационный и радикальный.*

Стартовый этап является для условий Красноярского края обязательным. Удобрения применяют в небольших дозах при посеве зерновых культур в рядки и посадке пропашных культур в лунки. Необходимость применения стартовых доз относится к азотным и фосфорным удобрениям. Дозы удобрений составляют 10-30 кг/га д. в.

Компенсационный этап предполагает возмещение элементов питания, отчужденных с урожаем сельскохозяйственных культур.

Дозы применения удобрений обуславливаются экономическими и материально-техническими условиями хозяйства, как правило, это 60-70 кг/га д. в.

Радикальный этап предполагает расширенное воспроизводство почвенного плодородия. Дозы применения удобрений увеличиваются до 120 и более кг/га д. в.

Удобрения необходимо рационально распределить между культурами севооборота с учетом следующих факторов:

- 1) роль предшественника;
- 2) уровень обеспеченности почвы элементами питания;
- 3) биологические особенности сельскохозяйственных растений и сортов;
- 4) цель возделывания культуры (ее доходность);
- 5) последствие удобрений;
- 6) состав и свойства удобрений.

Содержание работы (практическое занятие)

1. Используя данные индивидуального задания, выданного ранее в форме таблицы 11, проведите расчеты и распределение удобрений в севообороте. Порядок выполнения задания приводится ниже.

2. Пользуясь информацией прил. 4-7, выберите рекомендуемые дозы и поправочные коэффициенты для каждой сельскохозяйственной культуры в соответствии с обеспеченностью элементами питания.

3. Рассчитайте дозы минеральных удобрений под каждую культуру севооборота по формуле

$$D = D_0 \cdot K,$$

где D – доза минерального удобрения, кг д. в./га;

D_0 – рекомендуемая доза, кг д. в./га;

K – поправочный коэффициент в зависимости от обеспеченности почвы питательными веществами.

4. Исходя из рассчитанной потребности удобрения распределяют в севообороте между культурами при их чередовании. Для правильного распределения удобрений в севообороте необходимо

изучить литературу по биологическим особенностям полевых культур в связи с применением удобрений (табл. 32).

Таблица 32 – Распределение минеральных удобрений в севообороте

Сево- оборот	Азот				Фосфор				Калий		
	Дозы питательных веществ по способам внесения, кг д. в./га										
	Всего	Основное	Предпосевное	Подкормка	Всего	Основное	Предпосевное	Припосевное (в рядки)	Всего	Основное	Предпосевное
1.											
2.											
3.											
n											

5. В таблице 32 необходимо оптимизировать дозы удобрений под культуры с учетом их биологических особенностей, выбрать вид удобрения, рассчитать дозы в физическом весе.

Для перевода количества действующих веществ в количество конкретных удобрений в физической массе используется формула

$$Дф.м. = Дд.в. / d,$$

где Дф.м. – доза удобрений, физическая масса, ц/га;

Дд.в. – доза удобрений в действующем веществе, кг/га;

d – содержание действующего вещества, %.

При использовании сложных удобрений расчет начинают с определения потребного количества, прежде всего, сложного удобрения по содержанию питательного вещества, которое находится в этом удобрении. Затем рассчитывают долю остальных сопутствующих питательных веществ. В случае недостающих доз дополнительно делают расчеты по содержанию питательных элементов в простых удобрениях.

Таблица 33 – Распределение минеральных удобрений в севообороте с учетом биологических особенностей сельскохозяйственных культур роли предшественника

Севооборот	Азот				Фосфор				Калий			Виды удобрений, формула, % д. в-ва	Внесено в туках (Т), ц/га				
	кг д. в./га												Азотные	Фосфорные	Калийные	Комплексные	
	Всего	основное	предпосевное	подкормка	Всего	основное	предпосевное	припосевное	Всего	основное	предпосевное						
1.																	
2.																	
3.																	
n																	

6. Определите виды и формы удобрений с учетом их взаимодействия с почвой и установите приемы внесения.

7. Сформулируйте агрохимическое обоснование принятой вами системы удобрения в севообороте. Объясните выбранный прием внесения удобрений под каждую из культур, укажите, какие сельскохозяйственные машины и орудия используются для внесения удобрений, приведите схему взаимодействия удобрений с почвенно-поглощающим комплексом почвы. Защитите работу у преподавателя.

Задачи и упражнения

1. Определите биологический и хозяйственный вынос азота, фосфора и калия с урожаем кормовой свеклы 500 ц/га, с урожаем пшеницы 30 ц/га.

2. Какие удобрения будете вносить под зерновые культуры по пару, по пропашным, по люцерне, если в хозяйстве имеются аммофос, двойной суперфосфат, нитроаммофос, сульфат калия?

3. Распределите рационально удобрения (навоз 50 т + N₉₀P₁₈₀K₉₀) в следующем севообороте: пар – пшеница – картофель – овес.

4. Какое (в %) содержание азота, фосфора и калия в сене люцерны, если вынос с урожаем 70 ц составил соответственно 220, 40 и 160 кг/га?

5. Распределите рационально удобрения ($N_{90}P_{140}K_{90}$) в севообороте: пар – пшеница – ячмень – донник – пшеница.

6. Рассчитайте емкость склада, если известно, что в хозяйство в течение года поступает 500 т аммонийной селитры, 300 т двойного суперфосфата и 600 т хлористого калия.

7. Распределите удобрения в следующих звеньях севооборотов:

а) $N_{90}P_{120}K_{90}$ пар – пшеница – картофель – овес;

б) $N_{60}P_{90}K_{90}$ донник – пшеница – овес + горох – пшеница;

в) $N_{40}P_{90}K_{90}$ клевер – клевер – лен – пшеница.

8. Какие из предложенных удобрений будете вносить под вторую зерновую культуру, картофель, люцерну на семена, если в хозяйстве имеются диаммофоска, двойной суперфосфат, аммиачная селитра, сульфат калия, хлористый калий?

9. В хозяйстве имеется аммофос, двойной суперфосфат, аммонийная селитра, мочевины, хлористый калий. Какие удобрения внесете под пшеницу по пару, картофель по пару, кукурузу и ячмень после зернового предшественника?

10. Распределите минеральные и органические удобрения (навоз 40 т + $N_{90}P_{160}K_{90}$) в севообороте: кукуруза – пшеница – овес + горох – пшеница.

Вопросы к коллоквиуму

1. Дайте определение системы удобрения, назовите основные задачи и функции системы удобрения.

2. Назовите три типа системы удобрения.

3. Что понимается под системой применения удобрений в хозяйстве?

4. Назовите основные звенья системы удобрения севооборота.

5. Какие организационно-хозяйственные мероприятия учитываются при составлении системы удобрения хозяйства?

6. Чем отличается система удобрения севооборота и отдельной культуры?

7. Перечислите и охарактеризуйте основные этапы разработки системы удобрения севооборота.

8. Назовите основные принципы рационального распределения удобрений в севообороте.

9. Что такое насыщенность удобрениями в хозяйстве, севообороте?

10. Что такое годовые планы применения удобрений?
11. Дайте определение агрономической, экономической, энергетической эффективности применения удобрений.
12. Из чего складывается баланс питательных веществ в севообороте?
13. Какие способы внесения удобрений вы знаете? Какие задачи преследует тот или иной способ внесения удобрений?
14. Как влияют почвенно-климатические условия на выбор форм удобрений и сроки их внесения?
15. Почему припосевное (рядковое) внесение удобрений дает высокий эффект?
16. Назовите методы расчета доз удобрений. Их достоинства и недостатки.
17. Чем отличается понятие дозы от нормы удобрения?
18. Влияние влагообеспеченности сельскохозяйственных культур на эффективность удобрений. Значение критического периода по отношению растений к влаге.
19. Избыток или дефицит каких элементов питания в почвах вызывает поражение клубней картофеля паршой?
20. При каком содержании клейковины зерно яровой пшеницы относится к ценной и сильной?
21. Как можно использовать клубни картофеля, содержащие 300 мг нитратов на 1 кг сырой массы?
22. При нарушении каких агрохимических мероприятий на выщелоченном черноземе происходит полегание посевов яровой пшеницы?
23. Какие элементы питания были в избытке и недостатке при возделывании турнепса на лугово-черноземной почве, если корнеплоды при уборке имели дуплистость?
24. Какие условия способствуют поражению льна бактериозом?
25. Назовите соотношение N:P:K под картофель.
26. Какие удобрения необходимо вносить на выщелоченном черноземе при выращивании семенников трав?
27. Изменяется ли соотношение между N:P:K удобрений в зависимости от ботанического состава лугов и пастбищ?
28. В каком соотношении и какие удобрения будут применяться для получения экологически чистой: а) зеленой массы кормовых бобовых трав; б) корнеплодов; в) капусты?
29. Перечислите технологии применения удобрений.

30. Значение и содержание сертификата на растениеводческую продукцию.

31. Что входит в понятие комплексной диагностики питания растений?

32. Чем отличается тканевая диагностика от листовой? Значение растительной диагностики.

33. Оценка действия удобрений по кормовым, кормопротеиновым единицам и сахаропротеиновому соотношению.

34. Назовите наиболее экологичную систему удобрения.

7.3 Приемы внесения удобрений (основные теоретические положения)

Существенное влияние на выбор технологии и приемов внесения удобрений оказывают:

1) свойства самих удобрений, их физическое состояние, концентрация в них питательных элементов;

2) степень подвижности питательных веществ в удобрениях, их растворимость;

3) особенности взаимодействия удобрений с почвенно-поглощающим комплексом;

4) наличие в удобрениях балластных веществ и отношения к ним сельскохозяйственных культур (Cl, SO₄, Na и т. д.).

Приемы внесения – сочетание сроков и способов внесения органических, минеральных и бактериальных удобрений, тесно связанных с агротехникой возделывания отдельных культур. Выбранный прием внесения удобрений определяет срок, глубину и пространственное размещение питательных веществ в почве.

Сроки внесения минеральных удобрений

Учитывая периодичность питания растений (критический период и период максимального потребления элементов питания), *выделяют три срока внесения удобрений*. В зависимости от времени внесения удобрений и назначения различают следующие сроки:

1) основное удобрение (до посева): осеннее и весеннее;

2) припосевное (во время посева);

3) подкормка (послепосевное внесение удобрений в период роста растений).

Основное удобрение предназначено:

- обеспечивать растение элементами питания на весь период его развития;
- повышать плодородие почвы;
- улучшать физические и физико-химические свойства почвы;
- стимулировать биологическую активность.

Поэтому для подавляющего большинства культур в условиях достаточного увлажнения и орошаемого земледелия оно составляет 60-90%, а недостаточного увлажнения – 90-100% общей дозы. В районах с гумидным климатом основное внесение фосфорно-калийных удобрений осуществляют обычно осенью под вспашку, а азотных – весной под предпосевную культивацию. В зонах достаточного увлажнения при промывном типе водного режима почв азотные удобрения с осени вносить нецелесообразно из-за высокой их растворимости и возможного вымывания. В условиях недостаточного увлажнения из-за пересыхания верхней части пахотного слоя почвы имеет преимущество глубокая заделка удобрения до посева под зяблевую вспашку.

Припосевное удобрение вносят одновременно с посевом или посадкой полевых и овощных культур непосредственно в рядки.

Припосевное рядковое удобрение предназначено для удовлетворения потребностей культур в питательных элементах в период прорастания семян до появления полных всходов, поэтому редко превышает 2-10% общей дозы и представлено водорастворимыми формами. В период от прорастания семян до образования корневой системы всходы слабо усваивают питательные вещества почвы и основного удобрения. Припосевное удобрение позволяет растениям за короткий срок сформировать хорошо развитую корневую систему, улучшает питание растений в течение всего вегетационного периода. Виды и формы припосевного удобрения predeterminedены его назначением. В первые две недели после прорастания семян у растений наступает критический период к недостатку фосфора. Поэтому решающее значение в составе рядкового удобрения имеет фосфорное. В то же время проростки семян очень чувствительны к высокой концентрации почвенного раствора. В связи с этим непосредственно в рядки вносят в зависимости от культуры небольшие дозы удобрений (5-20 кг/га д. в.).

Послепосевное удобрение (подкормку) проводят при недостаточном внесении основного удобрения, для улучшения качества продукции, удовлетворения потребностей культур, чаще всего в азоте, реже

в калии, в период максимального поглощения их в течение вегетации. На долю этого приема может приходиться 20-30% общей дозы. В большинстве случаев фосфорно-калийные подкормки вследствие мелкой заделки удобрений неэффективны и ими нельзя заменить основное удобрение. Они целесообразны только на слабо обеспеченных этими элементами почвах при отсутствии или недостаточном внесении основного удобрения, когда симптомы голодания растений обнаруживаются по внешним признакам. Под овощные, кормовые и пропашные культуры на легких почвах наряду с азотными возможны подкормки калийными, а под двумя последними группами культур и жидкими органическими удобрениями.

Подкормки азотными удобрениями обязательны, как правило, для озимых зерновых и многолетних злаковых трав. Вышедшие после перезимовки растения ослаблены, микробиологическая деятельность в почве в этот период заторможена, растения испытывают недостаток азота. При этом внесение мочевины разбросным способом исключается из-за больших газообразных потерь азота при ее разложении. Для повышения эффективности ранневесенних подкормок и уменьшения потерь азота их не следует проводить до полного схода снега и сброса снеговой воды. Вносить азот под озимые культуры следует весной, когда растения тронутся в рост, при этом наиболее эффективна прикорневая подкормка. Прикорневую подкормку озимых культур проводят при помощи зерновых сеялок с дисковыми сошниками поперек рядков растений после схода снега и подсыхания почвы, чтобы не повредить посеvy.

На посевах кукурузы азотную подкормку дают во время первой междурядной обработки, картофеля – через 10-15 дней после всходов.

7.4 Способы внесения удобрений

Действие удобрений на урожайность культур определяется не только количеством и качеством минеральных удобрений (химический состав, физическое состояние), но также от *способа* его внесения в почву.

Способ внесения (заделки) удобрения – это установленная схема размещения питательных элементов удобрения в пахотном слое почвы с помощью посадочных машин, существующих конструкций комбинированных сеялок. Учитывая *характер распределения удобрений по площади*, различают два способа внесения удобрений:

- 1) сплошное (разбросное);
- 2) местное (локальное, рядковое, ленточно-локальное, очаговое, послонное).

Выбор способа внесения удобрений зависит от того, какую задачу ставим мы перед собой – повысить плодородие почвы или удобрить конкретную культуру данного года. Если мы хотим воздействовать на почву, изменить ее во всей массе как среду для питания культурных растений, то должны стремиться к тому, чтобы все частички удобрений были равномерно расположены в почве. Если же вносимое удобрение должно явиться непосредственным источником пищи для растений, то его необходимо распределить в почве таким образом, чтобы оно было легкодоступно активной части корневой системы и в то же время предохранялось от соприкосновения с поверхностью почвенных частиц, так как это может привести к понижению доступности их растению.

При сплошном внесении соответствующая доза удобрения разбрасывается равномерно по всей площади, а затем бороной, культиватором, плугом заделывается в почву и перемешивается с ней. Такой способ расположения удобрений является правильным при применении органических удобрений и при внесении извести, когда вопрос стоит не только о непосредственном питании растений, но и об улучшении физико-химических и биологических свойств почв как культурной среды для роста и развития растений. Разбросным способом вносятся также слаборастворимые формы удобрений – фосфоритная мука, преципитат, фосфатшлак. При заделке удобрений под вспашку основное их количество размещается на глубине 9-20 см, в результате чего оно мало доступно растениям в начале вегетации (рис. 7).

При заделке культиваторами и дисковыми боронами 50-90% удобрений находится в поверхностном 3-сантиметровом слое почвы, который быстро пересыхает, и питательные вещества удобрений плохо используются растением. Преимущества разбросного внесения удобрений – высокая производительность. Однако недостатков больше. Прежде всего – неравномерность распределения по площади, при которой:

- наблюдается растянутость прохождения фаз развития растений;
- биологическая и хозяйственная зрелость растений наступает не одновременно, сопровождается потерями урожая. Невыравнен-

ность по размеру и массе продукции усложняет ее переработку, снижается качество конечной продукции;

- отмечается полосная засоренность и полегание хлебов;
- основная часть удобрений находится в слое 0-4 см, который часто пересыхает, а при заделке под вспашку удобрения смешиваются с большим объемом почвы, что способствует переходу их в труднодоступное состояние;
- при неглубокой заделке происходит выдувание, смыв талыми водами или атмосферными осадками частиц удобрений, что приводит к загрязнению открытых водоемов, грунтовых вод.

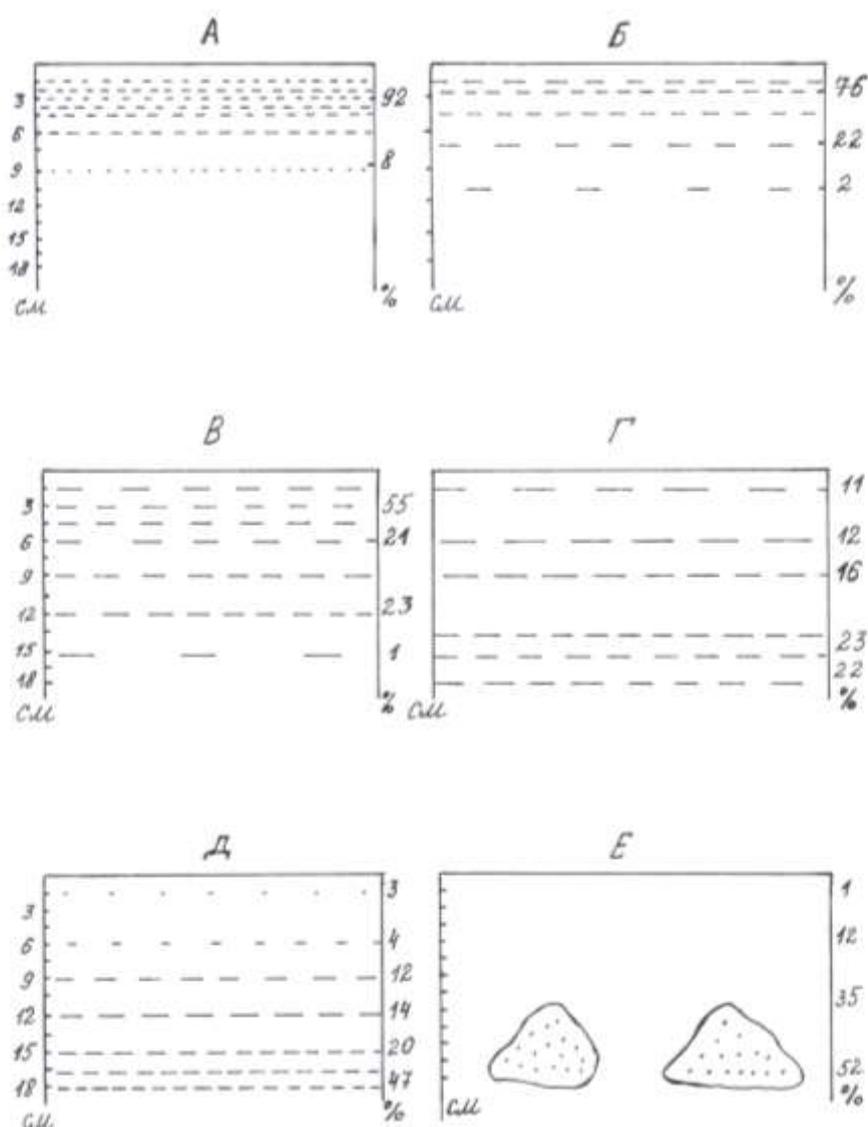


Рисунок 7 – Размещение основного удобрения при разных способах его заделки:
 А – легкой бороной; Б – тяжелой бороной; В – культиватором; Г – плугом;
 Д – плугом с предплужником; Е – культиватором-растениепитателем

Под локальным внесением удобрений имеется в виду размещение их небольшой дозы (10-15 кг д. в. на гектар) в непосредственной близости от семян, клубней или сплошными лентами под рядами растений (или сбоку), или гнездами под каждым растением – рядковое внесение (рис. 8).

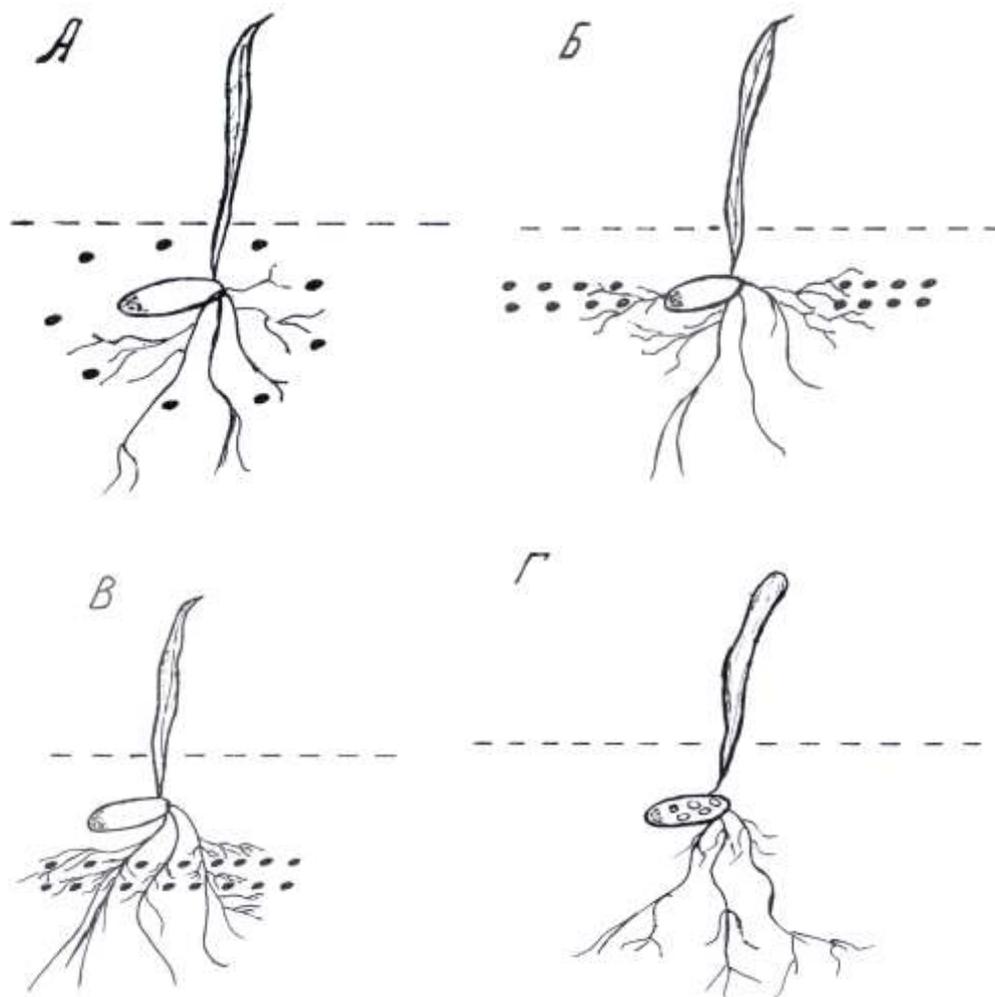


Рисунок 8 – Способы рядкового внесения удобрений:

А – удобрения контактируют с семенами; Б – удобрения изолированы от семян; В – размещение удобрений на 2-4 см ниже семени и сбоку от него; Г – инкрустация семян микроэлементами

Тем самым семена от удобрений отделяются прослойкой почвы. Такой способ внесения удобен тем, что молодые проростки растений, весьма чувствительные к повышенной концентрации солей в почвенном растворе, защищены прослойкой почвы, которая предохраняет их от непосредственного соприкосновения с образовавшейся повышенной концентрацией.

Припосевное ленточное удобрение позволяет размещать ленты удобрений на оптимальных и строго выдержанных расстояниях от

рядков семян, снижает неравномерность их распределения. Ленты удобрений располагают ниже и сбоку от рядков семян.

Удобрения с семенами не контактируют, они разделены прослойкой почвы. Глубину внесения припосевного ленточного удобрения устанавливают с учетом почвенно-климатических условий. В зоне недостаточного увлажнения на суглинистых почвах ленты удобрений располагают на глубине около 3 см ниже уровня размещения семян, на песчаных и супесчаных почвах подтайги и в лесостепи удобрения вносят на 3-5 см, а в засушливой степной зоне на 5-7 см глубже семян. Смещение ленты удобрения в сторону от рядка семян должно составлять 2-4 см, при узкорядном посеве зерновых (с междурядьями 6-8 см) ленты удобрений размещают посередине междурядья.

При внесении удобрения под пропашные культуры ленты должны смещаться в сторону от рядка на 2-10 см, глубина посева их на 2-7 см ниже семян. При больших дозах удобрения его размещают в две ленты, по обе стороны от рядка семян.

Преимущество местного внесения по сравнению со сплошным состоит в том, что:

- снижается связывание подвижного фосфора почвой в результате сокращения поверхности соприкосновения гранул с почвой;

- располагаясь на определенном оптимальном расстоянии относительно корней, оно лучше используется ими и оказывается значительно эффективнее;

- локализация микроудобрения путем предпосевной обработки семян растворами борной кислоты, молибденовокислого аммония, медного купороса кроме физиологического значения позволяет упростить, удешевить их применение.

Классификация приемов локального внесения удобрений

Известны разнообразные модификации локального внесения удобрений. Они различаются *назначением* вносимого удобрения (основное, стартовое и подкормка), *сроком его применения* (до посева, одновременно с ним или после посева) и параметрами его размещения в почве, т. е. *формой и взаимным расположением очагов удобрений* (экраном – сплошным слоем, непрерывными или пунктирными лентами, разрозненными гнездами).

Локальное внесение основного удобрения обычно проводят до посева или одновременно с ним. Основное удобрение, вносимое одновременно с посевом зерновых культур, высевают в общий рядок с семенами или размещают в почве лентой сбоку и ниже рядка семян. Первый способ требует ограничения дозы удобрения, так как размещение большого количества растворимых солей в контакте с семенами может снизить их всхожесть, особенно при недостаточной влажности почвы. Второй способ более универсален и эффективнее первого, так как он исключает отрицательное действие высокой солевой концентрации на семена и проростки, обеспечивает благоприятные условия для роста корней в ленте удобрений.

Для внесения основного удобрения в общий рядок с семенами используют зернотуковые сеялки СЗ-3,6, СЗУ-3,6, СЗП-3,6. При рядовом посеве семян с междурядьями 15 см доза калия в удобрении не должна превышать 30 кг, азота в аммонийной и нитратной форме – 25-30 кг, а в форме мочевины – 15-20 кг, фосфора – 40-60 кг на 1 га. При узкорядном и перекрестном севе допускается увеличение указанных доз в 1,5-2 раза, если обеспечивается равномерное распределение удобрений между всеми рядками семян. Вместо тукосмесей целесообразно использовать гранулированные комплексные удобрения (нитрофос, нитрофоску, нитроаммофоску), которые более качественно высеваются туковыми аппаратами сеялки. Оптимальные условия для появления всходов, минерального питания и развития зерновых культур обеспечиваются размещением лент основного удобрения на 2-4 см в сторону от рядка семян на глубину, устанавливаемую с учетом почвенно-климатических условий.

В отдельных случаях возможно проводить внесение удобрения сразу после посева или при появлении всходов, обозначении рядков растений. Наиболее эффективно припосевное внесение удобрений.

Припосевное ленточное внесение основного удобрения позволяет расположить все рядки семян на оптимальных расстояниях от лент удобрения и тем самым уменьшить неравномерность в минеральном питании и развитии отдельных растений.

Стартовое (рядковое) удобрение вносят в рядки семян или близко к ним одновременно с посевом. Назначение стартового удобрения – усилить минеральное питание растений в период от прорас-

тания семян до образования корневой системы, способной усваивать питательные вещества из почвы и основного удобрения. Стартовое удобрение соответственно его назначению применяют небольшими дозами (до 20 кг N, P₂O₅, K₂O на 1 га) и размещают в почве в непосредственном контакте с семенами или на расстоянии не более 2-3 см от них. Используемые для этого удобрения должны быть хорошо растворимыми в воде и легкоусвояемыми для растений. Потребность молодых растений в фосфоре преобладает над потребностью в азоте. Поэтому в составе стартового удобрения решающее значение имеет фосфор. Азот и калий включают в стартовое удобрение только в тех случаях, когда почвенные запасы этих элементов недостаточны, а основное удобрение не применялось или внесено разбросным способом с заделкой на большую глубину и позиционно недоступно слаборазвитым корням молодых растений. Стартовое удобрение, содержащее азотные и калийные соли или повышенные дозы фосфатов, необходимо отделять от семян небольшой (2-3 см) почвенной прослойкой. Это обеспечивается комбинированными сошниками кукурузных, свекловичных сеялок.

Подкормку проводят в период вегетации растений. При этом удобрения вносят вразброс (поверхностная подкормка) или локально (прикорневая подкормка). Подкормка вегетирующих растений *прикорневым способом* широко применяется на всех пропашных и озимых зерновых культурах. Прикорневую подкормку озимых зерновых культур проводят весной после схода снежного покрова и при подсыхании почвы до состояния, допускающего работу тракторных агрегатов без существенного повреждения посевов и поверхности почвы (рис. 9).

Прикорневая подкормка озимых культур может выполняться зернотуковыми сеялками всех марок, оснащенными дисковыми сошниками. Лучшую заделку удобрений обеспечивают однодисковые сошники сеялки СЗО-3,6. *Экраным способом* (сплошным слоем) вносят основное фосфорное удобрение под зерновые культуры при плоскорезной обработке почвы в засушливой степной зоне. При этом плоскорезную (безотвальную) обработку почвы следует производить одновременно с внесением удобрений на глубину 12-16 см.

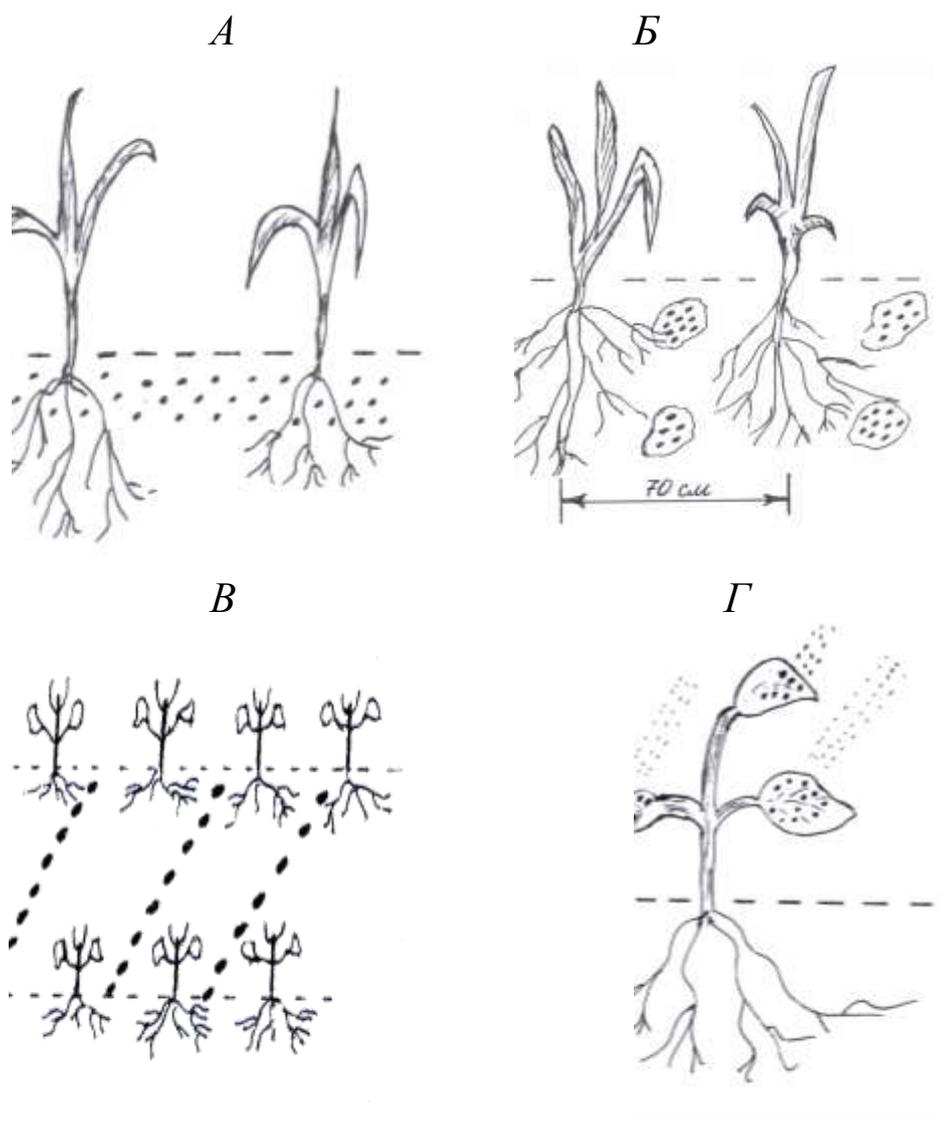


Рисунок 9 – Способы внесения подкормок:

*А – рассев по поверхности; Б – локально, при междурядной обработке;
 В – прикорневым способом поперек рядков; Д – некорневые опрыскивания*

7.5 Технология внесения удобрений

Транспортировка и внесение удобрений Агротехнические требования

При внесении твердых минеральных удобрений особое внимание уделяют правильной организации и полной механизации работ.

Вносить удобрения необходимо в агротехнические сроки, соблюдать установленные дозы высева, равномерно распределять удобрения в почве или на поверхности поля. Неравномерность распределения при поверхностном внесении удобрений по всей площади поля не должна превышать 25% для кузовных машин и 15% – для туковых сеялок.

Не допускаются разрывы между смежными проходами машин и необработанные участки поля.

Перекрытие в стыковых проходах должно составлять 5% от ширины захвата агрегата.

Поворотные полосы засевают удобрениями с той же дозой высева, что и основное поле.

Влажность вносимых минеральных удобрений должна обеспечивать нормальную работу дозирующих устройств. Максимальное отклонение влажности от стандартной – не более 2%.

Выбор технологических схем

В зависимости от наличия машин, расстояния доставки удобрений в поле, дозы внесения и других факторов используют следующие технологические схемы работы агрегатов: прямоточную, перегрузочную и перевалочную (табл. 34).

Прямоточная технология предусматривает внесение удобрений по схеме склад – машина для внесения – поле. Приготовленные на складе к внесению удобрения загружают погрузчиком в кузов разбрасывателя, который доставляет их в поле и распределяет по поверхности удобряемого участка. Туки транспортируют и разбрасывают одним и тем же агрегатом. Это снижает потери удобрений и простой агрегата по организационным причинам, кроме того, отпадает необходимость в дополнительных погрузочных и транспортных средствах.

По перегрузочной схеме склад – транспортировщик – погрузчик – машина для внесения – поле удобрения, подготовленные к внесению на складе, загружают погрузчиком в транспортно-перегрузочные средства, доставляют их в поле и затем перегружают в кузов машины для внесения. Машина при этом работает только на внесении, благодаря чему резко повышается производительность агрегата. Для доставки удобрений в поле и перегрузки их в кузовные разбрасыватели применяют специальные автопогрузчики, а также автомобили-самосвалы с предварительным подъемом кузова. Вносить удобрения по перегрузочной технологии можно с использованием обычных автосамосвалов при наличии в поле передвижной эстакады.

Таблица 34 – Основные операции и комплексы машин, применяемые при различных технологических схемах внесения минеральных удобрений

Схема внесения удобрений	Операция	Машины и оборудование
Прямоточная	Загрузка на складах	Погрузчики ПФ-0,75, ПФП-1,2, ПЭ-0,85 Машины 1 РМГ-4, НРУ-0,5, РУМ-8, КСА-3
	Транспортировка и внесение	
Перегрузочная	Загрузка на складах	Погрузчики ПФ-0,75, ПЭ-0,85, ПФП-1,2 Транспортные перегрузочные средства САЗ-3502, ЗАУ-3 (УЗСА-40) Машины РУМ-8, 1 РМГ-4, РТТ-4,2, НРУ-0,5 Погрузчик ПФ-0,75, ПФП-1,2, ПЭ-0,85 Автомобили-самосвалы и тракторные самосвальные прицепы общего назначения
	Транспортировка и перегрузка в машины для внесения	
	Внесение	
Перевалочная	Загрузка на складах	Погрузчики ПФ-0,75, ПЭ-0,85, ПФП-1,2, ЗАУ-3 (УЗСА-40) Машины РУМ-8, 1 РМГ-4, РТТ-4,2, НРУ-0,5
	Транспортировка и выгрузка удобрений в кучи	
	Загрузка машин для внесения	
	Внесение	

Перевалочная технология предусматривает внесение удобрений по схеме склад – автосамосвал – перегрузочная площадка – машина для внесения – поле. Минеральные удобрения загружают на складе погрузчиками в автомобили-самосвалы или тракторные прицепы самосвальные, которые доставляют туки в поле и разгружают их на краю удобряемого участка на специально подготовленную площадку. Из куч удобрения погружают тракторным погрузчиком в машины для внесения, которые работают только на этом процессе. Перевалочная технология позволяет провести часть работ по доставке

удобрений в поле до агротехнических сроков их внесения, но требует дополнительных транспортных и погрузочных средств.

Таблица 35 – Предельные радиусы перевозки минеральных удобрений кузовными машинами при внесении их по прямоточной технологии

Доза внесения удобрений, т/га	1 РМГ-4	РУМ-8	КСА-3
0,1	28,0	45,0	61,1
0,2	14,0	22,0	44,7
0,3	10,0	14,0	30,4
0,4	7,6	11,0	25,1
0,5	6,5	8,0	19,3
0,6	5,5	6,1	18,8
0,7	5,0	6,0	17,0
0,8	4,9	5,0	16,2
0,9	4,5	4,9	14,3
1,0	4,0	4,0	13,7

Прямоточная и перегрузочная технологические схемы работ машин наиболее экономически выгодные и обеспечивают полную механизацию работ.

Прямоточная схема может быть рекомендована при работе кузовных машин для внесения, если места хранения удобрений расположены в пределах эффективного радиуса их использования (табл. 35). При больших радиусах применяют перегрузочную и перевалочную схемы. Перевалочную технологическую схему применяют при отсутствии специальных перегрузочных средств типа САЗ-3502, эстакад, УЗСА-40.

Внесение удобрений. Подготовка поля

1. Поле освобождают от препятствий, мешающих нормальной работе агрегатов. Неустраняемые и малозаметные препятствия (глубокие ямы, канавы, овраги) ограждают или отмечают предупредительными знаками и об этом заранее сообщают трактористу.

2. Перед началом работ выбирают целесообразную схему работы машин и устанавливают наиболее выгодное направление рабочих ходов агрегатов, учитывая состояние поверхности почвы. Движение

агрегата должно совпадать с направлением предшествующей вспашки или движением уборочных машин.

3. При выбранном направлении движения агрегата на поле отмечают поворотные полосы и провешивают линию первого прохода. Ширину поворотной полосы выбирают в зависимости от состава агрегата и способа движения. В тех случаях, когда повороты агрегата можно делать за пределами поля, поворотные полосы не отбивают.

4. При выборе длины гона учитывают, что машины для внесения минеральных удобрений относятся к группе машин с ограниченным запасом рабочего хода, так как их емкости требуют периодической загрузки. Наилучшие условия для работы агрегатов создаются, когда запас рабочего хода (длина пути, проходимого агрегатом в рабочем положении между двумя очередными загрузками) достаточен на движение агрегата до конца гона и обратно. Запас рабочего хода агрегата зависит от дозы внесения удобрений рабочей ширины разбрасывания.

5. Для каждого из указанных случаев в зависимости от технологической схемы работы машин существуют свои наиболее целесообразные варианты разбивки поля.

6. При подготовке поля для работы по прямоточной технологии руководствуются общими требованиями. Кроме того, при разметке поля, у которого длина гона примерно равна запасу рабочего хода, учитывают состояние подъездных путей и расположение поля относительно места заправки. Если место заправки находится в направлении движения агрегата, то поле разбивают на два участка и обрабатывают сначала один участок, а затем – другой. При этом длина участка должна составлять половину запаса рабочего хода. Если место заправки расположено в направлении, перпендикулярном движению агрегатов, и имеются подъездные пути к обоим концам поля, то его на участки не разбивают, а агрегат заезжает на поле с одного из его концов, движется до противоположного конца поля, затем подъезжает к месту заправки, и процесс повторяется. В этом случае длина обрабатываемого участка должна быть равной запасу рабочего хода агрегата.

7. При работе разбрасывателей по перегрузочной схеме с использованием перегрузчиков типа САЗ-3502 подготовка поля и выбор способов движения агрегатов зависят не только от соотношения длины гона и пути разбрасывания, но и от способности перегрузчиков передвигаться по полю. Если перегрузчики могут свободно прохо-

дять по полю, его размечают, руководствуясь общими требованиями к разметке полей, а агрегаты заправляют в различных местах.

Если движение перегрузчиков по полю затруднено, то агрегаты заправляют на границах поля, а само поле размечают в соответствии с требованиями по подготовке полей для прямоточного способа работы исходя из соотношения длины гона к запасу рабочего хода агрегата.

8. При работе машин по перевалочной технологической схеме руководствуются общими требованиями к разметке полей, учитывая соотношение длины гона к запасу рабочего хода и место расположения заправки, как и по прямоточной схеме.

Работа агрегатов на загоне

1. Перед началом работы агрегат переводят из транспортного положения в рабочее. При необходимости опускают ветрозащитное устройство до горизонтального положения и располагают агрегат на поворотной полосе по линии первого прохода, обозначенной вешками. Включают разбрасывающие рабочие органы.

2. Выбор способа движения агрегатов зависит от размера поля и эксплуатационных данных машин, входящих в состав агрегата. Основной способ движения односеялочных агрегатов, кузовных и навесных центробежных машин – челночный. Вследствие большой рабочей ширины захвата центробежных машин трактористу трудно выполнить следующий проход агрегата, обеспечив при этом нужное перекрытие. Зная рабочую ширину захвата машины при внесении данного вида удобрений, тракторист ведет агрегат в стороне от следа колес предшествующего прохода на расстоянии, равном половине ширины захвата.

3. На полях с малой длиной гона, а также при работе широкозахватных агрегатов (трех-, четырех- и пятисеялочных) целесообразен загонный способ движения как наиболее выгодный. В этом случае сокращается ширина поворотной полосы по сравнению с челночным способом примерно на 30-40%.

4. В процессе работы агрегат необходимо вести прямолинейно с перекрытием предыдущего прохода и сохранением постоянного интервала между смежными проходами. Скорость движения агрегата при внесении удобрений машиной РУМ-8 должна быть постоянной и соответствовать той, при которой проводилась регулировка на дозу внесения.

5. При работе с машинами 1 РМГ-4 и КСА-3 допускается маневрирование скоростями.

Контроль и оценка качества

Контроль и оценка качества работ по внесению минеральных удобрений проводят при настройке агрегатов периодически в процессе выполнения работы, а также при приемке-сдаче после окончания работ. Оценка качества внесения удобрений приведена в таблице 36.

Таблица 36 – Оценка качества внесения удобрений

Показатель	Способ замера	Градации нормативов	Балл
Отклонение от дозы внесения, %	Включают подающий механизм для заполнения высевной щели. После этого подстилают или подвешивают брезент и в течение 1 минуты машину прокручивают. Высеянные удобрения взвешивают. Операцию повторяют не менее трех раз.	До ±5 До 10 Более 10	3 2 0
Неравномерность высева удобрений, %	Противни расставляют на ширину рабочего захвата агрегата. Удобрения, собранные с каждого противня, взвешивают, и результаты заносят в ведомость. Операцию повторяют не менее трех раз.	До 10 До 25 Более 25	3 2 1
Перекрытие стыковых проходов, % от ширины захвата	Не менее трех раз вешкой отмечают ширину первого прохода, замером определяют ширину второго прохода	До 3 До 5 Более 5	3 2 0

Комиссия проверяет объем и качество выполненных работ и составляет акт.

Тестовые задания

1. Напишите примерную систему удобрения для следующих севооборотов:

- а) пар люцерна овес + горох;
- б) озимая рожь люцерна пшеница;
- в) горох люцерна кормовые корнеплоды;
- г) овес пшеница пшеница.

2. Удобрения располагаются в почве широкой лентой при заделке орудием:

- а) СЗС-2,1;
- б) СЗП-3,6;
- в) КРН-4,2;
- г) ГУН-8.

3. Удобрения, которые лучше вносить в качестве припосевного удобрения:

- а) мочевины;
- б) хлористый калий;
- в) аммиачная селитра;
- г) суперфосфат.

4. Укажите лучший срок подкормки белокачанной капусты калийными удобрениями:

- а) всходы;
- б) образование розетки листьев;
- в) интенсивный рост кочана;
- г) при высадке рассады.

5. Цель, с которой применяют поздние некорневые подкормки раствором мочевины:

- а) для повышения сахаристости свеклы;
- б) для повышения белковости зерна пшеницы;
- в) для повышения урожаев овощных и бахчевых культур.

6. Укажите лучший срок и способ внесения азотных туков при удобрении сенокосов:

- а) рано весной вразброс по поверхности почвы;
- б) перед первым укосом вразброс;
- в) перед вторым укосом локально;
- г) осенью, после второго укоса локально;
- д) осенью, после второго укоса вразброс.

7. Период, в течение которого происходит поглощение азота кукурузой:

- а) до созревания;
- б) до выметывания метелки;
- в) от всходов до кущения;
- г) во второй половине вегетации.

8. Период вегетации, в который картофель наиболее требователен к азоту:

- а) до цветения;
- б) после цветения;
- в) во время всходов;
- г) в период созревания.

9. Основное удобрение рассчитано на использование его:

- а) в первый период жизни;
- б) критический период жизни;
- в) период созревания;
- г) течение всего периода вегетации.

10. Период вегетации озимой ржи, на который приходится максимум потребления питательных веществ:

- а) в фазу всходов;
- б) фазу кущения и выхода в трубку;
- в) фазу налива зерна;
- г) фазу молочной и восковой спелости;
- д) период налива зерна до полной спелости.

11. Период вегетации, в который капуста наиболее требовательна к азоту:

- а) до начала завязывания кочана;
- б) в период прорастания;
- в) до всходов;
- г) во время формирования кочана.

12. Период у злаков, который является критическим в отношении калийного питания:

- а) первые 15 дней после всходов;
- б) от колошения до цветения;
- в) от молочной спелости до созревания;
- г) кущения до выхода в трубку.

13. Культуры, наиболее чувствительные к хлорсодержащим калийным удобрениям:

- а) яровая пшеница, ячмень;
- б) картофель, табак;
- в) кукуруза подсолнечник;
- г) просо, овес;
- д) люцерна, клевер;
- е) происходит побурение растений.

14. Период у зерновых, который является критическим в отношении фосфорного питания:

- а) первые 15 дней после всходов;
- б) 25-40 дней после всходов;
- в) фаза цветения;
- г) фаза колошения.

15. Назначение припосевного удобрения:

- а) в первый период жизни;
- б) критический период;
- в) период созревания;
- г) течение всего периода вегетации.

16. Период, в который заканчивается поглощение калия яровой пшеницей:

- а) до фазы трубкования;
- б) перед наливом зерна;
- в) к фазе цветения (или колошения);
- г) до фазы кущения;
- д) до восковой спелости.

17. Укажите фазу развития растения подсолнечника, в которую оно использует около 70% фосфора и калия:

- а) в фазу цветения;
- б) фазы формирования и налива семян;
- в) фазу активного роста;
- г) от фазы всходов до цветения.

18. Прием, который повышает урожай плодов огурца на 35-40%:

- а) подкормка азотом;
- б) внесение органических удобрений;
- в) подкормка калийными удобрениями;
- г) подкормка фосфорными удобрениями.

8 Анализ растений и его значение в регулировании питания

8.1 Растительная диагностика (основные теоретические положения)

Она включает совокупность методов, позволяющих определить по показателям самого растения (элементному составу или морфологическим признакам) степень его обеспеченности питательными веществами в процессе формирования урожая. Растительная диагностика может быть визуальной и химической (тканевой или листовой). Для диагностики используют биометрические данные о росте и развитии растений, внешние признаки их состояния и изменения химического состава растений по периодам вегетации. В основу растительной диагностики положено сопоставление закономерности питания и развития растений при оптимальном их удовлетворении элементами питания с растениями, испытывающими недостаток тех или иных элементов питания на отдельных этапах формирования урожая. Растительная и почвенная диагностики не заменяют, а дополняют друг друга. Растительная диагностика служит для более глубокого понимания действия на растения оптимальной обеспеченности элементами питания и их недостатка в конкретных условиях выращивания. Результаты, полученные при проведении растительной диагностики в сочетании с анализом почв и данными урожайности за ряд лет, позволяют точно скорректировать дозы при разработке системы удобрения.

С помощью диагностики уточняют обеспеченность посевов доступными формами питательных веществ почвы и потребность растений в удобрениях по показаниям самих растений. Сопоставляя содержание отдельных элементов питания в почве и растениях, можно судить о доступности их растениям и выявить динамику их потребления из корнеобитаемого слоя почвы в разные периоды роста и развития. Химический состав хорошо развитых растений может служить ориентиром (эталоном) оптимального содержания и соотношения элементов питания в растениях по фазам их развития. Это позволяет корректировать дозы удобрений с учетом потребности в них растений в течение вегетации и целенаправленно влиять на формирование урожая.

Методы растительной диагностики широко применяют для проверки обеспеченности посевов питательными веществами, установ-

ления необходимости проведения подкормок и совершенствования системы применения удобрений.

8.2 Визуальная диагностика

По состоянию и внешнему виду растения можно судить о пестроте почвенного покрова и уровне обеспеченности элементами минерального питания. Визуальная диагностика растений позволяет по внешним признакам растений (изменению окраски листьев и жилок, размеру или деформации листьев и стеблей и другим морфологическим признакам органов растений) за 15-20 мин сделать заключение о недостатке или избытке тех или иных питательных элементов в почве или тепличном грунте. Недостаток или избыток одного или нескольких элементов питания приводит к необратимым нарушениям биохимических процессов в растениях и изменению их внешнего состояния. Поэтому симптомы явного недостатка или избытка элементов в почвенном растворе можно определить по внешним признакам растения.

Разные элементы вызывают, как правило, различные морфологические изменения органов растений, по которым можно установить причину их заболевания, однако в некоторых случаях признаки совпадают. Поэтому уметь по внешнему виду растения определять его нуждаемость в том или ином элементе питания – профессиональная задача любого агронома, агрохимика и физиолога растений.

При растительной диагностике важен выбор органа-индикатора, наиболее полно отражающего состояние обеспеченности тем или иным элементом питания растений. При этом следует учитывать функциональное значение элемента и характер его распределения в старых и молодых органах растения. Все питательные элементы можно разделить на реутилизируемые – азот, фосфор, калий, магний – и слабореутилизируемые – железо, кальций, сера и многие микроэлементы. При недостатке реутилизируемых элементов страдают прежде всего старые нижние листья и другие более взрослые органы нижних ярусов растений, а при недостатке слабо реутилизируемых элементов – верхние молодые листья, побеги и точки роста растений.

Нарушение обмена веществ в растениях, вызываемое дефицитом элементов питания, сначала протекает на клеточном уровне. После видимых внешних признаков рост растений постепенно замедляется, меняется окраска листьев, появляются пятна, полосы, некрозы и дру-

гие признаки голодания, позднее пораженные ткани и органы отмирают, иногда полностью меняется внешний вид растения. Однако такие же изменения внешнего состояния растения могут быть вызваны болезнями и вредителями, а не дефицитом элементов питания, что осложняет диагностику минерального питания. Поэтому прежде чем приступить к визуальной диагностике, следует убедиться, что растения не повреждены вредителями, нет грибных или бактериальных заболеваний, которые могут вызывать такие же изменения морфологических признаков у растений, как нарушение минерального питания. Важно учитывать и экологические факторы. Засуха, переувлажнение, временное похолодание и заморозки, реакция среды и засоленность почвы существенно влияют на поступление и превращение питательных веществ в растении, в результате внешний вид растения тоже может измениться. Поэтому при визуальной диагностике обязательно учитывают агротехнические и экологические факторы.

Недостаток азота. Острый дефицит азота вызывает необратимые физиологические и морфологические изменения растений. Нижние листья становятся светло-зелеными, а при длительном азотном голодании желтеют и отмирают. Иногда они приобретают оранжевую или красноватую окраску (капуста, рапс, свекла, смородина и др.) вследствие более быстрого разрушения хлорофилла при недостатке азота по сравнению с антоцианом и другими пигментами: у кукурузы желтеют центральные жилки нижних листьев; у злаковых культур пожелтение нижних листьев начинается обычно с кончика листа и распространяется к стеблю вдоль главной жилки; у бобовых растений и картофеля края желто-зеленых листьев заворачиваются внутрь. Со временем пожелтение листьев распространяется на верхние ярусы. Листья обычно мелкие, узкие, суховатые, расположены под острым углом к стеблю. Стебель всех одно- и двулетних растений тонкий и жесткий, кущение злаков и ветвление у других культур слабые. У растений семейства капустных при недостатке азота нижние листья желтеют и приобретают светло-розовую или фиолетовую окраску; у земляники дефицит азота вызывает слабое образование усов и покраснение листьев (рис. 10). Нижние листья огурца желто-зеленые, мелкие, стебли тонкие, плоды светло-зеленые, бобовидной формы с загнутым кончиком. Значительно уменьшается количество колосков в колосе, число и размер плодов, клубней и корнеплодов.



Рисунок 10 – Внешние признаки недостатка азота и фосфора

Недостаток фосфора. Растения обычно плохо растут, листья мелкие, темно-зеленые с голубоватым оттенком, прожилки часто с красно-фиолетовой антоциановой окраской. Признаки фосфорного голодания особенно хорошо заметны в холодную погоду вначале на старых, а затем и на молодых листьях (кукуруза, свекла, злаки, ягодные культуры и др.). Со временем на листьях появляются желто-бурые, затем темно-бурые пятна по краям. У зерновых культур при недостатке фосфора стебель становится грубым и деревянистым, листья мелкие, расположены почти вертикально; у капустных вдоль жилок нижних (старых) листьев появляется багровая окраска. При недостатке фосфора у томата нижние, а затем и все остальные листья приобретают красно-фиолетовый оттенок. Цветение и созревание у всех растений заметно задерживаются. Значительно снижаются размер и число плодов, колосков в колосе, а следовательно, и урожай.

Недостаток калия. Признаки калийного голодания в начале заболевания сходны с признаками азотного голодания, однако при дефиците калия поражаются в основном края листьев, а в центре они длительное время остаются зелеными. При остром недостатке калия приостанавливается рост междоузлий, нижние листья кажутся непропорционально большими. Края листьев сначала желтеют, бурют

(«краевой ожог») и засыхают, затем заболевание распространяется между жилками. При недостатке калия клетки и ткани растут неравномерно, в результате листья становятся морщинистыми (гофрированными). У картофеля, ягодных и плодовых культур нижние листья приобретают бронзовую или пурпурную окраску; у малины и некоторых сортов смородины при недостатке калия листья краснеют, заворачиваются кверху, насаждения становятся серого цвета из-за опущенности нижней стороны листьев; у злаков жилки нижних и средних листьев сначала желтеют, а затем буреют (рис. 11). При сильном калийном голодании стебли ослабевают, что приводит к полеганию посевов.

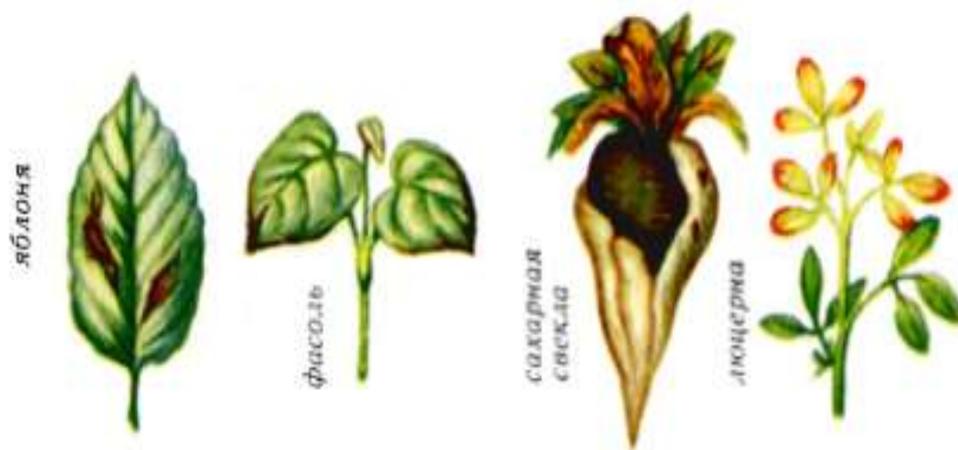


Рисунок 11 – Внешние признаки недостаточности калия и магния

Недостаток магния. Магний входит в состав хлорофилла, поэтому его дефицит вначале проявляется в виде межжилкового хлороза. Отток магния в молодые части происходит по жилкам, поэтому они дольше остаются зелеными. У многих растений при магниевом голодании на старых листьях четко просматривается сеть зеленых жилок в виде елочки. Затем ткани старых листьев между жилками становятся светло-зелеными, обесцвечиваются и отмирают. Листья у большинства растений становятся ломкими. У зерновых злаков и кукурузы между жилками сначала образуются вытянутые светлые пятна, а затем они сливаются в светлые полосы; земляника образует мелкие светло-зеленые листья с заметной пятнистостью по краям; плодовые быстро сбрасывают листья, остаются только верхние; деревья образуют мало плодовых почек. Дефицит магния заметно обостряется при высоком урожае в связи с большим его оттоком из листьев в семена, листья полностью опадают, а на деревьях остаются только плоды. Наиболее сильно на дефицит магния реагируют просяные куль-

туры, которые могут служить индикаторами. У многих овощных и ягодных культур листья приобретают багровую окраску, у бобовых завертываются внутрь. Магниевое голодание проявляется особенно часто на легких кислых и торфянистых почвах.

Недостаток кальция. Кальций слабо реутилизируется в растениях, поэтому при кальциевом голодании страдают прежде всего молодые листья и точки роста, а нижние листья остаются зелеными. При остром кальциевом голодании верхние листья становятся белесыми, точки роста надземных органов и корней отмирают, корневые волоски не образуются, наблюдается ослизнение и отмирание корней, цветки и завязи опадают, появляются некротические пятна на плодах (рис. 12).



Рисунок 12 – Внешние признаки недостаточности кальция и магния

У томата значительная часть созревающих плодов с верхней части чернеет (черная вершинная гниль) и отмирает. На кислых почвах недостаток кальция встречается особенно часто. При остром дефиците кальция у льна значительно снижаются образование пектата кальция в стенках лубяных клеток и прочность стебля, вследствие чего верхняя часть стебля утончается, верхушка поникает и отмирает. У многих плодовых, ягодных культур и картофеля верхние листья слабо распускаются, точка роста стебля иногда отмирает, по краям листьев появляется светлая полоска, затем она темнеет, а края листьев закручиваются кверху.

Недостаток бора. Бор очень слабо реутилизируется, поэтому при его дефиците особенно сильно страдают точки роста, нарушается процесс опыления, плохо развиваются репродуктивные органы, а при остром борном голодании они усыхают. У льна, подсолнечника, многих овощных, плодово-ягодных, бобовых и других культур из-за мно-

гократного отмирания точек роста и образования боковых побегов растения сильно ветвятся. Молодые побеги также ветвятся и отмирают (суховершинность). У злаковых наблюдается ветвление колоса. Небольшое количество цветков или их бесплодие часто является следствием борного голодания льна, подсолнечника, кукурузы, хлопчатника и др. Соцветия подсолнечника, початки кукурузы и плоды многих культур приобретают несвойственную им форму с образованием твердой опробковевшей ткани. У цветной капусты головка рыхлая, соцветия темнеют и отмирают, в стебле образуется дупло с почерневшими краями; у подсолнечника увеличивается количество пустых семян (пустоцвет); у картофеля клубни мелкие, часто с трещинами; у корнеплодов часто развивается сухая гниль сердечка. Бобовые более чувствительны к недостатку бора, чем злаки. На карбонатных и известкованных почвах потребность растений в боре заметно возрастает.

Недостаток марганца. При его недостатке задерживается рост побегов, но точка роста не отмирает. На молодых листьях появляются светло-зеленые, серые, реже красные участки ткани (серая пятнистость или белый вилт). На верхних листьях злаков образуются светлые полосы, которые со временем буреют и отмирают. У столовой и кормовой свеклы листья неравномерно окрашены в темно-красный цвет. Дефицит марганца обостряется на карбонатных и переизвесткованных почвах. На кислых суглинистых почвах вследствие увеличения подвижности марганца при рН ниже 4,5 может наблюдаться угнетение растений. Листья становятся гофрированными, искривляются, между жилками появляются некротические пятна (крапчатость) отмершей ткани. После известкования почв вредное действие избытка марганца не проявляется.

Недостаток железа. Дефицит железа проявляется в довольно быстром развитии типичного хлороза на молодых листьях. Верхние листья становятся сначала светло-зелеными, желтыми, а затем белесыми (выцветшими). При слабом голодании жилки листьев остаются зелеными, при сильном – быстро желтеют (рис. 13). Старые листья, содержащие больше железа, чем молодые, остаются темно-зелеными. Особенно часто хлороз листьев из-за недостатка железа наблюдается у многолетних плодовых насаждений на карбонатных почвах в засушливых районах, где соли железа находятся в нерастворимой форме. У плодовых культур при дефиците железа верхняя часть побегов засыхает (суховершинность), а у основания побега из спящих почек

образуется розетка молодых листьев разной формы. На известкованных дерново-подзолистых почвах недостаток железа и хлороз растений из-за его недостатка наблюдаются редко. Железо и марганец являются антагонистами, поэтому избыток марганца препятствует поступлению в растение железа и, наоборот, при избытке железа растение испытывает недостаток в марганце. Для устранения дефицита железа у плодовых их насаждения опрыскивают 0,05%-м раствором сульфата железа.



Рисунок 13 – Внешние признаки недостаточности марганца и железа

Недостаток меди. Проявляется в неярко выраженном хлорозе листьев, жилки остаются зелеными, листья становятся вялыми, рост растений замедляется. У бобовых листья увядают, засыхают и преждевременно опадают без признаков хлороза. Особенно сильно недостаток меди проявляется на вновь осваиваемых торфяных и песчаных почвах. Хлебные злаки (пшеница, ячмень, овес и др.) заболевают белой немочью: кончики листьев белеют, свертываются, подсыхают, колосья и метелки плохо развиваются, часто бывают белесыми и пустыми. Дефицит меди у плодовых проявляется в изменении формы листьев, кончики побегов загибаются и увядают, верхние листья опадают значительно раньше нижних. Наиболее чувствительны к недостатку меди среди плодовых слива и вишня. Кора деревьев сильно растрескивается, покрывается натеками камеди, большая часть завязи и плодов осыпается. При недостатке меди проводят некорневые подкормки растений 0,05%-м раствором медного купороса.

Недостаток цинка. Проявляется главным образом на карбонатных почвах и может увеличиваться при внесении большого количества фосфорных удобрений. Цинк слабо реутилизируется, поэтому страдают прежде всего молодые органы растений. К недостатку цинка наиболее чувствительна кукуруза. При остром дефиците цинка уже через 8-12 дней после прорастания кукурузы появляются светло-зеленые и бело-зеленые ростки (заболевание известно под названием белые клетки), рост растений замедляется, в результате чего междоузлия на стебле сближены. У бобовых при недостатке цинка появляется крапчатость шильев, пораженные участки отмирают. Особенно чувствительна к недостатку цинка фасоль, которая при явном его дефиците не образует семена. У пасленовых и тыквенных овощных культур образуются мелкие хлоротичные листья, плодоношение слабое, плоды мелкие. При недостатке цинка проводят некорневую подкормку растений 0,05%-м раствором сульфата цинка.



Рисунок 14 – Внешние признаки недостаточности молибдена и цинка

Недостаток молибдена. Признаки недостатка молибдена не только сходны с признаками недостатка азота, так как молибден входит в состав ферментов, ответственных за азотный обмен в растениях, и прежде всего бобовых. При дефиците молибдена поражаются более верхние ярусы листьев растения. Сначала появляются светло-зеленые участки ткани между жилками листа, потом весь лист становится светло-зеленым, буреет и отмирает (рис. 14). Рост и плодоношение растений ослаблены. К недостатку молибдена особенно чувствительны бобовые культуры и цветная капуста. При сильном молибденовом голодании листья клевера, люцерны, гороха, фасоли, вики и других бобовых желтеют, точка роста и края листьев отмирают, цветение

слабое. У цветной капусты при дефиците молибдена молодые листья почти лишены листовой пластинки, вырастает лишь центральная жилка листа (хлыст), соцветия (головки) мелкие, развиты слабо, быстро буреют и отмирают. Применение молибденсодержащих удобрений существенно повышает урожай бобовых и содержание в них азота.

Оценивая визуально состояние посевов, необходимо учитывать, что внешние признаки несбалансированного питания растений (недостатка или избытка какого-либо элемента) проявляются на растениях лишь после глубоких необратимых нарушений скрытых физиологических процессов обмена веществ в клетках и тканях растений, когда исправить положение внесением соответствующих удобрений довольно сложно или уже невозможно. Поэтому точно определить состояние посевов и установить ранние признаки нарушения питания растений можно, только используя химическую диагностику – тканевую и листовую. Диагностический контроль более результативен при раннем обнаружении недостатка определенного элемента питания.

К химическим методам определения обеспеченности растений элементами питания относятся *листовая* и *тканевая* диагностики, в основе которых лежит установление соответствия элементного состава исследуемых растений и растений, произраставших в оптимальных условиях (уровне) минерального питания. Оценку химического состава растений, а следовательно, и условий питания проводят по общему содержанию элементов или их растворимых форм в индикаторных органах.

8.3 Листовая диагностика

Листовая диагностика основана на определении валового содержания элементов питания в листьях или других органах растений определенного яруса после мокрого или сухого их озоления. При химической листовой диагностике для анализа чаще всего используют индикаторные органы растений, которые наиболее динамично и полно отражают обеспеченность растений элементами питания. Выбор индикаторного органа для анализа зависит от биологических особенностей культур, возраста, погодных условий, агротехники и степени мобильности (реутилизируемости) элемента в растении.

При химической диагностике хорошо реутилизуемых элементов – азота, фосфора, калия и магния – более показательными (инди-

каторными) являются старые листья, из которых при голодании растений элементы питания перераспределяются в молодые органы. При диагностике содержания слабореутилизируемых элементов – кальция, бора, железа, марганца и других, для анализа следует брать молодые органы, так как они сильнее испытывают недостаток в этих элементах. Реализация потенциальной продуктивности сельскохозяйственными культурами возможна лишь при определенном оптимальном для каждого вида растений содержании элементов питания на отдельных этапах их роста и развития.

Химический анализ растений наиболее полно отражает условия предшествующего минерального питания растений. Однако достоверные результаты состояния всего массива посевов можно получить только при правильных отборе и подготовке образцов. И в зависимости от биологических особенностей культур отбор образцов в полевых условиях имеет ряд особенностей. Однако независимо от их вида следует соблюдать ряд общих требований при отборе образцов для анализа.

Определение общего азота, фосфора и калия в растениях.

Метод мокрого озоления по И.Г. Кьельдалю

Принцип метода. Метод мокрого озоления, предложенный в 1883 г. И.Г. Кьельдалем, основан на окислении аналитической пробы в кипящей серной кислоте в присутствии катализаторов, ускоряющих процесс окисления органического вещества. При мокром озолении потери азота, фосфора и других зольных элементов исключаются, в этом и состоит главное его преимущество по сравнению с методом сухого озоления, где азот теряется полностью, а при неправильном температурном режиме сухого озоления возможны потери и некоторых других элементов питания. При определении азота, фосфора и калия в одной навеске в качестве катализатора используют селен, сульфат натрия и сульфат меди в соотношении 2:100:10 (массовые части). При определении только азота используют катализатор селен или смесь селена, сульфата меди и сульфата калия в указанных выше соотношениях. Сжигание растительного образца в серной кислоте носит сложный характер, и схематично этот процесс можно представить следующим образом. Концентрированная серная кислота обладает способностью отнимать воду от многих органических со-

единений, которые при этом чернеют (обугливаются). Углеводы, теряя воду, выделяют углерод



Белки под влиянием кислоты подвергаются гидролизу, распадаясь на аминокислоты. Серная кислота при температуре кипения 338 °С в присутствии органических веществ распадается на диоксид серы (сернистый ангидрид), воду и кислород



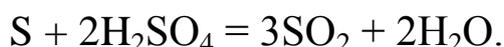
Кислород, обладающий наиболее высокой окислительной способностью, в состоянии выделения (атомарном) при высокой температуре окисляет углерод органического вещества до диоксида углерода, а водород – до воды



Безазотистые органические вещества (углеводы, жиры) разрушаются серной кислотой с образованием диоксида углерода и воды



При распаде белка восстановленная сера окисляется



Аминокислоты окисляются до диоксида углерода с выделением аммиака



Далее органическая кислота окисляется до CO_2 и H_2O . Образующиеся в процессе минерализации органических веществ диоксид углерода, сернистый ангидрид и вода улетучиваются, а аммиак связывается серной кислотой



При мокром озолении растительного материала применяют различные катализаторы – селен, металлическую ртуть, сульфат меди, натрия и калия, пероксид водорода, хлорную кислоту и ее соли и др., роль которых сводится к повышению температуры кипения серной кислоты (при добавлении K_2SO_4 , Na_2SO_4) и ускорению сжигания (окисления) вещества (медь, селен, ртуть, H_2O_2 , $HClO_4$ и др.). Ртуть (наиболее активный катализатор) в настоящее время из-за опасности для здоровья не используют. Вместо нее в качестве основного катализатора применяют металлический селен, который при кипячении его с концентрированной серной кислотой образует сернистый ангидрид, воду и селенистую кислоту ($2H_2SO_4 + Se = 2SO_2 + H_2SeO_3 + H_2O$), которая распадается на селенистый ангидрид (диоксид селена) и воду $H_2SeO_3 = SeO_2 + H_2O$.

Селенистый ангидрид, в свою очередь, распадается на селен и атомарный кислород, принимающий участие в окислении органических и неорганических восстановленных веществ ($SeO_2 = Se + 2O$), а освободившийся металлический селен снова взаимодействует с серной кислотой, и процесс повторяется. Установлено, что на 1 см^3 серной кислоты, используемой для озоления, следует добавлять 5-8 мг тонкоизмельченного металлического селена.

Ход анализа

На аналитических весах берут навески:

1. Зерно злаковых 0,3 г.
2. Зерно бобовых 0,2 г.
3. Сено бобовых 0,2 г.
4. Солома зерновых 0,5 г.
5. Картофель, овощи (сырое вещество) 1,0 г.

Навеску переносят в плоскодонную колбу на 100 мл, осторожно смачивая, приливая 5 мл концентрированной серной кислоты. Колбу закрывают маленькой воронкой (в качестве обратного холодильника) и помещают на электрическую плиту в вытяжном шкафу. Содержимое колбы при нагревании чернеет и вспенивается. После этого колбу снимают с плиты, дают ей остыть, добавляют в нее 5-7 мл перекиси водорода и снова нагревают до сильного выделения белых паров. Затем колбу вновь охлаждают, добавляют 2-3 мл перекиси водорода и снова нагревают. Повторяют эту операцию до полного обесцвечива-

ния раствора. Следует учесть, что прибавление большого количества перекиси водорода может вызвать потерю азота в виде NO и NO₂. Обесцвечивание раствора должно наступить после кипячения, поэтому, когда образец побуреет, перекись следует приливать по каплям.

По окончании озоления колба охлаждается, и ее содержимое переносят в мерную колбу на 200 мл, в которую предварительно было прилито 25-30 мл дистиллированной воды. Колбу, в которой сжигалось растительное вещество, неоднократно ополаскивают, и содержимое колбы переносят в ту же мерную колбу на 200 мл. Затем объем доводят до метки дистиллированной водой. Из приготовленного таким образом раствора можно брать определенное количество его для определения азота, фосфора и калия.

Определение азота в растениях

В практике сельскохозяйственного производства и научных исследованиях при оценке качества урожая зерновых и кормовых культур содержание белка определяют по количеству общего азота. Содержание общего азота выражают в процентах и используют для характеристики качества сельскохозяйственных культур и определения выноса азота товарной и нетоварной частями урожая с единицы посевной площади. При расчете содержания белка (протеина) в растениях по количеству общего азота пользуются термином «сырой протеин». Понятие «сырой протеин» включает в себя общее содержание белкового и небелкового азота в растениях или их органах. Содержание сырого протеина (сырой белок) находят путем умножения на коэффициент перевода азота в белок. Обычно используют коэффициент 6,25 исходя из того, что содержание азота в белке составляет в среднем 16% ($100 : 16 = 6,25$). Однако для каждой группы сельскохозяйственных культур существуют свои коэффициенты перевода общего азота в белок.

Ход анализа. Из мерной колбы на 200 мл берут пипеткой 3 мл раствора и переносят в мерную колбу на 100 мл. Разбавляют дистиллированной водой примерно до половины объема. Затем приливают 3 мл реактива Несслера, колбу тщательно встряхивают. Содержимое колбы окрашивается в соломенно-желтый цвет. Интенсивность окраски при этом прямо пропорциональна содержанию азота. Полученный раствор исследуют на фотоэлектроколориметре.

Одновременно строят калибровочный график. Для этого берут возрастающие количества образцового раствора $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ (5, 10, 20, 30, 40 мл), переносят в мерные колбы на 100 мл и окрашивают таким же образом, как и рабочие растворы. По величине оптической плотности и концентрации образцового раствора строят график. По графику находят концентрацию азота в анализируемом материале и рассчитывают его содержание в % по формуле

$$N = a \cdot V_1 \cdot 100 / V_2 \cdot C,$$

где a – отсчет по графику, мл;

V_1 – объем раствора, взятый для приготовления вытяжки, мл;

100 – коэффициент для пересчета в %;

V_2 – объем раствора, взятый для колориметрирования, мл;

C – навеска растительного вещества, мг.

Далее содержание сырого белка (%) вычисляют путем умножения содержания общего азота (%) на коэффициент 6,25. Сырой белок = $N \cdot 6,25$. Коэффициент 6,25 найден путем расчета исходя из среднего содержания азота в белке, которое равно 16%: 16 г азота отвечают 100 г белка: $X = 100/16 = 6,25$. Коэффициент 6,25 не является постоянным для всех сельскохозяйственных культур, его величина зависит от аминокислотного состава белков, который определяет содержание азота в белке конкретной группы растений (табл. 37).

Таблица 37 – Коэффициенты пересчета азота на белок

Культура	Коэффициент
Гречиха, кукуруза (семена), фасоль, вика	6,0
Бобы, горох, овес, пшеница, рожь, ячмень	5,7
Подсолнечник, просо, лен, конопля, люпин (семена)	5,5
Зеленая масса кукурузы, сено, солома, пастбищная трава	6,25

Определение фосфора с применением аскорбиновой кислоты по Ж. Мерфи и Ж. Райли

Принцип метода. Метод основан на образовании в кислой среде комплекса фосфоромолибдата аммония $(\text{NH}_4)_3\text{H}_4[\text{P}(\text{Mo}_2\text{O}_7)_6] \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ желтого цвета, который восстанавливают аскорбиновой кислотой в присутствии катализатора сурьмы в фосфатмолибдатный комплекс

переменного состава $(\text{MoO}_2, 4\text{MoO}_3)_2\text{HPO}_4, 4\text{H}_2\text{O}$, синего цвета (фосфорно-молибденовую синь), окрашивающий раствор в голубой цвет. Устойчивая голубая окраска раствора достигается через 10-12 мин и сохраняется в течение 1 сут. Метод обладает высокой чувствительностью (0,05-0,1, но не более 1 мг P_2O_5 в дм^3).

Определению мешает кремниевая кислота (больше 8 мг/100 см^3) и трехвалентное железо (Fe_3^+ , больше 4 мг/100 см^3). При использовании этого метода для определения фосфора в пробах с высоким содержанием кремния (сено, солома злаковых культур) необходимо освободить от него растворы золы фильтрованием.

Ход анализа. Для определения из колбы № 1 берут 5 или 10 см^3 раствора после сухого или мокрого озоления растительного материала (во взятой аликвоте испытуемого раствора должно содержаться 0,03-0,07 мг P_2O_5), переносят в мерную колбу вместимостью 100 см^3 , приливают около 30-40 см^3 дистиллированной воды, добавляют 3 капли бета-динитрофенола и нейтрализуют 10%-й NaOH до золотисто-желтого цвета (нейтрализацию раствора можно проводить по фенолфталеину до слабо-розовой окраски раствора). Затем окраску раствора удаляют прибавлением 1-2 капель 10%-й HCl . К нейтрализованному раствору добавляют 20 см^3 реактива Б, доводят дистиллированной водой объем до метки и хорошо перемешивают. Спустя 10 мин, когда закончится образование синей окраски, фотометрируют при красном светофильтре в кюветах шириной 20 мм. Окраска устойчива в течение 24 ч.

Содержание фосфора в анализируемых пробах находят по градуировочному графику. Для его построения в серию мерных пронумерованных колб (от 1 до 9) на 100 см^3 берут 0; 1; 2; 3; 4; 5; 6; 7 и 8 см^3 стандартного раствора фосфата, приготовленного по методу Е. Труога и А. Мейера, с содержанием P_2O_5 0,01 / см^3 . В колбы добавляют по 30-40 см^3 дистиллированной воды и 20 см^3 реактива Б, доводят объем раствора дистиллированной водой до метки, перемешивают и через 10-12 мин определяют оптическую плотность на фотоэлектроколориметре. По результатам измерения оптической плотности шкалы сравнения строят градуировочный график, откладывая на оси абсцисс содержание P_2O_5 в колбах, а на оси ординат – показания оптической плотности растворов (D) или их светопропускание (T). Содержание фосфора в испытуемом растворе находят по калибровочному графику, сопоставляя показания оптической плотности ана-

лизируемого и стандартного растворов. Найденные значения подставляют в формулу

$$P_2O_5 = a \cdot V_1 \cdot 100 / V_2 \cdot C,$$

где a – отсчет по графику, мл;

V_1 – объем раствора, взятый для приготовления вытяжки, мл;

100 – коэффициент пересчета в %;

V_2 – объем раствора, взятый для колориметрирования, мл;

C – навеска растительного вещества, мг.

Определение содержания калия в растениях после озоления пламенно-фотометрическим методом

При мокром озолении растительной пробы в серной кислоте с пероксидом водорода или в смеси серной и хлорной кислот при определении калия полностью исключены какие-либо его потери, что выгодно отличает этот метод от метода сухого озоления, при котором не исключены потери калия в форме хлоридов. Калий в растворе золы определяют пламенно-фотометрическим методом.

Принцип метода. Метод основан на измерении излучения (эмиссии) атомов калия в пламени горелки, интенсивность которого пропорциональна концентрации этого элемента. Сопоставляя интенсивность излучения образцового раствора с известной концентрацией калия и испытуемого раствора, находят в нем содержание калия.

Ход анализа. Работу по определению калия на пламенном фотометре начинают с приготовления и измерения шкалы растворов с известной концентрацией калия и построения градуировочного графика. Затем в чистые сухие стаканчики вместимостью 30-50 см³ или пенициллиновые склянки наливают 20-30 см³ исследуемого раствора и по показанию прибора определяют интенсивность излучения содержащегося в нем калия. Для шкалы рабочих образцовых растворов сначала готовят исходный образцовый раствор с содержанием 1 мг К₂О в 1 см³, а затем в 9 пронумерованных мерных колб вместимостью 100 см³ приливают 0,4; 0,8; 1,2; 2,0; 4,0 мл количество исходного стандартного раствора КС1 и объем раствора в колбах доводят дистиллированной водой до метки.

В пламя фотометра вводят поочередно по возрастающей концентрации стандартные растворы хлорида калия и записывают пока-

зания прибора. Для построения градуировочного графика на миллиметровой бумаге на оси ординат в соответствующем масштабе откладывают показания прибора, а на горизонтальной линии (ось абсцисс) – соответствующие им концентрации K_2O в $мг/дм^3$. После построения градуировочного графика измеряют в пламени фотометра исследуемые растворы и результаты записывают.

Расчет содержания калия проводят по формуле

$$K_2O = a \cdot V \cdot 100/1000 \cdot C,$$

где a – количество калия калибровочному графику, $мл/л$;

V – объем испытуемого раствора, $мл$;

100 – коэффициент пересчета в %;

1/1000 – количество калия в 1 $мл$ вытяжки испытуемого раствора;

C – навеска растительного вещества, $мг$.

8.4 Методика проведения тканевой диагностики.

Экспресс-анализ нитратов, фосфатов и калия по В.В. Церлинг (лабораторная работа)

Одним из основных направлений в агрохимической службе является борьба за повышение эффективности промышленных удобрений. А одним из главных предметов изучения и забот человека, отмечал К.А. Тимирязев, должно быть растение. Объективный контроль за состоянием посевов, «разговор» с растением, точные знания о происходящих в растении химических изменениях во время его роста и развития позволят принимать научно обоснованные решения при выращивании сельскохозяйственных культур.

В настоящее время для контроля обеспеченности растений доступными соединениями питательных элементов почвы по фазам развития растений используются методы растительной диагностики. Ее результаты позволяют не только уточнить агрохимическую характеристику почв, сделать выводы о поступлении элементов питания в растение, но и спланировать необходимость подкормок сельскохозяйственных культур.

Самыми быстрыми методами (экспресс-методами) анализов растений являются качественно-количественные или полуколичественные определения содержания в растениях питательных веществ по реакциям на бритвенных поперечных срезах индикаторных органов

растений или в капле сока, выжатого из черешка листа или стебля растения.

Материалы и оборудование: дифениламин в серной кислоте, раствор бензидина в комплексе с молибдатом аммония, раствор дипикриламиновой кислоты в соляной кислоте, предметные стекла, бритвенные лезвия, растения яровой пшеницы.

Отбор и подготовка проб растений для анализа

Общее требование – унификация техники отбора, обработки и хранения проб: взятие со всех растений строго одних и тех же частей по их ярусности, возрасту, расположению на растении, отсутствию заболеваний.

Отбор растений должен проводиться в утренние часы (с 8 до 11), когда интенсивность транспирации невелика. Отбирают по диагонали поля 100-120 растений с корнями из 20-30 точек. Из общего числа растений составляется средняя проба в количестве 20 продуктивных растений. Образцы растений перед отправкой в лабораторию упаковываются таким образом, чтобы избежать потери их влаги (необходимо исключить ферментативные изменения при завядании).

Пробы делятся на образцы для валового анализа и образцы для тканевой (экспрессивной) диагностики. Анализ неорганических соединений (тканевая диагностика) проводится немедленно в свежих образцах. Для валового анализа (листовая диагностика) применяют консервацию образцов, из которых позже готовят вытяжки. Для консервации выдерживают пробы в термостате в течение 30-40 минут при температуре около 80 °С и затем досушивают на воздухе, избегая прямого солнечного света и загрязнения. Затем образцы растений измельчаются и хранятся в сухом месте, желательно в банках с притертыми пробками.

Чтобы сделать срез растений, на каждом стебле средней пробы выше второго узла на 10-15 мм под углом 45° бритвенным лезвием вырезается пластинка стебля толщиной 1,5-2 мм. Срезы помещаются на предметное стекло (для определения нитратов), для определения фосфатов и калия – на кусочек фильтровальной бумаги, положенной на стекло.

Все определения основаны на цветных реакциях, причем интенсивность окраски сравнивают с соответствующими стандартными шкалами окрасок для каждого из исследуемых элементов. На шкалах оценка обеспеченности дается в баллах.

Ход определения нитратов

Обнаружение нитратного азота основано на его цветной реакции с дифениламином, в результате которой появляется синее окрашивание. По интенсивности окраски определяется концентрация азота в растениях.

На бритвенные срезы, положенные на предметное стекло, наносят по одной капле 1% раствора дифениламина так, чтобы носик капельницы или пипетки не касался раствора и ткани. Затем сверху накладывается другое предметное стекло и легким нажимом пальцев рук на стеклянные пластинки выдавливается сок. Полученную окраску от взаимодействия сока с дифениламином сравнивают с эталоном цветов и шкалой. Определяют оценочный балл каждого стебля растений. Оценочные баллы шкалы разграничены по степени нуждаемости растений в азотных удобрениях (табл. 38).

Таблица 38 – Шкала потребности растений в азотных удобрениях (фаза выхода в трубку)

Балл	Характер окрашивания	Потребность растений в азотных удобрениях
6	Срез и раствор быстро и интенсивно окрашиваются в сине-черный цвет. Окраска устойчивая	Достаточно Не нуждается
5	Срез и раствор сразу окрашиваются в темно-синий цвет. Окраска сохраняется некоторое время	Достаточно Не нуждается
4	Срез и раствор окрашиваются в синий цвет. Окраска наступает не сразу	Средняя нуждаемость
3	Срез и раствор окрашиваются в светлосиний цвет. Окраска исчезает через 2-3 минуты	Нуждается
2	Окрашиваются главным образом проводящие пучки в голубой цвет. Окраска быстро исчезает	Сильно нуждается
1	Следы светло-голубой быстро исчезающей окраски	Очень сильно нуждается
0	Нет синего окрашивания. Порозовение и затем почернение ткани вследствие ее обугливания от H_2SO_4 реактива	

Устанавливается средний балл обеспеченности растений азотом для данного поля. В соответствии с градациями цветной шкалы со средним баллом судят о необходимости проведения некорневых подкормок азотом для получения высокобелкового зерна сильной пшеницы, определяют сроки и дозы внесения азотных удобрений.

По величине среднего оценочного балла выносят суждение о целесообразности некорневой подкормки по следующим градациям:

1) балл ниже 3,5 – проводить некорневую подкормку нецелесообразно, так как получить сильную пшеницу невозможно;

2) балл от 3,6 до 4,5 – требуется две подкормки (по 30 кг/га д. в.: первая – в фазе колошения, вторая – в фазе налива зерна);

3) балл от 4,6 до 5,5 – требуется одна подкормка азотом в период колошения – цветения либо в фазе налива зерна;

4) балл выше 5,5 – проводить некорневую подкормку нецелесообразно, так как получение сильного зерна яровой пшеницы возможно без дополнительного внесения азота.

Определение фосфора

Принцип метода. Обнаружение фосфора основано на его цветной реакции с молибденово-кислым аммонием, бензидином и уксуснокислым натрием, в результате которой появляется синее окрашивание. По интенсивности окраски определяется концентрация фосфора в растениях.

Материалы и оборудование: свежие растения, предметные и покровные стекла, лезвия, стеклянные пластинки, молибденово-кислый аммоний, бензидин, уксуснокислый натрий, пипетки, стеклянный пестик, фильтровальная бумага, эталонные цветовые шкалы.

Ход определения

В центр кусочка фильтровальной бумаги, положенной на предметное стекло, наносят 1 каплю молибденово-кислого аммония и накладывают срезы растений. Стеклянным пестиком раздавливают срез и сдвигают его несколько в сторону от образовавшегося пятна сока. После этого на пятно и отдельно оставшуюся ткань среза наносят последовательно по 1 капле раствора бензидина и уксуснокислого натрия. При наличии фосфатов в растении на бумаге появляется синее окрашивание капли сока и ткани растения. Интенсивность окраски

сравнивают с показателями таблицы 39 и цветной шкалой для определения фосфатов.

Результаты записывают в баллах шкалы и устанавливают степень нуждаемости растений в фосфоре.

Таблица 39 – Шкала потребности растений в фосфорных удобрениях

Балл	Характер окрашивания сока и отпечатка среза растения	Потребность растений в фосфорных удобрениях
1	2	3
5	Темно-синий, а сосудистых пучков – ис-синя-черный	Не нуждаются
4	Синий, а сосудистых пучков – темно-синий	Не нуждаются или слабо нуждаются
3	Светло-синий, а сосудистых пучков – синий	Средне нуждаются
2	Серо-голубой, а пучков – немного темнее	Нуждается
1	Слабо серо-голубой, а пучков – серо-голубой	Сильно нуждается
0	Нет голубой окраски	Очень сильно нуждается

Определение калия

Принцип метода. Обнаружение калия основано на его цветной реакции с раствором дипикриламина магния и соляной кислоты, в результате которой появляется окрашивание от лимонно-желтого до красно-сурикового цвета. По интенсивности окраски определяется концентрация калия в растениях.

Материалы и оборудование: свежие растения, предметные и покровные стекла, лезвия, стеклянные пластинки, раствор дипикриламина магния, соляная кислота, пипетки, стеклянный пестик, фильтровальная бумага, эталонные цветовые шкалы.

Ход определения

На фильтровальную бумагу кладется срез растения. Затем его придавливают стеклянным пестиком и отодвигают срез несколько в сторону от пятна выделенного сока. На пятно сока и на срез наносят последовательно по 1 капле раствора дипикриламина магния и соляной кислоты. Соляная кислота растворяет избыток реактива, образуя

лимонно-желтое окрашивание и растворяет калийную соль дипикриламины. Лимонно-желтая окраска указывает на отсутствие калия, а оранжево-красная – на наличие калия. Интенсивность красной окраски сравнивается с таблицей 40 и цветной шкалой для определения калия.

Таблица 40 – Шкала потребности растений в калийных удобрениях

Балл	Характер окрашивания выдавливаемого сока	Потребность растений в калийных удобрениях
5	Красно-суриковое	Не нуждается
4	Красно-оранжевое	Слабо нуждается
3	Оранжевое	Средне нуждается
2	Желто-оранжевое	Нуждается
1	Соломенно-желтое	Сильно нуждается
0	Лимонно-желтое	Остро нуждается

Результаты записывают в баллах шкалы и устанавливают степень нуждаемости растений в калии.

Качественная оценка потребности растений в элементах питания может быть переведена в количественные показатели в мг/кг на сырое вещество (табл. 41), а также в % сырого вещества.

Таблица 41 – Содержание нитратов, фосфатов и калия в баллах по шкале В.В. Церлинг и в мг/кг на сырое вещество

Балл	Соединения, мг/кг		
	нитратный азот (N-NO ₃)	неорганические фосфаты (P ₂ O ₅)	калий (K ₂ O)
0 или следы	0 или следы	86,5±3,0	0 или следы
1	0-28±6,1	121±7,0	1300±350
2	67±3,6	174±13,7	2400±120
3	151±6,1	225±24,5	3300±180
4	174±7,2	415±43,5	3700±130
5	221±4,8	692,5±50,4	5400±230
6	710 и > ±9,4	Нет баллов в шкале	Нет баллов в шкале

В последнем случае установленную величину в мг/кг надо разделить на 10 000. Например, при содержании нитратного азота

151 мг/кг сырого вещества его концентрация будет равняться $151:10\ 000 = 0,0151\%$. Для составления диагностического заключения (рекомендаций) данные анализа сравнивают с оптимальными значениями содержания элементов питания, характеризующих степень обеспеченности растений элементами питания по данным этого метода.

Содержание работы

1. В свежеприготовленных поперечных срезах частей растений определите: нитратный азот, подвижные соединения фосфора и обменный калий.

2. Полученные данные занесите в таблицу 42. Рассчитайте средний балл обеспеченности растений каждым из элементов питания. Сделайте выводы о необходимости проведения подкормок растений и обсудите полученные результаты.

Таблица 42 – Результаты тканевой диагностики

Вариант опыта	Элемент	Балл по повторностям						Средний балл	Рекомендации
		1	2	3	4	5	6		
1	N-NO ₃								
2	P ₂ O ₅								
3	K ₂ O								

8.5 Организация контроля за содержанием нитратов и нитритов в овощной продукции (лабораторная работа)

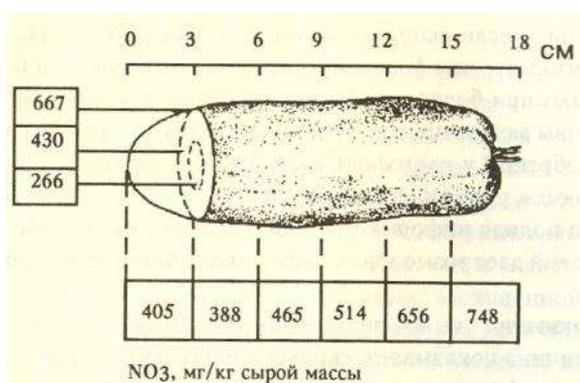
8.5.1. Организация контроля и отбор проб продукции (основные теоретические положения)

Согласно существующему законодательству выращенные овощи и картофель подлежат сплошному контролю на содержание нитратов. Продукция с содержанием нитратов выше ПДК (предельно допустимых количеств), приведенных в таблице 42, не должна поступать в использование, так как она может нанести вред здоровью людей и животных.

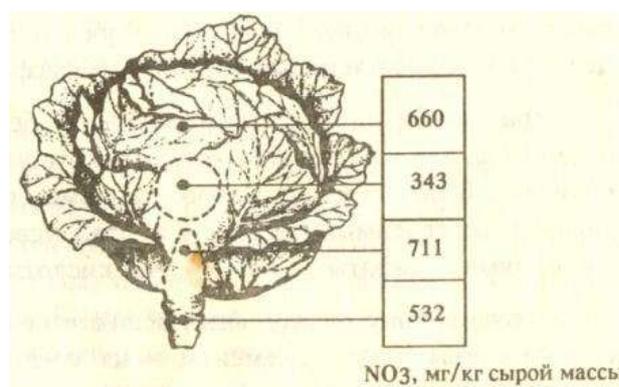
Ответственность за своевременный и качественный отбор и доставку в агрохимические лаборатории проб растениеводческой продукции для определения содержания нитратов возлагается на хозяй-

ства. В незрелых овощах, а также в овощах раннего созревания нитратов больше, чем в достигших нормальной уборочной зрелости. Так, например, в ранних тепличных огурцах количество нитратов от плодоножки уменьшается по длине огурца на каждый сантиметр в 1,5-2 раза; у кабачков количество вредных примесей может изменяться от плодоножки по длине и диаметру плода в 1,5-2 раза. Больше всего нитратов в кожце огурцов и кабачков, в капусте наибольшее количество нитратов сосредоточено в верхних кроющих листьях и кочерыжке (рис. 15).

В кабачке



В капусте



В огурце



В свекле

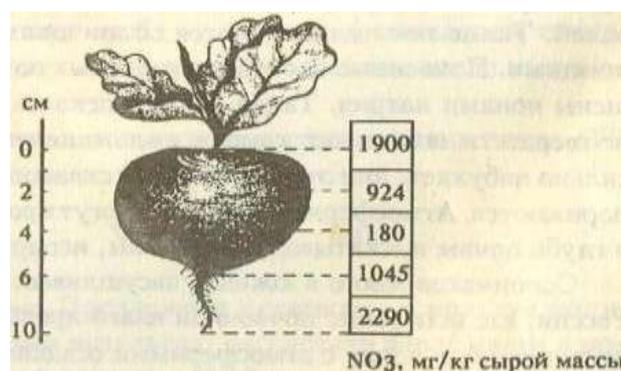


Рисунок 15 – Распределение нитратного азота в овощной продукции

Так как содержание нитратов в продукции зависит от сроков уборки, усиленный контроль должен быть перед уборкой урожая. Это обусловлено тем, что во время хозяйственной зрелости содержание нитратов в продукции минимальное.

Основные положения отбора проб растительной продукции

Отбор образцов продукции осуществляется по специальной методике. По полевым культурам пробы отбираются за 5-10 дней до начала уборки урожая, а по культурам защищенного грунта – за 2-3 дня.

Выборочный контроль на базах и в магазинах осуществляет служба санитарно-эпидемиологического надзора. Отбор проб продукции, готовой к реализации в поле (на корма), проводят следующим образом.

Пробы *картофеля и овощей* отбирают проходом поля (отдельного участка) по диагонали, составляя общую пробу из точечных проб, взятых через равное расстояние. Максимальная площадь при обследовании картофеля 50 га, овощных корнеплодов 3 га, капусты, огурца, лука 10 га, других овощей 5 га. Для картофеля по диагонали поля отбирают из 15 точек выборочно не менее 50 клубней. Масса общей пробы должна быть не менее 3 кг. Для овощных корнеплодов общую пробу корней отбирают по диагонали поля, отделяя от ботвы. Для овощей, используемых в ранний период (свеклы столовой, петрушки), отбирают целые растения. Масса общей пробы при обследовании мелких овощей должна составлять не менее 1 кг, крупных – не менее 3 кг, ранних, употребляемых в пищу с ботвой, – 0,25-0,6 кг.

Капусту отбирают по диагонали поля не менее 10 типичных кочанов, из которых в лаборатории делают затем высечки. Масса общей пробы не менее 4 кг.

Листовые овощи (салат, шпинат, щавель и др.) отбирают также по диагонали участка, составляя среднюю пробу не менее чем из 10 растений массой 0,5 кг.

У *луковичных растений* в полной зрелости (лук-репка, чеснок) отбирают луковички общей массой пробы не менее 1 кг для лука и 0,5 кг для чеснока. При обследовании луковичных культур на ранних стадиях использования (лук-порей) отбирают целые растения. Масса общей пробы должна быть не менее 0,5-1 кг.

Томаты, огурцы, баклажаны, кабачки, патиссоны и другие бахчевые культуры обследуются по диагонали поля, отбирая товарную продукцию с 10 растений. В случае крупных бахчевых отбирают 10 плодов. Масса общей пробы не менее 3 кг.

Отбор проб в защищенном грунте проводят методом конверта из пяти точек, одна из которых располагается в центре секции, четыре

других по периферии и в углах секции. При больших площадях отбор проб по системе двойного и тройного конверта.

Отбор самостоятельных проб продукции, поставленных на рынок в пучках, ящиках, другой открытой таре или при закладке продукции в несколько рядов, производится из каждой упаковки или каждого слоя продукции.

Пробы снабжаются этикеткой. Поступившие пробы продукции регистрируются. По результатам анализа отобранной продукции в течение 2-3 дней с момента поступления проб лаборатория выдает хозяйству сертификат или заключение. Сертификат выдается в тех случаях, когда во всех анализируемых образцах, отобранных с конкретного поля (участка), содержание нитратов не превышает предельно допустимых количеств. Заключение выдается в тех случаях, когда содержание нитратов превышает ПДК.

8.5.2 Определение нитратов в овощах различными методами

Нитраты – соли азотной кислоты, неотъемлемая часть всех наземных и водных экосистем, поскольку процесс нитрификации, ведущий к образованию окисленных неорганических соединений азота, носит глобальный характер. В то же время, в связи с применением в больших масштабах азотных удобрений поступление неорганических соединений азота в растения возрастает.

Таким образом, основными источниками поступления нитратов в организм человека являются: загрязненная нитратами продукция, питьевая вода, лекарственные препараты, загрязненный оксидами азота воздух.

Из продуктов питания к главным источникам нитратов относят свежие или консервированные овощи. На их долю приходится 70–80% суточной нормы поступления нитратов.

Существуют виды овощных культур с большим и малым содержанием нитратов. Так, накопителями нитратов являются семейства тыквенных, капустных, сельдерейных. Наибольшее их количество содержится в листовых овощах: петрушке, укропе, сельдерее. Меньшее содержание отмечено в томатах, баклажанах, чесноке, зеленом горошке, винограде, яблоках и др. Больше нитратов находится в сосущих и проводящих органах растений – корнях, стеблях, черешках и жилках листьев. У кабачков, огурцов и т. п. плодов нитраты убывают от плодоножки к верхушке.

В результате употребления продуктов, содержащих повышенное количество нитратов, человек может заболеть метгемоглобинемией. При этом заболевании человек испытывает кислородную недостаточность: задыхается при физических нагрузках. В полости рта и желудочно-кишечном тракте избыточное количество нитратов восстанавливается микрофлорой и тканевыми ферментами до высокотоксичных нитритов (соли азотистой кислоты), а далее возможно превращение их в нитрозамины – сильные канцерогенные яды, вызывающие опухоли. При высоком содержании нитратов в продукции снижается лежкость и сохранность плодоовощной продукции и клубней картофеля. От них нельзя получить кондиционный семенной материал.

Допустимые нормы нитратов (по данным ВОЗ) составляют 5 мг (по нитрат-иону) в сутки на 1 кг массы взрослого человека, т. е. при массе 50-60 кг – это 220-300 мг, а при 60-70 кг – 300-350 мг.

Существует ряд методов определения содержания нитратов в продукции (в т. ч. экспресс-методы).

Цель лабораторной работы – определить нитратное загрязнение плодоовощной продукции и сравнить с ПДК нитратов в продуктах питания (табл. 43).

Таблица 43 – Содержание нитратов в продуктах питания растительного происхождения и их предельно допустимые количества (ПДК)

Продукт	Содержание нитратов, мг/кг	ПДК, мг/кг сырой массы	
		для открытого грунта	для закрытого грунта
1	2	3	4
Арбузы	40–600	60	–
Баклажаны	80–270	–	–
Брюква	400–550	400	–
Виноград	60	–	–
Горошек зеленый	20–80	–	–
Груши	80	–	–
Дыни	40–500	90	–
Кабачки	400–700	400	400
Капуста белокочанная	600–3000	900	–
Капуста кольраби	160–2700	400	–
Картофель	40–980	250	–

1	2	3	4
Листовые овощи (салаты, шпинаты, кинза, капуста салатная, петрушка, сельдерей, укроп и т.д.)	400–3000	2000	3000
Лук зеленый	40–1400	600	800
Лук репчатый	60–900	80	–
Морковь	160–2200	400	–
Огурцы	80–560	150	400
Перец сладкий	40–330	200	400
Редька черная	1500–1800	1300	–
Редис	400–2700	1500	–
Репа	600–900	700	–
Свекла столовая	200–4500	1400	–
Томаты	10–180	150	300
Фасоль	20–900	–	–
Чеснок	40–300	–	–
Щавель	240–400	–	–
Яблоки	60	–	–

Экспресс-метод 1

Ход работы

1. Из продукта, взятого на определение нитратов, выжать в фарфоровую чашечку 1-2 капли сока и стеклянной палочкой закапать в него 1 каплю 0,5%-го дифениламина в серной кислоте.

2. Через 3 минуты по степени окрашивания определить наличие нитратного загрязнения продукции (табл. 44).

Модификацией данного метода является приготовление серии калибровочных растворов.

1. В один из пузырьков наливают 10 мл исходного раствора $NaNO_3$, соответствующего по концентрации максимальному содержанию нитратов в овощах, – 3 000 мг на кг.

2. Затем готовят серию калибровочных растворов путем разбавления пополам предыдущего (например, к 3 мл исходного раствора прибавляется 3 мл дистиллированной воды, взбалтывается и т. д.). Получают серию растворов с разным содержанием нитратов: 3 000, 1 500, 750, 375, 188, 94, 47, 23 мг/кг.

3. Овощи и плоды мелко режут ножом и быстро растирают в ступке, сок отжимают через 2-3 слоя марли.

4. 2 капли сока капают на чистое предметное стекло, положенное на белую бумагу, добавляют 2 капли дифениламина. Описывают все наблюдаемые реакции согласно схеме (табл. 44).

Таблица 44 – Нитратное загрязнение продукции

Окрашивание сока	Нитратное загрязнение
Нет	Нет
Слабо-синее	Слабое
Очень синее	Сильное

Экспресс-метод 2

Ход работы

В пробирку надавить 1 мл сока исследуемой продукции, прибавить 1 мл 5%-го сульфифенолового раствора* так, чтобы капли попадали на поверхность сока. Параллельно поставить пробу с дистиллированной водой (контроль). Смесь в пробирках взболтать, оставить в покое на 20 минут и по степени окрашивания определить содержание нитратов.

*Приготовление сульфифенолового раствора

3 г фенола растворить в 20 мл концентрированной H_2SO_4 , варить 6 ч в термостойкой колбе на водяной бане в вытяжном шкафу. Колбу закрыть корковой пробкой со стеклянной трубочкой.

Целесообразно определить содержание нитратов в разных частях овощей (под кожурой, срединная часть, жилки, кочерыжка, лист и т. д.).

Определение нитратов методом «сухого восстановителя»

Реактив «сухого восстановителя»: 100 г высушенного при 110 °С сульфата бария; 9 г сульфата марганца; 2 г порошкообразного цинка, 75 г лимонной кислоты; 4 г сульфаниловой кислоты; 2 г альфа-нафтиламина. Реактив готовится в вытяжном шкафу. Крупнозернистый материал тщательно растирают в ступке до мелкого порошка. Порошкообразный цинк, сульфаниловую кислоту и альфа-нафтиламин тщательно смешивают с частью сульфата бария, добавляют сульфат марганца и после получения однородного порошка добавляют по частям остальное количество сульфата бария (табл. 45).

Таблица 45 – Градация окраски и содержания нитратов
в исследуемом образце

Балл	Характер окраски	Содержание нитратов, мг/кг
6	Раствор или сок окрашиваются быстро и интенсивно в иссиня-черный цвет. Окраска устойчива и не пропадает	> 3000
5	Раствор или сок окрашивается в темно-синий цвет. Окраска сохраняется некоторое время	3000
4	Раствор или сок окрашивается в синий цвет. Окраска наступает не сразу	1000
3	Окраска светло-синяя, исчезает через 2-3 мин.	500
2	Окраска светло-синяя, быстро исчезает	250
1	Следы голубой, быстро исчезающей окраски	100
0	Нет ни голубой, ни синей окраски	0

В конце смешивания прибавляют по частям лимонную кислоту. Реактив пригоден для использования через 2-3 дня и устойчив в течение двух лет при условии хранения в закупоренной склянке.

Ход работы

1. Овощи натирают на терке. В химический стакан взвешивают нужную навеску для приготовления экстракта из расчета 10-50 мкг $\text{NO}_3/\text{мл}$ (например, в зависимости от предполагаемого содержания нитратов в продукте: для картофеля 20 г на 100 мл, для свеклы – 10 г на 100 мл).

2. Пробу в химическом стакане заливают 30 мл 0,1 н. соляной кислоты при 50–70 °С. Полученную массу переносят через воронку по стеклянной палочке в колбу на 100 мл. Промывают стакан соляной кислотой несколько раз и добавляют промывную жидкость (по стеклянной палочке) через воронку в мерную колбу.

3. Колбу оставляют на 30 мин в водяной бане при 60–70 °С, периодически взбалтывая. После охлаждения смеси до комнатной температуры ее доводят соляной кислотой до метки и фильтруют.

4. В центрифужную пробирку отмеряют 1 мл экстракта, добавляют 9 мл 20%-й уксусной кислоты и 0,3-0,5 г реактива «сухого восстановителя». Пробирку закрывают пробкой и энергично встряхивают в течение 1 мин, центрифугируют в течение 5 мин (2 раза) при 4 000-5 000 об/мин.

5. После центрифугирования жидкость сразу отсасывают. Затем колориметрируют при длине волны 540 нм. В качестве контроля используют 1 мл исследуемого экстракта, 9 мл 20%-й уксусной

кислоты и 0,3-0,5 г сульфата бария. Контрольная проба обрабатывается аналогично опытной. Результаты получают, используя предварительно построенный калибровочный график (табл. 46).

Таблица 46 – Содержание нитратов в плодах и овощах

Окрашивание	Содержание нитратов, мг/л (кг)
Улавливается по сравнению с контролем	0,5
Едва желтоватая	1,0
Слабо-желтоватое	5,0
Слабо-желтое	10,0
Светло-желтое	25,0
Желтое	50,0
Сильно желтое	100,0

8.5.3 Определение нитритов в овощах

Нитриты – соли азотистой кислоты. Образуются из нитратов при большом количестве последних. Нитрит натрия добавляется в мясные изделия, в частности колбасы, для сохранения красно-розовой окраски, а также в качестве консерванта, предотвращающего развитие патогенных бактерий. Также нитрит натрия или калия используется в качестве консерванта сыра и брынзы.

Нитриты являются предшественниками образующихся из них нитрозаминов (канцерогенных веществ). Наряду с клиническими проявлениями интоксикации (обильное потение, синюшность кожи, одышка, головокружение) хроническое воздействие нитритов приводит к снижению содержания в организме витаминов А, Е, С, В₁, В₆. С этим связывают снижение устойчивости организма к воздействию различных факторов, в том числе онкогенных. Допустимая норма попадания нитритов в организм человека равна 0,1-0,2 мг/кг веса тела в сутки.

Цель практической работы – определить нитритное загрязнение плодоовощной продукции.

Ход работы

Овощи трут на терке. Через марлю отжимают сок. 1 мл сока переносят в мерную колбу. Туда же доливают 1 мл реактива 1 и

выдерживают смесь 3-4 мин в темном месте. Добавляют по 1 мл реактива 2 и реактива 3. Раствор в колбе доводят до метки дистиллированной водой, перемешивают. Затем центрифугируют 5 мин при 3 тыс. об/мин. Оптическую плотность растворов определяют на ФЭК при длине волны 520 нм. Концентрацию нитритов (мк/кг) определяют по калибровочному графику, сделанному предварительно.

Приготовление реактивов (1, 2, 3).

Реактив 1: 0,6%-я сульфаниловая кислота в 2,4 N соляной кислоте; реактив 2: к 0,6 г альфа-нафтиламина добавляют 1 мл концентрированной соляной кислоты, доводят до 100 мл водой; реактив 3: 25 %-й ацетат натрия.

8.5.4 Способы снижения содержания нитратов в продукции

Снижение содержания нитратов в продукции можно регулировать при послеуборочном хранении и при переработке (табл. 47).

Таблица 47 – Способы снижения содержания нитратов в продукции

№ п/п	Способы подготовки продукции	Примерное уменьшение нитратов, %
1	Удаление зеленых кроющих листьев кочанов, кочерыжек, донцев луковиц, толстых черешков листьев, мелких корней свеклы, моркови, обрезка оснований и верхушки огурца	20-30
2	Намачивание кочанов капусты, огурца, томатов, картофеля в подсоленной (1-1,5% раствор поваренной соли) холодной воде в течение 2 часов	45-50
3	Варка картофеля, корнеплодов с последующим удалением отвара	50-60
4	Соление, квашение овощей	30-40
5	Обработка овощей горячей водой, их сушка, бланширование паром	60-70
6	Промышленная переработка продукции в полуфабрикаты	70-80
7	Удаление рассола из капусты, томатов и огурцов	50

При послеуборочном длительном хранении в некоторых видах культур происходит снижение нитратов, если соблюдаются оптимальные параметры. К ним относятся: пониженные положительные температуры, отсутствие в массе земли, заболеваний продукции, хорошая вентиляция помещений. И, напротив, перегрев складов, травмирование продукции, повреждение органической массы, появление гнилей сопровождается повышением нитратов.

Имеет значение соблюдение порядка в использовании разнокачественного урожая. Например, картофель с повышенным содержанием нитратов может подвергаться глубокой промышленной переработке для выработки крахмала, спирта, клея, белково-витаминных концентратов для нужд животноводства. Загрязненная нитратами продукция может закладываться на хранение в качестве семенного материала. С разрешения ветнадзора подобные партии продукции могут быть использованы на корм животных, но в определенном рационе.

Овощи с повышенным содержанием нитратов (не более чем в 1,5 раза) целесообразно включать в качестве добавок при производстве овощных консервов с многокомпонентной рецептурой, нормальных по нитратному составу.

Предотвращает повышенное накопление нитратов, сбалансированное внесение азотных удобрений с фосфорными и калийными. Этим достигается полуторакратное снижение концентрации нитратов.

Важное значение имеет оптимальная обеспеченность микроэлементами. Они входят в состав ферментов, которые участвуют в реакции восстановления нитратов до аммиака, и это существенно снижает концентрацию нитратов.

Поглощение азота овощными растениями происходит в течение всей вегетации, но с одинаковой скоростью в первый период жизни (40-50 дней после посева) овощи используют 10-22% всего потребляемого азота, а в период интенсивного роста вегетативной массы – 69-72%, резко снижая его использование после образования продуктивных органов. В соответствии с этим следует распределять дозы азота в процессе вегетации, чтобы при созревании кочанов, корнеплодов, плодов создавался минимум его содержания в почве. Азотные подкормки целесообразны в первой половине вегетации. Более поздние подкормки затягивают вегетацию растений, нитратный азот используется частично, что приводит к избыточному его накоплению.

Количество нитратов в растениеводческой продукции может быть значительно снижено при совместном применении органиче-

ских и минеральных удобрений. Органические удобрения стимулируют интенсивное развитие почвенной микрофлоры, которая поглощает избыток азота и обуславливает равномерное поглощение азота в течение вегетации.

Существенно различаются между собой сорта культуры. Поздние сорта меньше накапливают свободных нитратов, чем ранние. Значительное влияние на степень накопления нитратов растениями оказывает освещенность. Чем лучше освещенность, тем интенсивнее идет фотосинтез, т. е. неорганический азот быстрее превращается в органические соединения – тем меньше нитратов остается в листьях овощных культур. Особое значение это имеет для овощных культур в защищенном грунте. Но и в открытом грунте на затененных и загущенных посевах концентрация нитратов увеличивается в 1,5-2 раза (Соколов, 1988).

Основные требования по применению удобрений под овощные культуры

1. Разовая доза азота под большинство культур и картофель не должна превышать 90 кг/га, под капусту – 150 кг/га.

2. Не допускается использование слежавшихся туков. Распределение удобрений по поверхности почвы должно быть равномерное, обеспечивающее равноценное развитие растений на всей площади удобренного массива.

3. Для некорневых подкормок использовать мочевины не позже месячного срока до уборки урожая.

4. Предусматривать применение органических удобрений.

5. Регулировать почвенную влажность поливами.

6. При повышенном содержании в растениях нитратного азота в течение вегетации смещать сроки уборки на возможно более поздний период.

Тестовые задания

1. Критический период питания растений:

а) период вегетации, в который дефицит какого-либо элемента питания, несмотря на ограниченные размеры потребления, вызывает резкое ухудшение роста и развития растений;

б) начальный период вегетации;

в) период вегетации, в который растение нуждается в максимальном количестве питательных элементов;

г) период от бутонизации до цветения.

2. Элементы питания, участвующие в передаче наследственной информации:

- а) N;
- б) P;
- в) K;
- г) Mg.

3. Элемент питания, усиливающий развитие вегетативных органов растения:

- а) N;
- б) Fe;
- в) P;
- г) Mn.

4. Элемент, который входит в состав молекулы хлорофилла:

- а) K;
- б) Ca;
- в) Mg.

5. Элементы, участвующие в процессе фотосинтеза:

- а) N;
- б) K;
- в) Ca;
- г) Mg.

6. Элемент питания, ускоряющий созревание растений:

- а) S;
- б) P;
- в) K.

7. Элемент питания, способствующий накоплению углеводов:

- а) K;
- б) Ca;
- в) Fe;
- г) S.

8. Элемент питания, повышающий морозоустойчивость:

- а) Ca;
- б) K;
- в) P.

9. Калий поступает в растение в виде:

- а) катионов,
- б) анионов;
- в) анионов и катионов;
- г) целой молекулы.

10. Растения, которые обладают способностью использовать труднорастворимые фосфаты почвы:

- а) пшеница, овес;
- б) гречиха, донник, горох;
- в) люцерна, клевер;
- г) кукуруза, корнеплоды.

11. Основная физиологическая функция бора в растениях:

- а) увеличение роста пыльцевых трубок;
- б) регулирование ауксинового обмена;
- в) синтез и передвижение стимуляторов роста;
- г) улучшение углеводного обмена.

12. Элементы питания, снижающие содержание NO_3 в продукции:

- а) К;
- б) Мо;
- в) Са;
- г) S;
- д) В.

13. Азот поступает в растение в виде:

- а) катионов и анионов;
- б) катионов;
- в) анионов;
- г) в виде целой молекулы соли;
- д) в составе органических комплексов.

14. Элемент питания, участвующий в делении клеток верхушечной меристемы:

- а) К;
- б) Са;
- в) Мо;
- г) В.

15. Элементы питания, снижающие полегание растений:

- а) N;
- б) P;
- в) K;
- г) Ca.

16. Период у зерновых, который является критическим в отношении фосфорного питания:

- а) первые 15 дней после всходов;
- б) 25-40 дней после всходов;
- в) фаза цветения;
- г) фаза колошения.

17. Часть урожая, в которой накапливается больше фосфора:

- а) в товарной части урожая;
- б) корнях;
- в) побочной продукции;
- г) семенах.

18. Период, в течение которого происходит поглощение азота кукурузой:

- а) до созревания;
- б) до выметывания метелки;
- в) от всходов до кущения;
- г) во второй половине вегетации.

19. Период вегетации озимой ржи, на который приходится максимум потребления питательных веществ:

- а) в фазу всходов;
- б) фазу кущения и выхода в трубку;
- в) фазу налива зерна;
- г) фазу молочной и восковой спелости;
- д) период налива зерна до полной спелости.

20. Внешние признаки цинковой недостаточности у растений:

- а) растения сильно вытягиваются и полегают;
- б) подавляется деление клетки и сдерживается рост междоузлий;
- в) поражаются точки роста;
- г) происходит побурение растений.

21. Период вегетации, в который картофель наиболее требователен к азоту:

- а) до цветения;
- б) после цветения;
- в) во время всходов;
- г) в период созревания.

22. Части растений, на которых прежде всего обнаруживается дефицит фосфора:

- а) на молодых листьях;
- б) в точках роста;
- в) на соцветиях;
- г) старых листьях.

23. Период, в который заканчивается поглощение калия яровой пшеницей:

- а) до фазы трубкования;
- б) перед наливом зерна;

- в) в фазе цветения (или колошения);
- г) до фазы кущения;
- д) до восковой спелости.

23. Период вегетации, в который капуста усваивает наибольшее количество нитратных веществ:

- а) в период всходов;
- б) в фазу 3-4 настоящих листьев;
- в) во время формирования кочана;
- г) после достижения товарной спелости.

Заключение

Оптимизация минерального питания сельскохозяйственных культур с целью получения высоких и стабильных урожаев хорошего качества – одна из основных задач, стоящих перед сельским хозяйством. Достижение этой цели невозможно без серьезных знаний о свойствах почвы, биологических особенностях возделываемых культур, способах и формах применяемых удобрений и их взаимодействии между собой и с другими объектами окружающей среды. При этом следует учитывать, что взаимовлияние удобрений будет различным в зависимости от внешних неконтролируемых и контролируемых факторов.

Согласно мировоззрению К.А. Тимирязева, «только изучив законы о жизни, только подметив или выпытав у самого растения, какими путями оно достигло своих целей, мы в состоянии направлять его деятельность к своей выгоде, вынудив его давать возможно более продуктов лучшего качества».

В современных условиях ведения растениеводства значительно изменилось содержание, и претерпели некоторые изменения традиционные рекомендации по использованию отдельных положений системы применения удобрения культур (Титова, 2016). В подавляющем большинстве хозяйств весь урожай формируется за счет ресурсов почв, поскольку отечественная промышленность удобрений в силу известных обстоятельств обеспечивает зарубежных товаропроизводителей, а удобрения вносятся в дозах, которые хозяйства могут себе позволить с экономических позиций. Применение удобрений в альтернативных системах земледелия и технологиях, основанных на минимизации обработки почвы, имеет свои особенности и значительно осложняет возможности работы с удобрениями.

Как справедливо замечено в работе В.Н. Кудеярова (2019), текущее столетие – это проблемы глобальных изменений природной среды и климата, дефицита продовольствия и энергии, утраты биоразнообразия и устойчивости экосистем деградации почв. В этом же ряду стоит проблема изменения химии атмосферы Земли из-за роста парниковых газов, тесно связанных с дегумусированием почв и разбалансированием биогеохимических циклов углерода и азота. Научное объяснение причин этих проблем и выработка стратегий смягчений последствий их проявления – одна из ключевых задач экологического почвоведения и агрохимии.

Литература

1. Аринушкина, Е.В. Руководство по химическому анализу почв / Е.В. Аринушкина. – Москва: Изд-во МГУ, 1970. – 478 с.
2. Афанасьев, Р.А. Агрехимическое обеспечение точного земледелия / Р.А. Афанасьев // Проблемы агрохимии и экологии. – 2008. – № 3. – С. 46–53.
3. Белоусов, А.А. Оценка азотмобилизующей способности чернозема выщелоченного при возделывании кормовых трав в Красноярской лесостепи / А.А. Белоусов, Е.Н. Белоусова, А.Т. Аветисян // Вестник КрасГАУ. – 2016. – № 9. – С. 172–180.
4. Белоусов, А.А. Практикум по основам научных исследований в агрономии: учебное пособие / А.А. Белоусов, Е.Н. Белоусова; Красноярский государственный аграрный университет. – Красноярск, 2017. – 180 с.
5. Белоусова, Е.Н. Влияние многолетних трав и пара на структурный состав и мобилизацию минеральных форм азота чернозема Красноярской лесостепи / Е.Н. Белоусова // Вестник Томского государственного университета. Биология. – 2014. – № 1 (25). – С. 7–25.
6. Белоусова, Е.Н. Инструментальные методы исследования почв и растений: учебное пособие / Е.Н. Белоусова; Красноярский государственный аграрный университет. – Красноярск, 2014. – 267 с.
7. Белоусова, Е.Н. Лабораторный практикум по агрономической химии / Е.Н. Белоусова, О.А. Сорокина; Красноярский государственный аграрный университет. – Красноярск, 2015. – 248 с.
8. Белоусова, Е.Н. Трансформация азотсодержащих соединений чернозема выщелоченного в условиях минимизации обработки / Е.Н. Белоусова, А.А. Белоусов // Вестник КрасГАУ. – 2017. – № 5. – С. 149–156.
9. Белюченко, И.С. Основы экологического мониторинга: практическое руководство для бакалавров / И.С. Белюченко, А.В. Смагина. – Краснодар, 2012. – С. 155–177.
10. Березин, Л.В. Лесное почвоведение: учебное пособие / Л.В. Березин, Л.О. Карпачевский. – Омск: Изд-во ОмГАУ, 2009. – 360 с.
11. Возбуцкая, А.Е. Химия почвы: учебное пособие / А.Е. Возбуцкая. – Москва: Высшая школа, 1968. – 427 с.

12. Волошин, Е.И. Эффективность применения органических удобрений в агропромышленном комплексе Красноярского края // Вестник КрасГАУ. – 2016. – № 4. – С. 138–146.
13. Воробьева, Л.А. Теория и практика химического анализа почв / Л.А. Воробьева. – Москва: ГЕОС, 2006. – 400 с.
14. Гамзиков, Г.П. Агрохимия азота в агроценозах / Г.П. Гамзиков. – Новосибирск, 2013. – 790 с.
15. Гамзиков, Г.П. Азот в земледелии Западной Сибири / Г.П. Гамзиков. – Москва: Наука, 1981. – 267 с.
16. Гамзиков, Г.П. Рекомендации по диагностике азотного питания полевых культур и применению азотных удобрений / Г.П. Гамзиков, А.Е. Кочергин, П.И. Крупкин, В.И. Чуканов. – Новосибирск, 1983. – С. 30.
17. Гилис, М.Б. Рациональные способы внесения удобрений / М.Б. Гилис. – Москва: Колос, 1975. – 240 с.
18. Глазачев, С.Н. Ноосферные идеи Вернадского и современное образование / С.Н. Глазачев // Вестник МГГУ им. М.А. Шолохова. Социально-экологические технологии. – 2012. – № 2. – С. 12.
19. Горбачева, С.М. Формы калия и их роль в питании растений в почвах Красноярской лесостепи / С.М. Горбачева // Почвоведение. – 1975. – № 6. – С. 48–56.
20. Едимейчев, Ю.Ф. Современные проблемы ресурсосберегающих технологий в земледелии Красноярского края: учебное пособие / Ю.Ф. Едимейчев, А.И. Шпагин. – Красноярск, 2014. – 204 с.
21. Ермохин, Ю.И. Прикладная агрохимия: учебное пособие / Ю.И. Ермохин. – Омск: Изд-во ОмГАУ, 2018. – 140 с.
22. Ершов, Ю.И. Органическое вещество биосферы и почвы / Ю.И. Ершов. – Новосибирск: Наука, 2004. – 104 с.
23. Житов, В.В. Агрохимия в условиях юга Восточной Сибири / В.В. Житов, А.А. Долгополов, Н.Н. Дмитриев. – Иркутск, 2004. – 336 с.
24. Кочергин, А.Е. Определение потребности зерновых культур в азотных удобрениях на черноземах Западной Сибири / А.Е. Кочергин // Докл. ВАСХНИЛ. – 1965. – № 2. – С. 5–8.
25. Крупкин, П.И. Пути прогнозирования эффективности минеральных удобрений: учебное пособие / П.И. Крупкин; Красноярский государственный университет. – Красноярск, 2006. – 95 с.
26. Крупкин, П.И. Эффективность азотных удобрений в черноземной зоне Западной Сибири / П.И. Крупкин // Агрохимия. – 1982. – № 11. – С. 3–12.

27. Крупкин, П.И. Рабочая инструкция для зональных агрохим-лабораторий Восточной Сибири / П.И. Крупкин, Л.П. Антипина, Н.Г. Рудой, И.Ф. Капишев. – Москва: МСХ СССР, 1967. – 95 с.
28. Кудеяров, В.И. Почвенно-биогеохимические аспекты состояния земледелия в Российской Федерации / В.И. Кудеяров // Почвоведение. – 2019. – № 1. – С. 109-121.
29. Лубите, Я.И. Азотный режим почв Красноярской лесостепи: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук / Я.И. Лубите. – Красноярск, 1969. – 29 с.
30. Мальцев, В.Т. Условия азотного питания полевых культур и применения азотных удобрений на почвах Приангарья: автореф. дис. ... д-ра с.-х. наук / В.Т. Мальцев. – Омск, 2000. – 40 с.
31. Марченко, М.Н. Операционная технология применения минеральных удобрений / М.Н. Марченко. – Москва: Россельхозиздат, 1983. – 175 с.
32. Методические указания. Определение доз минеральных удобрений и регламентирование их применения при интенсивном возделывании сельскохозяйственных культур. – Москва, 1988. – 24 с.
33. Минеев, В.Г. Агрохимия: учебник / В.Г. Минеев. – 3-е изд. – Москва, 2006. – 720 с.
34. Ониани, О.Г. Агрохимия калия / О.Г. Ониани. – Москва: Наука, 1981. – 200 с.
35. Пигарева, Н.Н. Диагностика азотного питания растений на мерзлотных почвах Бурятии / Н.Н. Пигарева // Агрохимия. – 1999. – № 3. – С. 21–25.
36. Практикум по агрохимии / В.В. Кидин, И.П. Дерюгин, В.И. Кобзаренко [и др.]. – Москва: КолосС, 2008. – 599 с.
37. Прокошев, В.В. Калий и калийные удобрения / В.В. Прокошев, И.П. Дерюгин. – Москва: Ледум, 2000. – 185 с.
38. Пчелкин, В.У. Почвенный калий и калийные удобрения / В.У. Пчелкин. – Москва: Колос, 1966. – 336 с.
39. Рабочая инструкция для зональных агрохимических лабораторий по крупномасштабному агрохимическому исследованию почв, проведению полевых опытов с удобрениями и составлению рекомендаций по применению удобрений в колхозах и совхозах Восточной Сибири / П.И. Крупкин, Л.П. Антипина, Н.Г. Рудой, И.Ф. Капишев. – Москва, 1967. – 108 с.

40. Рекомендации по определению доз минеральных удобрений под сельскохозяйственные культуры на планируемый урожай / под ред. П.И. Крупкина, И.А. Макриновой, В.К. Пурлаура, И.Я. Кильби, Н.М. Майбороды, Ю.П. Танделова. – Красноярск, 1987. – 24 с.
41. Рудой, Н.Г. Оптимизация минерального питания: учебное пособие / Н.Г. Рудой; Красноярский государственный аграрный университет. – Красноярск, 2008. – 163 с.
42. Рудой, Н.Г. Производительная способность почв Приенисейской Сибири: монография / Н.Г. Рудой; Красноярский государственный аграрный университет. – Красноярск, 2010. – 240 с.
43. Соколов, О.А. Нитраты под строгий контроль / О.А. Соколов // Наука и жизнь. – 1988. – № 3. – С. 69–72.
44. Танделов, Ю.П. Плодородие почв и эффективность удобрений в Средней Сибири / Ю.П. Танделов. – Москва: Изд-во МГУ, 1998. – 302 с.
45. Танделов, Ю.П. Плодородие почв и эффективность удобрений в Средней Сибири / Ю.П. Танделов. – 2-е изд., перераб. и доп. – Красноярск, 2012. – 302 с.
46. Тарвис, Т.В. О методах изучения азотного цикла в почве / Т.В. Тарвис // Биологическая диагностика почв. – Москва, 1976. – С. 271–272.
47. Титова, В.И. Особенности системы применения удобрений в современных условиях / В.И. Титова // Агрохимический вестник. – 2016. – № 1. – С. 2–7.
48. Томпсон, Л. Почвы и их плодородие / Л. Томпсон, Ф. Троу. – Москва: Колос, 1982. – 462 с.
49. Ульянова, О.А. Трансформация удобрительных композиций в почвах Красноярской лесостепи: монография / О.А. Ульянова; Красноярский государственный аграрный университет. – Красноярск, 2014. – 228 с.
50. Церлинг, В.В. Диагностика питания сельскохозяйственных культур: справочник / В.В. Церлинг. – Москва: Агропромиздат, 1990. – 235 с.
51. Чечеткина, Н.В. Растительная диагностика питания сельскохозяйственных растений: учебное пособие / Н.В. Чечеткина, М.И. Демина, А.В. Соловьев; Российский государственный аграрный заочный университет. – Москва, 2010. – 115 с.

52. Чупрова, В.В. Углерод и азот в агроэкосистемах Средней Сибири: монография / В.В. Чупрова; Красноярский государственный аграрный университет. – Красноярск, 1997. – 166 с.

53. Шпедт, А.А. Оценка и оптимизация органического вещества почв сельскохозяйственных угодий Красноярского края: монография / А.А. Шпедт; Красноярский государственный аграрный университет. – Красноярск, 2013. – 230 с.

54. Юлушев, И.Г. Почвенно-агрохимические основы адаптивно-ландшафтной организации систем земледелия ВКЗП: учебное пособие / И.Г. Юлушев. – Москва: Академический Проект, 2005. – 368 с.

55. Ягодин, Б.А. Агрохимия: учебник / Б.А. Ягодин, В.П. Жуков, В.И. Кобзаренко. – Москва: Колос, 2002. – 584 с.

56. Якименко, В.Н. Калий в агроценозах Западной Сибири / В.Н. Якименко. – Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2003. – 231 с.

57. Krauss A. Potassium as an integral part for sustained soil fertility and efficient crop production // Bull. Inst. Hod, aklim. rosl. – 1998. – № 222. – 5–17.

ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение 1

Содержание гипса в мелиоранте, %

Мелиорант	Содержание CaSO ₄ , %
Гипс сыромолотый (CaSO ₄ ·2H ₂ O)	71-73
Фосфогипс (содержит 2-3% P ₂ O ₅)	70-75
Глиногипс (содержит 1-11% глины)	60-90

Приложение 2

Содержание CaCO₃ в известковых материалах, %

Мелиорант – известковый материал	Содержание CaO + MgO в переводе на CaCO ₃ , %
Молотый известняк	75-100
Доломит	80-100
Сланцевая зола: пылевидная	70-80
колосниковая	60-70
Цементная пыль	60-85
Мел	90-100
Жженая и гашеная известь	135
Известковый туф (ключевая известь)	75-95
Торфотуф	20-70
Известковый сапропель	50-75
Мергель	27-75
Гажа (озерная известь)	80-95
Природная доломитовая мука	95
Белитовая мука	30-90
Известковый отход бумажного производства	90

Характеристика и свойства минеральных удобрений

Вид удобрения	Формула	Содержание действующего вещества	Цвет, консистенция и др.	Растворимость в воде	Реакция			Поведение на раскаленном угольке
					с NaOH	с AgNO ₃	с BaCl ₂	
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Азотные удобрения								
Аммиачная селитра	NH ₄ NO ₃	34	Белые кристаллы или гранулы	Хорошая	При нагревании выделяется аммиак	Малозаметная муть	Нет	Плавится и выделяет белый дым с запахом аммиака
Сернокислый аммоний	(NH ₄) ₂ SO ₄	19-21	Белый или сероватоголубой или зеленоватый мелкий кристаллический порошок	То же	То же	То же	Обильный белый осадок	То же
Натриевая селитра	NaNO ₃	15-16	Белые или желто-бурые мелкие кристаллы	То же	Аммиак не выделяется	То же	Слабая муть	Вспыхивает и сгорает оранжевым пламенем
Мочевина	CO(NH ₂) ₂	46	Белый тонкий кристаллический порошок	То же	То же	Нет	То же	Дает запах аммиака

Продолжение табл.

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Цианамид кальция	CaCN_2	20-21	Темно-серый легкий порошок	Плохая	То же	Желтоватый творожистый осадок	То же	Не горит
Калийные удобрения								
Хлористый калий	KCl	50-60	Белый мелкокристаллический порошок	Хорошая	Нет	Белый творожистый осадок	Слабая муть	Потрескивает, дымит
Калийная соль	$\text{KCl} + \text{NaCl}$	30-40	Белый с примесью розовых кристаллов порошок	То же	То же	То же	То же	То же
Сильвинит	$\text{KCl} \cdot \text{NaCl}$	10-12	Крупнокристаллический розовый порошок (с осадком)	То же	То же	То же	То же	То же
Сернокислый калий	K_2SO_4	45-50	Белый тонкий порошок	То же	То же	То же	Обильный белый осадок	То же
Фосфорные удобрения								
Суперфосфат	$\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$	18-21	Светло-голубой мучнистый порошок или гранулы	Слабая	То же	Слабое пожелтение осадка	Хорошо заметная муть	Плавится слабо с выделением запаха резины
Фосфоритная мука	$\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$	20	Тонкий землистый порошок	Нераствормая	То же	То же	Нет	Нет

Окончание табл.

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Комплексные удобрения								
Аммофос	$\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$	N-12,P-50	Серо-стальные округлые гранулы	Хорошая	При нагревании выделяется аммиак	Осадок желтого цвета	Нет	–
Нитроаммофос	N:P	N-23,P-23	Крупные белые гранулы с желтоватым оттенком	Хорошая	Нет	Осадок желтого цвета	–	–
Нитроаммофоска	N:P:K	11:11:1	Бело-розовые или розоватые округлые крупные гранулы	Хорошая	Нет	Осадок желтого цвета	–	–
Диаммофоска	N:P:K	9-10:25-26:25-26	Розоватые или бело-розовые крупные округлые гранулы	Хорошая	Нет	Осадок желтого цвета	–	–
Нитрофоска	N:P:K	24:24:2	Розоватые или бело-розовые крупные округлые гранулы	Хорошая	Нет	–	–	–
Растворин (кристаллин)	N:P:K	8-18:5-18:18-28	Белые округлые гранулы	Хорошая	–	–	–	–
AVA	P:K, микро-элементы	48-55:14-25	Стекловидные гранулы синего или зеленого цвета	Слабая	–	–	–	–

**Поправочные коэффициенты к дозам азотных удобрений
в зависимости от класса обеспеченности почв азотом**

Обеспеченность почв азотом	Класс	Культуры		
		Зерновые, зернобобовые	Пропашные и многолетние травы	Картофель, овощи, корнеплоды
Серые лесные, дерново-подзолистые				
Очень низкая	1	1,4	1,4	1,4
Низкая	2	1,2	1,2	1,2
Средняя	3	1,0	1,0	1,0
Повышенная	4	0,7	0,7	0,7
Высокая	5	0,2	0,3	0,5
Очень высокая	6	0,0	0,0	0,3
	7	0,0	0,0	0,2
	8	0,0	0,0	0,1
Черноземы: обыкновенные, выщелоченные, оподзоленные				
Очень низкая	1	1,4	1,4	1,4
Низкая	2	1,2	1,2	1,2
Средняя	3	1,0	1,0	1,0
Повышенная	4	0,7	0,7	0,8
Высокая	5	0,0	0,0	0,5
Очень высокая	6	0,0	0,0	0,3
	7	0,0	0,0	0,2
	8	0,0	0,0	0,1
Черноземы южные и каштановые				
Очень низкая	1	1,4	1,4	1,4
Низкая	2	1,2	1,2	1,2
Средняя	3	1,0	1,0	1,0
Повышенная	4	0,5	0,7	0,7
Высокая	5	0,0	0,0	0,5
Очень высокая	6	0,0	0,0	0,3
	7	0,0	0,0	0,2
	8	0,0	0,0	0,1

Приложение 5

Поправочные коэффициенты к дозам фосфорных удобрений в зависимости от класса обеспеченности почв фосфором

Обеспеченность почв азотом	Класс	Культуры		
		Зерновые, зернобобовые	Пропашные и многолетние травы	Картофель, овощи, корнеплоды
Серые лесные, дерново-подзолистые				
Очень низкая	1	1,4	1,4	1,4
Низкая	2	1,2	1,2	1,2
Средняя	3	1,0	1,0	1,0
Повышенная	4	0,7	0,7	0,7
Высокая	5	0,2	0,3	0,5
Очень высокая	6	0,0	0,0	0,2
	7	0,0	0,0	0,2
	8	0,0	0,0	0,1
Черноземы: обыкновенные, выщелоченные, оподзоленные				
Очень низкая	1	1,4	1,4	1,4
Низкая	2	1,2	1,2	1,2
Средняя	3	1,0	1,0	1,0
Повышенная	4	0,7	0,7	0,8
Высокая	5	0,2 в рядки	0,2 в рядки	0,3
Очень высокая	6	0,0	0,0	0,2
	7	0,0	0,0	0,2
	8	0,0	0,0	0,1
Черноземы южные и каштановые				
Очень низкая	1	1,4	1,4	1,4
Низкая	2	1,2	1,2	1,2
Средняя	3	1,0	1,0	1,0
Повышенная	4	0,5	0,7	0,7
Высокая	5	0,3 в рядки	0,3 в рядки	0,3
Очень высокая	6	0,0	0,0	0,2
	7	0,0	0,0	0,2
	8	0,0	0,0	0,1

Приложение 6

Поправочные коэффициенты к дозам калийных удобрений в зависимости от класса обеспеченности почв калием

Обеспеченность почв азотом	Класс	Культуры		
		Зерновые, зернобобовые	Пропашные и многолетние травы	Картофель, овощи, корнеплоды
Серые лесные, дерново-подзолистые				
Очень низкая	1	1,4	1,4	1,4
Низкая	2	1,2	1,2	1,2
Средняя	3	1,0	1,0	1,0
Повышенная	4	0,7	0,7	0,7
Высокая	5	0,2	0,3	0,5
Очень высокая	6	0,2	0,0	0,2
	7	0,0	0,0	0,2
	8	0,0	0,0	0,1
Черноземы: обыкновенные, выщелоченные, оподзоленные				
Очень низкая	1	1,4	1,4	1,4
Низкая	2	1,2	1,2	1,2
Средняя	3	1,0	1,0	1,0
Повышенная	4	0,7	0,7	0,8
Высокая	5	0,0	0,0	0,3
Очень высокая	6	0,0	0,0	0,2
	7	0,0	0,0	0,0
	8	0,0	0,0	0,0
Черноземы южные и каштановые				
Очень низкая	1	1,4	1,4	1,4
Низкая	2	1,2	1,2	1,2
Средняя	3	1,0	1,0	1,0
Повышенная	4	0,5	0,7	0,7
Высокая	5	0,0	0,0	0,5
Очень высокая	6	0,0	0,0	0,2
	7	0,0	0,0	0,0
	8	0,0	0,0	0,0

Рекомендуемые нормы минеральных удобрений (кг д. в.)

Культуры	Серые лесные почвы, дерново-подзолистые			Черноземы: обыкновенный, выщелоченный, оподзоленные			Черноземы южные и каштановые почвы		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Зерновые по пару		20-30 в рядки			20-30 в рядки			20-30 в рядки	
Зерновые по многолетним травам	40	40	40	30	40	30	30	40	30
Зерновые по удобренным пропашным	40	40	40	30	40	40	30	30	30
Зерновые по обороту пласта многолетних трав	40	40	40	30	40	30	30	30	30
Зерновые по зерновым	30	40	40	40	60	40	30	40	30
Зерновые по однолетним травам	40	40	40	30	40	40	30	40	30
Пропашные по зерновым	60	70-80	40	40	60	60	40	60	40
Многолетние травы	40	60	40	40	40	40	30	40	30
Однолетние травы	40	40	40	40	40		40	40	
Картофель по пару	40	60	60	40	60	60	40	60	60
Картофель по зерновым	60	90	90	60	90	90	60	90	90
Кукуруза на силос	60-90	60-90	90	60-90	60-90	90	60	60-90	90
Корнеплоды	60	90	60	40	60	90	40	60	90
Овощи: капуста среднепоздняя и поздняя	90-120	90-120	90-120	90-120	90	90	90	90	90
– огурцы	40-60	60	60	60	60	60	40	60	60
– томаты	60-90	90	60-90	45-60	60-90	60	45-60	60-90	60-90
– морковь	40-60	60	40	40-60	60	40	45-60	60	45-60
– свекла	60-90	60-90	60	45-60	60-90	45-60	45-60	60	30-40

Приложение 8

Химический состав свежего навоза, % на сырое вещество (Красноярская и Ачинско-Боготольская лесостепь, ФГУП ЦГАС «Красноярский»)

Вид органического удобрения	Влажность	Зольность	Органическое вещество	рН	Содержание		
					N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Навоз КРС:							
подстилочный	78,7	5,8	17,5	8,2	0,43	0,24	0,33
бесподстилочный	83,6	3,2	13,2	8,0	0,39	0,16	0,26
на гидросмыве	95,7	1,0	3,3	7,6	0,16	0,05	0,17
Свиной:							
бесподстилочный	76,2	2,8	21,0	7,1	0,77	0,20	0,22
подстилочный	75,6	3,5	20,0	6,8	1,00	0,39	0,66
Овечий	66,4	0,8	34,8	8,7	1,01	0,34	1,55
Конский	73,7	4,9	21,4	7,5	0,52	0,29	0,53

ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ ПО АГРОНОМИЧЕСКОЙ ХИМИИ

Учебное пособие

Белоусова Елена Николаевна

Электронное издание

Редактор И.В. Пантелеева

Подписано в свет 07.09.2022. Регистрационный номер 21
Редакционно-издательский центр Красноярского государственного аграрного университета
660017, Красноярск, ул. Ленина, 117
e-mail: rio@kgau.ru