

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«КУБАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

ПРАКТИЧЕСКИЕ ЗАНЯТИЯ

по дисциплине

Прикладная агрохимия

Краснодар, 2015

Ведущий преподаватель:

Шеуджен А.Х., член-корр. РАН, профессор

Фамилия И.О., ученая степень, ученое звание

_____ *подпись*

_____ *дата*

Учебно-методическое пособие обсуждено на
заседании кафедры агрохимии

_____ протокол от _____ № _____

Заведующий кафедрой

Шеуджен А.Х., член-корр. РАН, профессор

Фамилия И.О., ученая степень, ученое звание

_____ *подпись*

Учебно-методическое пособие рассмотрено на заседании методической
комиссии факультета агрохимии и почвоведения

_____ протокол от _____ № _____

Председатель методической комиссии

Терпелец В.И., д.с.-х.н., профессор

Фамилия И.О., ученая степень, ученое звание

_____ *подпись*

Цель и задачи дисциплины

Цель изучения дисциплины – формирование у аспирантов углубленных профессиональных знаний в области агрохимии.

Задачи дисциплины:

- познакомиться с методами диагностики питания растений: почвенной и растительной;
- освоить методики отбора почвенных и растительных образцов и методы определения в них элементов питания;
- научиться корректировать дозы удобрений по результатам диагностики;
- эффективно использовать удобрения под важнейшие сельскохозяйственные культуры с учетом почвенной и растительной диагностики для производства растениеводческой продукции заданного количества и качества.

Дисциплина «Прикладная агрохимия» входит цикл Б1.В.ДВ.1 (цикл Б1.В.ДВ. «Дисциплины по выбору» основной образовательной программы подготовки аспиранта направление 35.06.01 — Сельское хозяйство профиль – Агрохимия)

Требования к формируемым компетенциям

Аспиранты, завершившие изучение данной дисциплины, должны:

Иметь представление:

- об экологических проблемах связанных с применением удобрений;
- о новых видах и формах минеральных удобрений и регуляторах роста растений.

Знать:

методы почвенной и растительной диагностики, их сущность и особенности применения для различных сельскохозяйственных культур.

Уметь:

- интегрированно применять агрохимические средства, регуляторы роста растений в адаптивно-ландшафтном земледелии на основе анализа современного состояния сельскохозяйственного производства, оценки уровня его экономической и экологической ситуации, деграционных процессов почв, обобщения мирового опыта земледелия с учетом его устойчивого развития.

Перечень компетенции, формируемых при изучении дисциплины – Прикладная агрохимия

Шифр	Формулировка компетенции
ОПК-1	владением методологией теоретических и экспериментальных исследований в области сельского хозяйства, агрономии, защиты растений, селекции и генетики сельскохозяйственных культур, почвоведения, агрохимии, ландшафтного обустройства территорий, технологий производства сельскохозяйственной продукции
ОПК-2	владением культурой научного исследования в области сельского хозяйства, агрономии, защиты растений, селекции и генетики сельскохозяйственных культур, почвоведения, агрохимии, ландшафтного обустройства территорий, технологий производства сельскохозяйственной продукции, в том числе с использованием новейших информационно-коммуникационных технологий
ОПК-3	способностью к разработке новых методов исследования и их применению в области сельского хозяйства, агрономии, защиты растений, селекции и генетики сельскохозяйственных культур, почвоведения, агрохимии, ландшафтного обустройства территорий, технологий производства сельскохозяйственной продукции с учетом соблюдения авторских прав
ОПК-4	готовностью организовать работу исследовательского коллектива по проблемам сельского хозяйства, агрономии, защиты растений, селекции и генетики сельскохозяйственных культур, почвоведения, агрохимии, ландшафтного обустройства территорий, технологий производства сельскохозяйственной продукции
ПК-1	Способность понимать сущность современных проблем агрохимии, современных технологий воспроизводства плодородия почв
ПК-3	Способность самостоятельно вести научный поиск в агрохимии и применять научные достижения в аграрном производстве
ПК-6	Способностью ставить задачи исследования, выбирать методы экспериментальной работы, интерпретировать и представлять результаты научных исследований
ПК-7	Способностью самостоятельно выполнять лабораторные исследования для решения научно-исследовательских и производственных задач с использованием современных методов исследования почв, растений, удобрений и сельскохозяйственной продукции
УК-1	способностью к критическому анализу и оценке современных научных достижений, генерированию новых идей при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях
УК-2	способностью проектировать и осуществлять комплексные исследования, в том числе междисциплинарные, на основе

	целостного системного научного мировоззрения с использованием знаний в области истории и философии науки
УК-3	готовностью участвовать в работе российских и международных исследовательских коллективов по решению научных и научно-образовательных задач
УК-5	способностью следовать этическим нормам в профессиональной деятельности
УК-6	способностью планировать и решать задачи собственного профессионального и личностного развития

Практические (семинарские) занятия

Таблица

№ темы лекции	Наименование практического занятия
1	Определение содержания подвижного фосфора и обменного калия на различных типах почв по методам Мачигина и Чирикова и определение уровня обеспеченности. Корректировка доз основного удобрения по результатам почвенной диагностики.
2	Тканевая диагностика растений по методу Церлинг
3	Диагностика азотного питания с помощью N-тестера и знакомство с работой N-сенсера
4	Функциональная диагностика.
5	Листовая диагностика различных культур. Мокрое озоление и определение валового содержания азота, фосфора и калия. Определение уровня обеспеченности растений элементами питания и установления потребности и дозы подкормки. Анализ различных видов диагностики

Определение доступного фосфора в почве по методу Ф.В. Чирикова

Значение анализа. По содержанию доступного фосфора в почве устанавливается уровень их обеспеченности этим элементом. Химический анализ почв позволяет определить содержание в них доступных растениям форм фосфора и необходимость внесения удобрений.

Принцип метода. Метод Ф.В. Чирикова основан на извлечении подвижных форм фосфора из почвы 0,5 н раствором уксусной кислоты при соотношении почвы и раствора 1:25. В полученном фильтрате фосфор определяют колориметрически на фотоэлектроколориметре. Колориметрическое определение фосфора в вытяжке основана на способности фосфорной кислоты давать синее окрашивание с молибденово-кислым аммонием в присутствии аскорбиновой кислоты и сурьмы или хлорного олова.

Ход анализа. Навеску почвы 4 г, взятую на технических весах, переносят в банку, добавляя 100 мл раствора 0,5 н CH_3COOH и взбалтывают на ротаторе 1 час. Затем фильтруют через простой фильтр в колбу или стакан. Первую порцию фильтрата (если она мутная) выбрасывают. После этого отбирают 10 мл вытяжки в мерную колбу емкостью 50 мл. Затем добавляют дистиллированную воду 30-35 мл, приливают 2 мл молибденового реактива из бюретки и доливают водой до метки. После этого вносят 3 капли раствора хлористого олова, перемешивают и через 5 мин просматривают на фотоэлектроколориметре в кювете с рабочей длиной 10-20 мм при красном светофильтре.

Для расчета результата готовят калибровочную кривую. Для этого берут 5 мерных колб на 50 мл и добавляют возрастающее количество образцового раствора на азот $[\text{KH}_2\text{PO}_4]$ с концентрацией 0,01 мг/мл: 0, 2, 4, 6, 8 мл, что соответствует содержанию P_2O_5 в г на 50 мл: 0, 0,02, 0,04, 0,06, 0,08. Затем в каждую пробирку приливают 10 мл 0,5н CH_3COOH . Далее поступаю так же, как описано ранее. По получены данным строят кривую.

Количество P_2O_5 вычисляют по формуле:

$$P_2O_5 (\text{мг/кг}) = \frac{c \times V_1 \times 50 \times 100 \times 1000}{50 \times 4 \times V_2}$$

где: P_2O_5 – содержание фосфора в почве, мг/кг,

c – концентрация P_2O_5 в образцовом растворе, мг/мл,

V_1 – объем, соответствующий раствору, найденному по калибровочному графику,

V_2 – объем вытяжки, взятой для анализа.

Группировка почв по обеспеченности подвижными формами фосфора по методу Чирикова.

Группа	Обеспеченность почвы	P_2O_5 (мг/кг почвы)
1	Очень низкая	< 20
2	Низкая	21-50

3	Средняя	51-100
4	Повышенная	101-150
5	Высокая	151-200
6	Очень высокая	> 201

Полученные результаты сравнивают с данными группировки почв по обеспеченности подвижным фосфором и делают заключение об обеспеченности и необходимости внесения фосфорных удобрений.

Определение доступного фосфора в почве по методу Б.П. Мачигина

Принцип метода. Метод Б.П. Мачигина основан на извлечении подвижных форм фосфора из почвы 1% раствором углекислого аммония $[(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3]$ при соотношении почва:раствор 1:20. Колориметрическое определение Фосфорной кислоты основано на способности ее давать синее окрашивание раствора с молибденовокислым аммонием в присутствии аскорбиновой кислоты и сурьямо-виннокислого калия или хлористого олова.

Ход анализа. На технических весах отвесить 5 г почвы и перенести в колбу емкостью 200-250 мл. В колбу прилить 100 мл 1% раствора $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$. Суспензию взбалтывать на ротаторе 5 мин. Затем в термостате выдержать 18-20 час при температуре равной 25°C.

Если вытяжка бесцветная или слабо окрашена, то взять осторожно пипеткой 15 мл вытяжки и перенести в химический стакан или мерную колбу. В стакан или колбу прилить 35 мл окрашивающего раствора и через 10 мин определить оптическую плотность раствора на колориметре. Если вытяжка окрашена, то осторожно взять пипеткой 15 мл вытяжки и перенести в термостойкий стакан или колбу. В стакан или колбу прилить 2 мл смеси 30% серной кислоты и марганцевокислого калия и прокипятить в течение 2 мин. К охлажденному раствору прилить 33 мл окрашивающего раствора и через 10 мин определить оптическую плотность раствора на колориметре.

Удаление окраски вытяжки можно провести добавлением 0,5 г активированного угля. Для полного удаления окраски добавляют еще 0,5 г угля. Тщательно вытяжку и уголь встряхивают и на центрифуге осаждают уголь. Потом берут необходимое количество вытяжки для анализа.

Для расчета результата готовят калибровочную кривую. Для этого берут 5 мерных колб на 50 мл и добавляют возрастающее количество образцового раствора на азот $[\text{KН}_2\text{PO}_4]$ с концентрацией 0,01 мг/мл: 0, 2, 4, 6, 8 мл, что соответствует содержанию P_2O_5 в г на 50 мл: 0, 0,02, 0,04, 0,06, 0,08. Далее прилить 35 мл окрашивающего раствора и довести до метки 1%-ным карбонатом аммония. По получены данным строят кривую.

Количество P_2O_5 вычисляют по формуле:

$$P_2O_5(\text{мг/кг}) = \frac{c \times V \times 50 \times 100 \times 1000}{50 \times 15 \times 5}$$

где: P_2O_5 – содержание фосфора в почве, мг/кг,

c – концентрация P_2O_5 в образцовом растворе, мг/мл,

V – объем, соответствующий раствору, найденному по калибровочному графику.

Полученные результаты сравнивают с данными группировки почв по обеспеченности подвижным фосфором и делают заключение об обеспеченности и необходимости внесения фосфорных удобрений.

Группировка почв по обеспеченности подвижными формами фосфора по методу Мачигина.

Группа	Обеспеченность почвы	P_2O_5 (мг/кг почвы)
1	Очень низкая	< 10
2	Низкая	11-15
3	Средняя	16-30
4	Повышенная	31-45
5	Высокая	46-60
6	Очень высокая	> 61

Экспресс-анализы срезов и сока растений

Определение нитратов в растениях по В. В. Церлинг проводят на поперечных срезах различных органов растений: стеблей, листьев, их черешков и пластинок, почек, бутонов, цветков и их частей, корней, корнеплодов, клубней, клубеньков бобовых и др. Для получения срезов определенной толщины можно пользоваться ручным микротомом, который состоит из цилиндрической ручки — держателя для зажима части растения и вращающегося кольца на верхнем конце этого держателя. Движением бритвы по этому кольцу делают срез, поворотом кольца по метке на держателе регулируют толщину среза.

При определении нитратов срезы кладут на стеклянную пластинку. Чтобы выяснить характер распределения питательных веществ по органам растения, срезы (поперечные и продольные) делают с разных частей: от кончика корня до верхушечной почки, цветка и семени. При определении нуждаемости растения в подкормке, можно ограничиться анализом лишь той его части, где искомое вещество локализуется в наибольших количествах: корни, стебли, черешки и главные жилки листьев нижних ярусов. Если в этой части определяемое вещество отсутствует или находится в весьма малом

количестве, то делают заключение о необходимости внесения дефицитного элемента.

При оценке результатов анализа важно иметь в виду, что с возрастом растений количество минеральных форм питательных веществ в них уменьшается (особенно нитратов). Например, малое количество нитратов в начале вегетации указывает на недостаток азотного питания, тогда как в фазе цветения такое содержание их считается нормальным.

На свежий срез растения, положенный на стекло, наносят одну каплю 1 %-ного раствора дифениламина в H_2SO_4 $\rho = 1,84$. Для ускорения реакции срез раздавливают стеклянным пестиком, взятым из прибора. Полученную окраску оценивают в баллах (табл. 3, 4; В.В. Церлинг, 1975).

В связи с необходимостью уточнения доз азотной подкормки под зерновые культуры для получения высококачественного зерна в агрохимслужбе, а также в сельскохозяйственных предприятиях стали широко применять ди-фениламиновою реакцию на нитраты в срезах стеблей пшеницы на основе прибора ОП-2 (Церлинг). Для этой цели ЦИНАО упростил шкалу до трех баллов:

1 - без окраски или бледно-голубая окраска сока (сильный недостаток азота);

2 - интенсивно-синяя окраска (слабая нуждаемость);

3 - темно-синяя окраска сока (питание азотом достаточное). Определения проводят по среднему баллу из 20 параллельных анализов. Для каждого результата даны дозы азотного удобрения: при 1 балле - 60 кг/га, при 2 баллах - 30 кг и при 3 - полкопмка не нужна.

Определение ортофосфатов в растениях по В.В. Церлинг основано на образовании комплексного соединения при взаимодействии анионов фосфорной и молибденовой кислот, которое при восстановлении оловом или бензидином окрашивает раствор в синий цвет. Интенсивность окраски пропорциональна концентрации фосфат-ионов в растении. Метод чувствителен, поэтому при высокой концентрации минерального фосфора в растениях сок разбавляют.

Содержание их в растении определяют анализом сока из поперечного среза стебля, черешка или главной жилки нижнего листа. На кусочки (2 см) фильтровальной бумаги, разложенные на стеклянной пластинке, помещают срезы растений. Их раздавливают пестиком из прибора (рис. 315). На каплю сока, полученного с помощью ручного пресса, или на срез наносят по каплям реактивы: молибденовокис-лый аммоний, бензидин и уксуснокислый натрий.

Для ускорения анализа можно заранее пропитать фильтровальную бумагу раствором молибденовокислого аммония: высушить, нарезать кусочками по 2 см и хранить в закрытой коробке (на свету может посинеть).

Реактивы. 1. Растворяют 5 г молибденовокислого аммония в 100 мл дистиллированной воды и добавляют 35 мл азотной кислоты (плотность 1,2). 2. Растворяют 0,1 г бензидина в 10 мл ледяной уксусной кислоты, добавляют 10 мл насыщенного раствора уксуснокислого натрия.

3. Растворяют в воде уксуснокислый натрий до насыщения.

Определение калия в растениях, по В. В. Церлинг основано на образовании оранжевого осадка дипикрилами-ната калия. Интенсивность окраски пропорциональна концентрации калия в растении.

Для определения свободного калия, неадсорбированного на органеллах клетки, кладут поперечный срез части растения на кусочек фильтровальной бумаги. Срез раздавливают пестиком из прибора в сторону от пятна капли сока. Наносят на пятно сока и срез по одной капле: сначала раствор дипикриламината магния (кобальтнитритом натрия), затем соляной кислоты HCl. Дипикриламинат калия красно-оранжевого цвета, нерастворим в HCl, тогда как дипикриламинат магния разлагается под действием кислоты, выделяя избыток дипикриламината магния желтого цвета. Интенсивность красного цвета дипикриламината калия сравнивают со шкалой, прилагаемой к прибору, и оценивают в баллах (табл. 7, 8; В.В. Церлинг, 1975).

Реактивы. 1. Раствор дипикриламината магния: 3 г дипикриламина и 1,3 г оксида магния растворяют в 100 мл воды и через 15-20 ч фильтруют. 2. 2 н. раствор HCl. Все перечисленные реактивы в виде растворов и, кроме того, в сухих солях (запас реактивов), а также необходимая посуда и материалы, шкалы и инструкции помещены в приборе ОП-2 (Церлинг).

Посуда: молочное стекло размером 20x15 см, набор предметных стекол, три стеклянных пестика, пачка обез-золенных фильтров «синяя лента» или «белая лента», бритва, ланцет.

Определение калия проводят также по реакции с ко-бальтнитритом натрия. Оценку уровня обеспеченности азотом, фосфором и калием растений и их нуждаемости в удобрениях проводят по скорости образования и интенсивности окраски сока или среза растений при добавлении индикаторных реактивов.

В практике чаще всего тканевую диагностику озимой пшеницы проводят в фазы выхода в трубку, начало колошения. Дозы азотной подкормки устанавливаются по уровню обеспеченности нитратным азотом

Экспресс контроль азотного питания растений N-тестером

В настоящее время, возникает острая необходимость в экспресс контроле азотного питания растений. Это связано с необходимостью точного внесения доз азотных удобрений в зависимости от обеспеченности растений азотом. В европейских странах широко используются различные компактные приборы - N-тестеры, позволяющие по интенсивности окраски листьев определять потребность растений в азоте. Это связано с тем, что непосредственный участник фотосинтеза - хлорофилл определяет зеленый цвет листьев растений. Азот входит в состав хлорофилла и оказывает большое влияние на интенсивность фотосинтеза. Поэтому наблюдается зависимость между обеспеченностью растений азотом и интенсивностью окраски листьев.

N-тестер - это портативный прибор, предназначенный для определения уровня азотного питания растений по содержанию хлорофилла в листьях, непосредственно в поле, без использования вспомогательных средств. Он позволяет следить за динамикой азотного питания сельскохозяйственных культур в ходе их вегетации, оперативно определять необходимость в азотной подкормки для рационального использования удобрений, с целью получения максимально возможных урожаев качественной продукции растениеводства.

N-тестер - ручной прибор, который дает возможность прямо в поле, быстро и легко провести измерения на растущей культуре, и точно определить уровень азотного питания в течение вегетации. Это помогает следить за изменениями потребности растения в азоте, вызванными такими факторами, как выпадение осадков, и дает возможность вносить соответствующие корректировки.

Методика проведения полевого обследования N -тестером. При проведении полевых обследований прибором «N-тестер» необходимо руководствоваться тем принципом, что полученный результат должен отображать объективное состояние обследуемого участка. В связи с этим, необходимо, чтобы анализируемая прибором выборка отражала содержание азота в генеральной совокупности, то есть анализируемый участок должен быть типичным и отражать состояние растений всего поля.

Образцы растений анализируются по диагонали участка в равноудаленных точках, отступая 40-50 м от края поля. Для характеристики выровненного поля площадью 80-100 га рекомендуется провести учеты в трехкратной по-вторности по 30 растений в каждом учете. Измерения проводят на верхних листьях разных стеблей, пропорционально их количеству,

отдавая предпочтения главным. При этом не следует предвзято искать более яркие участки или растения.

При наличии пятен с внешними признаками нарушения питания, отставания в росте, вследствие понижения рельефа (балки) измерения на этих участках не производятся, если площадь не превышает 20 % поверхности поля. Если пестрота поля при визуальной оценке составляет около 50 %, то измерения производятся на всех участках поля, при этом количество повторностей необходимо увеличить в зависимости от пестроты почвенного покрова.

При дроблении поля в год предшествующему посеву измерения проводятся на каждом таком участке. Исходя из этого, определяется и планируемая урожайность под каждым предшественником, как на отдельном поле.

Преимуществом данного метода является то, что на измеряемую величину не оказывают такие факторы как временной отрезок дня, налет от опрыскивания химическими препаратами, влажные листья (осадки, роса).

Функциональная диагностика

Определение основано на измерении фотохимической активности суспензии хлоропластов средней пробы листьев без добавления диагностируемого элемента, а затем с испытуемым элементом. В случае повышения фотохимической активности суспензии хлоропластов по сравнению с контролем (без добавления элементов) делают заключение о необходимости внесения элемента, а случае снижения — об избыточном его содержании и при активности, одинаковой с контролем -- об оптимальной концентрации диагностируемого элемента в питательной среде.

Для пробы отбирают растения, наиболее характеризующие данный участок. Срок доставки листьев для анализа должен быть по возможности коротким — не более 20—30 мин. однако при специальной подготовке и отборе целых растений он может быть увеличен до нескольких часов. При этом необходимо исключить подвядавшие листья.

Порядок анализа. Перед анализом наливают во все пробирки по 10 мл 0,035 М NaCl (2.0! г/л). В опытные пробирки, кроме того, вносят по 1 мл тестируемого элемента заданной концентрации (N, P, K — 10⁻⁴ М растворы; Mg, Ca II)-* М; Си, Со— K) М; остальные микроэлементы 10⁻⁵ М растворы),

В качестве акцептора электронов применяют 2,6-дихлорфенол индофенол (2,6-ДХФИФ — 12 мг/100 мл). После подготовки контрольных и опытных пробирок приступают к выделению суспензии хлоропластов.

Среднюю пробу листьев (если большие листья, то берут половинки) растирают со средой, используемой для анализа (2,05 г NaCl на 100 мл воды) при примерном соотношении 1 и 5-10.

Прибавляют в ступку на кончике шпателя CaCO₃ и фильтруют через двойкой слой ткани или четыре слоя марли в темную (или оклеенную фотобумагой) пробирку.

Определяют активность хлоропластов (контроль): 0,2—0,5 мл суспензии хлоропластов вливают в пробирку с 10 мл 0,035 М NaCl. Добавляют туда 2 мл 2,6-ДХФИФ, перемешивают и измеряют оптическую плотность на спектрофотометре при длине волны 620 нм. Затем в течение 30—60 с освещают кювету проектором (можно другим источником света) и вторично измеряют плотность. Но разности поглощения судят об активности хлоропластов. Аналогично контролю проводят определение активности с изучаемым элементом. Если плотность после освещения больше, чем до освещения, то фотохимическая активность повысилась и, следовательно, необходимо внесение элемента в питательную среду. При уменьшении плотности или при отсутствии различия делают выводы соответственно об избыточном или оптимальном содержании элемента.

Кроме всех рассмотренных методов, при тканевой диагностике используют ионселективные электроды для определения ряда элементов и их соединений, что позволяет получать количественные показатели по содержанию калия, натрия, кальция, магния, хлора, брома, меди, свинца, кадмия, фосфора, бора, серы и нитратов в выжатом соке, пасоке и в вытяжках из свежих растений.

Указанные элементы определяют этим методом только в том случае, когда они находятся в ионной форме и не связаны в органические или неорганические комплексы.

Методами тканевой диагностики можно не только уточнить потребность растений в подкормке, но и решить вопросы плодородия почв, например, о доступности почвенных элементов для возделываемой культуры, выявить значение свойств почвы (засоление, кислотность, гранулометрический состав, степень увлажнения и др.), приемов агротехники, условий погоды в поглощении корнями питательных веществ почвы и удобрений.

Тканевая диагностика позволяет также понять многие физиологические процессы: поглощение и передвижение элементов по органам и тканям растений, обменные процессы, связь минерального питания с другими функциями растительного организма, прежде всего с фотосинтезом и дыханием. Селекционерам эти методы дают возможность выявить более

активные особи растений в массиве по использованию конкретных почвенно-климатических условий, а также установить различия в потребности отдельных сортов в элементах питания по фазам развития. Все это будет служить основой разработки сортовой агротехники.

При использовании методов тканевой диагностики следует учитывать факторы, которые могут усилить или ослабить способность растений быстро синтезировать сложные органические соединения и тем самым повлиять в ту или другую сторону на запас минеральных форм питательных веществ в тканях.

МЕТОДЫ ОЗОЛЕНИЯ

При валовых анализах листьев или других частей растений применяют обычные методы озоления органического вещества для определения в нем N, P, K, Ca, Mg и других элементов. Чаще анализы ведут в двух навесках — в одной диагностируют азот по Кьельдалю, в другой — остальные элементы после мокрого, полусухого или сухого озоления.

Мокрое озелене предусматривает использование концентрированной H_2SO_4 с катализаторами, либо в смеси с HNO_2 , либо с $HClO_4$, либо с H_2O_2 .

При сухом озолении необходим тщательный контроль за температурой, так как сжигание в режиме выше $600\text{ }^\circ\text{C}$ может привести к потерям фосфора, серы и других элементов.

Для ускорения анализа ищут пути такого способа озоления растительной пробы, который позволил бы определить в одной навеске несколько элементов. В. В. Пиневич использовал для определения в одной навеске N и P озоление H_2SO_4 , при этом для проверки на отсутствие P после озоления он добавлял H_2O_2 . Этот принцип озоления широко применяют агрохимики в Украинской ССР, о чем свидетельствуют работы А. А. Бондаренко, О. К. Харитонova.

Другой распространенный сейчас метод кислотного озоления навески для определения в ней одновременно нескольких элементов разработали сотрудники Почвенного института К. Е. Гинзбург, Г. М. Щеглова, Е. А. Вульфius. Метод основан на использовании смеси H_2SO_4 (плотность 1,34) и 60%-ной HNO_3 в отношении 10:1.

При необходимости определять серу в растениях указанные методы озоления не годятся, так как основаны на использовании серной кислоты. Р. Х. Ай-данян с сотрудниками предложил сжигание растительной пробы для определения в ней серы, смешивая ее с бертолетовой солью и чистым песком.

Для определения серы можно использовать также метод В. Н. Кузнецова с сотрудниками, представляющий собой несколько

переработанный метод К. Шенигера. Принцип определения заключается в быстром озолении пробы в колбе, заполненной кислородом с последующим титрованием образовавшихся при этом сульфатов титрованным раствором хлористого бария с металлин-дикатором на барий-нигхромазе. Чтобы обеспечить большую точность и воспроизводимость результатов анализа, рекомендуют пропускать полученный раствор через колонку с ионообменной смолой в H^+ форме для освобождения раствора от катионов. Полученный таким образом раствор сульфатов упаривают на плитке до объема 7—10 мл и по охлаждении титруют (Церлинг, Ерофеев, 1973).

Существует довольно большое варьирование в методах озоления растительных проб, которые различаются главным образом по видам растений (богатые жирами или кремнием и т. д.) и по задачам анализа.

В связи с разнообразием методов валового анализа растений осложняется сравнимость результатов, полученных разными исследователями. Поэтому возникла проблема стандартизации методов. Во многих зарубежных странах для этой цели организуют межинститутские комитеты. Так, по инициативе Франции был организован Межинститутский комитет по изучению техники химической листовой диагностики. В его составе работают 25 лабораторий как французских, так и других стран. В этих лабораториях были проведены химические анализы стандартных образцов листьев 13 полевых и плодовых культур, присланных Комитетом для определения валового содержания азота, фосфора, калия, кальция, магния, железа, марганца, меди и цинка. После тщательной математической обработки результатов Комитет рекомендовал стандартные методы химической диагностики, затем повторно были разосланы стандартные пробы листьев с указанием их химического состава для контроля точности анализов при листовой диагностике.

Озоление образцов листьев рекомендуется проводить следующим образом.

Для определения общего азота по Кьельдалю -- с H_2SO_4 (плотность 1,84). катализаторами $K_2S_2O_8 + CuSO_4$ и селеном.

Для определения других элементов используют сухое озоление пробы в платиновой посуде при $450^\circ C$, по охлаждению золу растворяют HCl (плотность 1,19) с подогревом на плитке. После фильтрования осадок с фильтром озоляют при $550^\circ C$ (максимум) с добавлением плавиковой кислоты. Затем охлаждают, повторно обрабатывают концентрированной соляной кислотой и снова фильтруют. Фильтраты, доведенные до определенного объема, используют для анализа на содержание минеральных макро- и микроэлементов (Pinta, 1975).

