

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

# Конспект лекций

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

## СОДЕРЖАНИЕ ЛЕКЦИЙ

Таблица 1

№ темы лекции	Наименование темы и план лекции
1	Сущность, задачи и виды диагностики питания растений
2	Почвенная диагностика питания растений
3	Визуальная диагностика питания растений
4	Химическая диагностика питания растений
5	Функциональная диагностика
6	Диагностика питания сельскохозяйственных культур

**Введение.** Значение химизации сельского хозяйства в решении продовольственной проблемы в мире и России, Состояние и перспективы производства и применения минеральных и органических удобрений в России и мире, у нас на Кубани. Удобрения и охрана окружающей среды. Экологические аспекты, связанные с применением удобрений. Значение диагностики питания растений для повышения урожайности сельскохозяйственных культур и наиболее эффективного применения удобрений. Роль диагностики питания растений в вопросах применения удобрений. Диагностика питания растений - самый надежный метод определения потребности их в удобрениях. Сущность диагностики питания растений, ее цель и задачи.

**Почвенная диагностика питания растений.** Сущность и задачи почвенной диагностики. Методика отбора почвенных образцов. Методы определения содержания доступных форм азота, фосфора и калия в почве.

Группировка почв по содержанию элементов питания. Обеспеченность почв микроэлементами. Методы их определения. Картограммы и паспорта полей. Корректировка доз удобрений по результатам почвенной диагностики.

Под *почвенной диагностикой* понимается определение содержания в почве доступных форм элементов питания – азота, фосфора, калия, микроэлементов. Результаты почвенной диагностики используются для установления норм основного удобрения и подкормок.

Для определения условий азотного питания растений в почве определяется содержание нитратного и аммонийного азота. Эти формы азота непосредственно усваиваются растениями. В сумме они составляют минеральный азот. При оценке результатов определения необходимо учитывать, что при анализе почв на посевах определяется остаток минерального азота от потребления растениями. Поэтому оценивать результаты можно только вместе с наблюдениями за ростом растений, так как образующийся минеральный азот быстро поглощается растениями. Если минерального азота в почве мало, а растения растут нормально, то применять удобрения в период вегетации не нужно.

Определение минерального азота в почве возможно и осенью, особенно в районах, где почва промерзает на длительный срок. Для оценки обеспеченности почв азотом определяют также содержание его легкогидролизуемых форм в кислотных или щелочных вытяжках.

Для оценки обеспеченности растений фосфором в почве определяют содержание этого элемента, переходящего в различные кислотные или солевые вытяжки. Кислотные и солевые вытяжки, используемые для определения содержания подвижного фосфора

Почва	Метод	Растворитель
Чернозем выщелоченный	Чирикова	0,5н СН <sub>3</sub> СООН
Чернозем обыкновенный	Мачигина	% (NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> СО <sub>3</sub>
Желтозем	Аррениуса	% лимонная кислота

Обеспеченность почв калием оценивается по результатам определения обменного калия, в одной вытяжке с фосфором.

Полученные результаты группируются и наносятся на агрохимические картограммы

Группировка почв по содержанию подвижного фосфора и обменного калия, мг/кг почвы

Группа	Содержание	Подвижный фосфор		Обменный калий	
		по Мачигину	по Чирикову	по Мачигину	по Чирикову
1	Очень низкое	<10	<50	<100	0-30
2	Низкое	10-15	50-100	100-200	31-60
3	Среднее	15-30	100-150	200-300	61-90
4	Повышенное	30-45	150-200	300-400	91-120
5	Высокое	45-60	200-300	400-600	121-180
6	Очень высокое	>60	>300	>600	>180

Подвижные формы микроэлементов определяют в различных вытяжках и результаты также наносят на картограммы.

**Визуальная диагностика питания растений.** Сущность визуальной диагностики, ее преимущества и недостатки. Понятие о реутилизуемых и нереутилизуемых элементах питания. Роль азота в жизни растений,

формировании урожая и качества продукции. Признаки азотного голодания растений. Избыток азота и его проявление. Роль фосфора в жизни растений. Действие фосфора на растения в течение вегетации, периодичность его потребления. Признаки фосфорного голодания растений. Роль калия в жизни растений. Его влияние на формирование урожая и качества продукции. Признаки калийного голодания растений. Роль мезо и микроэлементов в жизни растений, признаки голодания.

Растительную диагностику можно разделить на визуальную и химическую. Данные растительной диагностики используются для контроля за действием удобрений и определения необходимости подкормки.

**Визуальная диагностика** заключается в наблюдениях за ростом растений. При глазомерной оценке уровня питания растений определяют высоту растений, степень кущения (или ветвления), размер и форму листьев в сравнении с растениями, растущими при нормальном питании. Особое внимание уделяется окраске листьев: общая окраска; различие в цвете нижних и верхних (взрослых) листьев; особенности окраски в пределах листовой пластинки – различие в центре и по краям, наличие пятен, цвет засохшей ткани. При этом нужно иметь в виду, что нижние листья могут приобретать нетипичный вид и по причинам, не связанным с обеспеченностью элементами питания (недостаток воды, затенение). При голодании растений пятна локализованы по краям листа или вдоль жилок, при заболеваниях они расположены хаотично. Заболевания могут проявляться на отдельных растениях, голодание – на определенной площади. Недостаток элементов питания по-разному отражается на внешнем виде растений и отдельных их органов.

*Недостаток азота.* Растения низкорослые, кущение (или ветвление) слабое, листья меньше по размеру, но их форма сохраняется. Общий цвет посева и отдельных листьев светло-зеленый, желтовато-зеленый, зеленовато-желтый, желтый. На нижних листьях пожелтение проявляется сильнее. Края листовой пластинки светлее основной части. Между жилками окраска светлее, чем вблизи от них. Края листовой пластинки приобретают бежевую окраску, засыхают, цвет высохшей ткани светло-коричневый. Признаки голодания постепенно усиливаются вверх по растению. У сои признаки сильнее проявляются на листьях, образовавшихся в период голодания. У растений с параллельным жилкованием (пшеница, кукуруза и др.) больше засыхает верхушка листа, при сетчатом жилковании (сахарная свекла, соя и др.) отмирание происходит сравнительно равномерно по всему краю листовой пластинки. Признаки часто проявляются весной на посевах озимой пшеницы в фазе трубкования, на посевах кукурузы в фазе 6-7 листьев.

*Недостаток фосфора.* Растения также низкорослые. Кущение (или ветвление) слабое, листья уменьшаются в размерах, становятся узкими, приподнятыми. Общий цвет посева темно-зеленый, иногда с коричневатым оттенком. По краю темно-зеленых листьев, начиная с нижнего яруса, появляются бурые пятна, которые сливаются, вызывая засыхание края листьев, цвет засохшей ткани темно-коричневый (темно-бурый). Признаки голодания постепенно усиливаются вверх по растению. При параллельном жилковании листа больше засыхает его верхушка, при сетчатом – сравнительно равномерно по краю листовой пластинки. Фосфорное голодание часто проявляется на карбонатных почвах на посевах озимой пшеницы в фазе кущения.

*Недостаток калия.* Рост растений ослаблен, слабое кущение (ветвление). Общий цвет посева и отдельных листьев – зеленый. Верхушки (края) нижних листьев светлеют, затем засыхают, цвет засохшей ткани бурый. Признаки голодания распространяются снизу вверх. В полевых условиях встречается редко.

*Недостаток кальция.* Задерживается рост верхних листьев, на них появляются светло-желтые пятна (хлоротичность), затем листья отмирают, а ранее образовавшиеся листья остаются нормальными. Это связано с тем, что кальций слабо реутилизируется. При недостатке кальция корни растений слабо ветвятся, укорачиваются и ослизняются. Кальциевое голодание встречается на кислых почвах.

*Недостаток магния.* Содержание хлорофилла в зеленых частях растений уменьшается. Магний в растениях реутилизируется. Листья, прежде всего нижние, становятся пятнистыми "мраморовидными", бледными между жилками, а вдоль жилок сохраняется зеленая окраска (частичный хлороз). Затем листья постепенно желтеют, скручиваются с краев и преждевременно опадают. Признаки магниевое голодания встречаются редко – главным образом на почвах с низким содержанием этого элемента.

*Недостаток серы.* Верхние выросшие листья у растений, в том числе и жилки, приобретают светло-зеленую или желтую окраску. Затем желтеют и старые листья. Признаки похожи на недостаток азота, но проявляются сильнее на верхних молодых листьях. Так как у сои признаки азотного голодания могут проявляться и на верхних листьях, то недостаток серы можно выявить у этой культуры только по химическому анализу листьев на содержание этих элементов.

*Недостаток бора.* Проявляется в посветлении верхушек и верхних молодых листьев, отмирании точек роста, снижении урожая семян. У свеклы отмирают зачатки молодых листьев и точка роста (гниль сердечка). У томата наблюдается почернение точек роста. Признаки проявляются чаще на карбонатных почвах, и после известкования.

*Недостаток молибдена.* Молибденовое голодание вызывает ослабление зеленой окраски листьев вследствие нарушения азотного обмена. У бобовых меняется окраска всего листа, у других культур появляются светлые пятна. При сильном недостатке молибдена хлорозные ткани отмирают, листья искривляются.

*Недостаток марганца.* У растений возникает хлороз между жилками (желтоватая и палевая окраска). Жилки остаются зелеными, и лист приобретает узорчатый пестрый вид. Затем хлорозная ткань отмирает с появлением пятен. У листьев с сетчатым жилкованием они округлые, у листьев с параллельным жилкованием – удлиненные. Признаки недостатка марганца обнаруживаются чаще у свеклы, картофеля, капусты, плодовых культур на карбонатных и торфяных почвах.

*Недостаток меди.* Развивается хлороз листьев, побеление и засыхание их кончиков, увядание, задержка кущения у злаков и слабое образование семян. Признаки в большей степени выражены на молодых частях растений. Признаки недостатка меди наблюдаются на торфяных, кислых, песчаных почвах.

*Недостаток цинка.* Проявляется в виде хлороза верхних листьев, особенно часто у молодых растений кукурузы. Рост ослаблен, початки мелкие, искривленные. Проявляется на карбонатных и других почвах, при внесении фосфорных удобрений.

*Недостаток железа.* Происходит потеря зеленой окраски молодых листьев. Чаще всего недостаток железа растения испытывают на карбонатных почвах в засушливой зоне.

Хлороз листьев развивается при недостатке разных элементов и визуально установить, недостатком какого из них он вызван, бывает затруднительно. Необходимо учитывать также

почвенные условия, проводить подкормку раствором удобрения, содержащим предполагаемый недостающий элемент. Обычно через несколько дней после подкормки признаки голодания исчезают.

**Тканевая диагностика питания растений.** Сущность и значение тканевой диагностики. Особенности проведения тканевой диагностики. Особенности проведения тканевой диагностики. Индикаторные органы и их выбор. Индикаторные органы у различных культур. Сроки отбора проб для тканевой диагностики. Методика отбора растительных проб. Экспресс-анализы срезов и сока растений. Тканевая диагностика по методу Церлинг. Листовая диагностика. Сущность и особенности листовой диагностики, ее точность и трудоемкость. Отбор растительных образцов для листовой диагностики. Методы анализов при листовой диагностике. Сроки отбора проб. Листовая диагностика на озимой пшенице. Листовая диагностика у плодовых.

**Химическая диагностика.** Между урожаем и химическим составом растений существует тесная связь. Различные условия питания, в том числе и обусловленные внесением удобрений, сказываются на их химическом составе. Эта связь используется для диагностики (определения) потребности в удобрениях.

Высокий урожай бывает при оптимальных условиях питания растений. Их химический состав можно принять за норму, то есть достаточный для формирования высоких урожаев. Низкий урожай и низкое содержание элементов питания указывают на недостаток их для растений. Если химических элементов в молодых растениях содержится много, а масса растений небольшая, то это свидетельствует о том, что не питание, а какой-то другой фактор задерживает рост растений.

С целью оценки условий питания проводят тканевую или листовую диагностику.

*Тканевая диагностика* предусматривает определение содержания неорганических форм соединений элементов питания в тканях или вытяжке из растений. Для ее проведения можно использовать полевую лабораторию К.П. Магницкого, которая позволяет очень быстро, в течение нескольких минут, в поле определить содержание азота, фосфора и калия в клеточном соке растений и сделать вывод об обеспеченности ими растений и потребности в удобрениях.

Для анализа отбирают: у картофеля черешки листьев среднего яруса, у кукурузы – центральную жилку у основания листа среднего яруса, у пшеницы – нижнюю часть растений, лишенную листовых пластинок. Ручным прессом выжимают сок и помещают его по одной капле в углубления специальной пластинки. Затем добавляют каплями соответствующие реактивы и сравнивают полученную окраску со шкалой эталонных растворов или с бумажной цветной шкалой. Такие анализы дают много информации. Например, в одном из опытов при анализе клеточного сока озимой пшеницы в фазе кущения были получены следующие результаты.

Содержание элементов питания в клеточном соке озимой пшеницы, мг/кг сока

Вариант	Азот	Фосфор	Калий
Без удобрений	100	80	3000
N <sub>90</sub>	750	40	3000
P <sub>60</sub>	0	160	3000

Результаты показывают, что без удобрений на этом участке растения испытывали недостаток азота, и их следовало подкормить азотным удобрением. Внесение одного азота в высокой норме привело к фосфорному голоданию, а одного фосфора – к острому недостатку азота (в клеточном соке азота нет, а фосфор накапливается, так как не переходит в органические соединения). В последнем варианте состав клеточного сока показывает оптимальные условия питания.

Может использоваться также полевая лаборатория В.В.Церлинг. Она позволяет устанавливать содержание нитратов, фосфатов и калия в растениях. Анализ проводят на срезах частей растений, богатых сосудисто-проводящей системой. Для сравнения нужно брать образцы с одного яруса растений, лучше среднего. На срезы наносятся соответствующие реактивы. Оценка состояния питания растений проводится по окраске. Чем она темнее, тем выше содержание элементов питания и меньше потребность в удобрениях.

Используют также ряд других методов. Так как наиболее часто проявляется недостаток азота, то тканевую диагностику азотного питания в поле можно провести с использованием раствора дифениламина (по В.В.Церлинг). Хорошие результаты дает также анализ вытяжек из тканей растений (по К.П.Магницкому).

*Листовая диагностика* заключается в анализе листьев на валовое содержание элементов минерального питания, которое позволяет оценивать обеспеченность ими растений. Химический состав растений на обследуемом участке сравнивают с составом нормально обеспеченных растений.

Для анализа отбирают листья определенного яруса, чаще среднего, иногда – верхний взрослый лист (третий по счету сверху, начиная с разворачивающегося листа). Отобранные листья высушивают, измельчают и в них определяют содержание азота, фосфора и калия экспресс-методами валового анализа. Например, применительно к условиям Краснодарского края разработана методика листовой диагностики для установления нормы азота поздней азотной подкормки озимой пшеницы с целью улучшения качества зерна. Анализ проводится в трех верхних листьях. Нормы удобрений устанавливают по содержанию азота.

**Функциональная диагностика.** Функциональная экспресс-диагностика по фотосинтетической активности хлоропластов. Оборудование для проведения функциональной диагностики. Отбор проб и приготовление суспензии хлоропластов. Методика проведения анализа. Выдача рекомендаций. Достоинства функциональной диагностики.

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 подвядание листьев.

*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<sup>-3</sup> М растворы; Mg, Ca и I)\* М; Si, Co— K) М; остальные микроэлементы 10<sup>-5</sup> 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 CaCO<sub>3</sub> 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.

**Экспресс контроль азотного питания растений.** Значение контроля азотного питания растений. Принцип работы N-тестера. Методика проведения обследования N-тестером. Факторы влияющие на показания N-тестера. Азотная диагностика на озимой пшенице. Использование N-тестера на посевах риса. N-сенсор – точное проведение азотной подкормки.

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 производится 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).

**Диагностика питания озимой пшеницы.** Удобрение озимой пшеницы. Допосевное удобрение озимой пшеницы. Корректировка дозы допосевого удобрения. Первая ранне-весенняя подкормка озимой пшеницы. Почвенная диагностика питания озимой пшеницы. Вторая подкормка. Стеблевая диагностика питания озимой пшеницы. Третья подкормка озимой пшеницы. Листовая диагностика питания озимой пшеницы. Диагностика питания риса. Значение культуры риса в народном хозяйстве. Потребность риса в питательных элементах. Система удобрения риса. Значение подкормки риса азотом и условия ее проведения. Листовая диагностика питания растений риса. Доза удобрений для подкормок риса в фазу кущения. Использование N-тестера на посевах риса.

**Озимая пшеница.** От всходов до полного кущения растения пшеницы усваивают 30–40 % азота, фосфора и калия от всего потребляемого ими количества. Накопление сухого вещества озимой пшеницей за этот период составляет только 8–10 %. Потребление элементов питания резко возрастает в фазу выхода в трубку и колошения растений, затем снижается. Недостаток азота в этот период приводит к закладке небольшого колоса, с меньшим количеством колосков и цветков. В период формирования зерна низкая обеспеченность азотом приводит к ухудшению его качества из-за уменьшения содержания белка. Фосфор потребляется озимой пшеницей более равномерно вплоть до восковой спелости зерна. Калий начинает усиленно поглощаться раньше, чем азот, но уже после цветения его поглощение замедляется, и содержание в растении уменьшается. Не сбалансированное, повышенное азотное питание в начале роста пшеницы может привести к излишнему ее кущению, в дальнейшем – к затенению растений, полеганию, развитию болезней и снижению урожая. Повышение качества зерна пшеницы не может быть достигнуто без совместного применения минеральных и органических удобрений, особенно в зонах достаточного увлажнения и при орошении, где применение удобрений дает наибольший эффект в увеличении урожая. Наряду с повышением урожайности и содержанием белка в зерне, при внесении азотных удобрений увеличиваются содержание клейковины, стекловидность, выход муки. Улучшаются также хлебопекарные качества зерна пшеницы.

Накопление белка зависит, прежде всего, от обеспеченности растений азотом. Фосфорные удобрения почти не изменяют содержание белка, а калийные действуют слабо.

Азотные удобрения под основную обработку почвы вносятся в зависимости от предшественника. В северной зоне Краснодарского края вносят  $N_{40-60}$ , в центральной и южно-предгорной –  $N_{40-70}$ . Меньшая доза дается по лучшим предшественникам –

многолетним травам, гороху, кукурузе на силос и другим, большая – по поздним пропашным культурам.

При средней обеспеченности почв фосфором и калием в северной зоне вносят  $P_{100}K_{60}$ , в центральной и южно-предгорной зонах, включая Адыгею, –  $P_{80}K_{60}$ . Если под пшеницу вносился навоз, то под основную обработку вносят  $N_{30}$ . При посеве во всех зонах вносят суперфосфат из расчета  $P_{20}$ .

Подкормки проводятся с учетом почвенной и растительной диагностики в следующие сроки: ранневесенняя (возобновление вегетации), конец кущения – начало трубкования, колошение, начало формирования зерновки. Ранневесенняя подкормка в дозе  $N_{30-60}$  проводится по данным содержания минерального азота в почве. В период от начала выхода растений в трубку до колошения проводится стеблевая диагностика с использованием экспресс-метода. Дозы азота для подкормки устанавливаются по содержанию нитратов в растении:

Балл обеспеченности	0–0,5	0,6–1	1,1–2	2,1–2,5	2,6–3
Доза азота, д.в. кг/га	60	40	30	20	0

Поздняя подкормка от колошения до молочной спелости существенно улучшает качество зерна. Для установления дозы удобрения в этот срок проводят листовую диагностику – определение общего азота в трех верхних листьях (табл. 60; Леплявченко Л.Н., Мальюга Н.Г., Леплявченко Л.П., 1983).

Потребность озимой пшеницы в азотном удобрении в период колошения и формирования зерновки

Содержание общего азота в листьях, % на сухое вещество		Доза удобрения, д.в. кг/га
колошение – начало цветения	конец цветения – начало формирования зерновки	
<3,0	<2,0	60
3,0–3,5	2,0–2,5	40
3,6–4,0	2,6–3,0	30
4,1–4,5	3,1–3,5	20
>4,5	>3,5	0

Для ранневесенней подкормки используют аммонийную селитру, для поздней – карбамид в виде 30 %-го водного раствора путем опрыскивания.

Удобрение озимой пшеницы в севообороте зависит от предшественников. При посеве по черному пару, пласту многолетних трав накапливается большое количество минерального азота. Дозу азотных удобрений в этом случае корректируют в сторону уменьшения или удобрения вовсе не вносят. По поздно убираемым предшественникам (кукуруза на зерно, подсолнечник), наоборот, в почве содержится мало минерального азота, и дозу азотного удобрения увеличивают. Внесение фосфорно-калийного удобрения создает сбалансированное питание.

Система удобрения при интенсивной технологии возделывания отличается более полным учетом биологических особенностей питания растений и увеличением доз удобрений. Кубанским государственным аграрным университетом для условий Краснодарского края разработана система удобрения, сущностью которой является внесение большой дозы азота перед выходом растений в трубку (Куркаев В.Т., Лысенко А.В., Шарыгин Ю.Н.). По сравнению с существующей системой (внесение больших доз осенью и три подкормки) это позволяет, при равных нормах удобрений, сократить число подкормок и повысить эффективность удобрений.

Наибольшее потребление азота озимой пшеницей происходит в период от выхода в трубку до колошения. Недостаток азота в этот период приводит к закладке небольшого колоса с меньшим количеством колосков и цветков, уменьшению количества продуктивных колосьев. Поэтому основное количество азотных удобрений вносится перед выходом в трубку. Этого достаточно и для увеличения урожайности и для повышения качества зерна.

В роли основного удобрения фосфор и калий при среднем содержании элементов питания в почве вносят в дозах: в северной зоне  $P_{30-60}K_{0-30}$ . Азотные удобрения по рано убираемым предшественникам при высоком содержании минерального азота в почве (примерно 20–30 мг/кг почвы в слое 0–40 см) до посева не вносят. В остальных случаях вносят  $N_{30-60}$ .

При посеве вносят  $P_{20}$  или  $N_5P_{20}$  (двойной суперфосфат или аммофос). Можно дозу фосфора в основном удобрении уменьшить вдвое, а при посеве комбинированными сеялками внести  $P_{30-40}$ .

При недостаточной густоте всходов, слабом кушении растений осенью, больших потерях азота из почвы в зимний период, проводится ранневесенняя подкормка в дозе  $N_{30}$ . В остальных случаях ее не проводят.

Основное количество азота ( $N_{90-120}$ ) вносится в виде аммонийной селитры (можно карбамида) в твердом виде по поверхности почвы *перед началом выхода озимой пшеницы в трубку* (начало удлинения нижнего междоузлия на главном побеге). Этот момент определяется на продольном срезе побега. При недостаточном числе побегов подкормка проводится раньше, при излишнем – позднее. Также подкормка проводится раньше при недостатке влаги в почве. Некорневая подкормка а колошение–цветение не проводится.

Во избежание ожогов листьев, вносить удобрения перед выходом в трубку нужно после просыхания надземной массы от росы или дождя.

При такой системе удобрения формируется оптимальное количество продуктивных стеблей с крупным колосом. (Это количество у разных сортов можно установить на высокоурожайных участках). В результате значительно возрастает урожайность, в полевых опытах она увеличивалась на 24–28 ц/га. При равных дозах удобрений урожайность по сравнению с существующей системой увеличилась в производственных опытах на 5–6 ц/га при равном качестве зерна, отвечающего требованиям ценной и сильной пшеницы.

Применение данной системы удобрения выгодно экономически: увеличивается окупаемость удобрений, так как уменьшается число подкормок, а прибавка на единицу затраченного удобрения получается больше. Оно и экологически целесообразно, так как за счет внесения большей части азотных удобрений в период интенсивного питания уменьшаются потери азота из почвы. Коэффициент использования азота увеличивается более чем на 20 %.

Система удобрения может быть применена на всей территории края, кроме районов с недостаточным количеством осадков (северо-западная и северо-восточная подзоны северной зоны, а также анапо-таманская зона).

**Диагностика питания кукурузы.** Возможности и задачи диагностики питания кукурузы. Методы растительной диагностики питания кукурузы. Визуальная диагностика питания кукурузы. Основное удобрение кукурузы. Подкормка кукурузы. Химическая диагностика питания кукурузы.

**Кукуруза.** При правильной обработке почвы, достаточной обеспеченности удобрениями, а также при своевременном высококачественном уходе за посевами в течение всего вегетационного периода растения кукурузы могут давать высокие урожаи почти на всех почвах. Однако кукурузу лучше размещать на почвах с хорошей водоудерживающей способностью и воздухопроницаемостью. Пахотный слой должен быть достаточно глубоким, чтобы способствовать развитию корневой системы, а также должен содержать достаточное количество питательных веществ в легкоусвояемой растениями формах. Самые высокие урожаи кукуруза дает на темно-каштановых почвах, черноземах и почвах речных пойм с нейтральной или слабощелочной реакцией (рН 6,5–7,5). Почвы с повышенной кислотностью (рН<5), склонные к заболачиванию, а также засоленные – для нее непригодны.

На создание 1 т зерна с соответствующим количеством листостебельной массы кукуруза в зависимости от величины урожая на черноземах расходует 21,5–43,4 кг азота; 6,1–15,6 – фосфора и 17,0–25,5 кг калия. Поглощение элементов питания наиболее интенсивно идет в период от выхода в трубку (6–7 листьев) до выметывания метелок, причем поглощение питательных веществ опережает образование сухого вещества. Особенно интенсивно поглощается растениями кукурузы калий. Содержание этого элемента в растениях после цветения початков снижается. Максимальное потребление азота кукурузой наблюдается за 2–3 недели до выметывания. Фосфор поглощается растениями более равномерно.

Недостаток питательных веществ в почве ведет к отклонениям в росте и развитии растений кукурузы. При недостатке азота в начальный период вегетации рост растения замедляется, оно становится чахлым, листья имеют желтовато-зеленую окраску, продолжительность их жизни резко сокращается. Недостаток азота в более позднее время приводит к образованию меньшей ассимилирующей поверхности листьев. Азотное голодание кукурузы чаще может быть в период интенсивного роста вегетативных органов и при формировании початков. В этом случае появляются наиболее характерные признаки недостатка азота: пожелтение верхушек нижних листьев, которое распространяется по главной жилке листа, хотя зеленая окраска по краям листьев сохраняется; затем желтеет и отмирает весь лист. Отмирание листьев при значительном недостатке азота в почве объясняется тем, что азот из нижних листьев кукурузы передвигается к растущим верхним листьям и формирующимся генеративным органам растения. При недостатке фосфора в ранний период развития кукуруза растет медленно, хотя у нее сохраняется темно-зеленая окраска. Иногда растения имеют красновато-фиолетовый оттенок, особенно при затяжной холодной весне. В поздний период развития при недостатке фосфора наблюдается медленный рост растений, затягивается выход рылец пестиков из оберток початков и образуются недоразвитые початки, а также слабо развивается корневая система и удлиняется период вегетации. При калийном голодании проростки и молодые растения кукурузы растут медленно, слабо развивается ее корневая система и растения чаще обычного полегают. Початки остаются плохо выполненными, зерно щуплое. Это происходит в результате задержки оттока синтезированных в листьях органических соединений и резкого снижения интенсивности фотосинтеза. Характерный признак недостатка калия у кукурузы – краевой "ожог" листьев, при котором края листовых пластинок и верхушки приобретают желтую или желтовато-коричневую окраску с красными крапинками, как при поражении ржавчиной (Ефимов И.Т., 1974).

Доза основного удобрения в северной зоне, первой и четвертой подзонах центральной зоны Краснодарского края составляет  $N_{60-90}P_{80}K_{60}$ , в южно-предгорной и западной зонах  $N_{90-120}P_{80}K_{40}$ . Органические удобрения вносят по 40–60 т/га. При посеве кукурузы в рядки

вносится P<sub>15-20</sub>. В зоне сильного проявления эрозии фосфорно–калийные удобрения вносят осенью, а азотные весной. Из азотных удобрений под кукурузу чаще используют аммонийную селитру, мочевину и аммиачную воду. Из фосфорных удобрений для внесения под кукурузу эффективны в первую очередь водорастворимые фосфаты – порошковидный и суперфосфат, или двойной гранулированный суперфосфат; термофосфаты – преципитат, обесфторенный фосфат и фосфат шлак. Из калийных удобрений под кукурузу с одинаковым успехом можно использовать хлористый калий, калийные соли и калимагнезию.

Во многих районах Российской Федерации кукуруза нуждается в цинковых удобрениях. Наиболее эффективно проводить подкормку в фазе 6–7 листов водным раствором сульфата цинка из расчета 250 г/га.

**Диагностика питания сахарной свеклы.** Сахарная свекла. Особенности питания сахарной свеклы. Визуальная диагностика сахарной свеклы. Система удобрения сахарной свеклы. Корректировка доз основного удобрения сахарной свеклы по результатам диагностики.

**Сахарная свекла.** Наиболее пригодны для возделывания сахарной свеклы черноземы, обладающие мощным гумусовым горизонтом с высоким содержанием органического вещества и питательных веществ в верхних слоях почвы с нейтральной или слабощелочной реакцией (рН 7,0–7,5) и хорошими водно-физическими свойствами. Для этой культуры большое значение имеет плотность сложения почвы и ее агрегатный состав. Более пригодны для ее роста структурные почвы с преобладанием водопрочных агрегатов размером 1–3 мм. По гранулометрическому составу предпочтительнее суглинки. На очень тяжелых глинистых почвах свекла развивается плохо. При выращивании на тяжелых по гранулометрическому составу почвах корнеплоды сахарной свеклы ветвятся. Более благоприятные условия для ее роста складывается при следующих показателях объемной массы почвы: черноземов – 1,0–1,2 г/см<sup>3</sup>; каштановых и серых лесных – 1,2–1,3; дерново-подзолистых – 1,2–1,4 г/см<sup>3</sup>.

Свекла отличается солевыносливостью и на солонцеватых почвах может давать высокие урожаи с хорошим качеством корнеплодов. Корневая система свеклы хорошо развита, использует питательные вещества из разных слоев почвы и накапливает большую органическую массу. Уже через 2 месяца после посева корневая система ее проникает на глубину 1,0–1,2 м, к концу вегетации до 2,0–2,5 м, а в стороны разрастается более чем на 1 м. В процессе вегетации сахарная свекла выносит довольно большое количество питательных веществ. На образование 100 ц корнеплодов и соответствующего количества ботвы сахарная свекла использует 35–60 кг азота, 10–20 – фосфора и 40–75 кг калия. Такое колебание элементов питания обусловлено разным соотношением корнеплодов и ботвы, при выращивании ее в различных почвенно-климатических условиях.

Потребление элементов питания растениями сахарной свеклы происходит довольно равномерно почти до уборки. В первой половине вегетации особенно необходимо достаточное азотное питание. При его недостатке листья у сахарной свеклы приобретают светло-зеленый оттенок, становятся бледно-желтыми, ускоряется отмирание старых листьев, прекращается рост листьев, ослабляется развитие корневой системы, прирост корнеплода прекращается, – все это приводит к преждевременному созреванию свеклы и снижению ее урожайности. При избыточном азотном питании усиливается развитие листьев, затягивается созревание свеклы, сахаристость корнеплода уменьшается, в нем повышается содержание общего и растворимого азота, а также золы, что снижает

технологические качества свеклы. Чтобы получить высокую урожайность корнеплодов с хорошими технологическими качествами, необходимо обеспечить на разных фазах вегетации сахарной свеклы умеренное азотное питание. В период формирования основной массы ее листьев необходимо полностью удовлетворить потребность во всех элементах минерального питания, а по мере приближения растений к созреванию следует несколько ограничить азотное питание растений.

Недостаток фосфора, особенно в начальный период развития сахарной свеклы, приводит к уменьшению содержания нуклеопротеидов и фосфатидов, впоследствии растение не может нормально развиваться даже при последующем нормальном обеспечении его фосфорным питанием. При фосфорном голодании резко тормозится рост ассимиляционного аппарата и корнеплодов. При этом листья приобретают тусклую темно-зеленую окраску с характерным синеватым оттенком. На них появляются темно-бурые пятна, края подсыхают, образуя бурую кайму. Достаточное обеспечение фосфором растений способствует более быстрому образованию листьев, нарастанию корнеплодов, ускорению созревания свеклы, повышению сахаристости и улучшению технологических качеств корнеплодов.

Калий для сахарной свеклы нужен в течение всего вегетационного периода, но особенно в конце, так как он повышает сахаристость корнеплодов. Сахарная свекла – калиелюбивое растение. Она хорошо переносит хлорсодержащие удобрения и положительно отзывается на натрий, который повышает содержание сахара в корнеплодах.

При недостатке калия снижается урожайность сахарной свеклы и содержание сахара в корнеплодах, уменьшается болезне- и засухоустойчивость растений, замедляется образование хлорофилла в листьях и ослабляется процесс фотосинтеза. О неудовлетворенном обеспечении растений калием можно судить по их внешнему виду. При недостатке калия между боковыми жилками листьев появляются светлые пятна, а сами жилки остаются зелеными, края листьев желтеют и засыхают, приобретая темно-коричневый цвет.

В качестве основного удобрения под сахарную свеклу вносят 40–50 т/га навоза, на слитых черноземах и при орошении – 60 т/га под предшествующие озимые или непосредственно под свеклу. Навоз должен быть хорошо подготовленным и не содержать всхожих семян сорняков, что особенно важно при внесении непосредственно под сахарную свеклу. Рекомендуемые нормы минеральных удобрений представлены в таблице 62.

Нормы минеральных удобрений под сахарную свеклу при планируемой урожайности 300–350 ц/га, д.в. кг/га

Почва	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
Чернозем обыкновенный	80–90	100–120	90
Чернозем типичный	100	100	90
Чернозем выщелоченный	120	90	90
Чернозем слитой	90	90	90

При совместном применении минеральных и органических удобрений нормы минеральных удобрений следует уменьшить. Удобрения вносят под вспашку. При размещении сахарной свеклы в звене севооборота после многолетних трав норму азотных удобрений уменьшают на 20–40 %. Под свеклу рекомендуется также припосевное удобрение N<sub>10</sub>P<sub>20</sub>K<sub>10</sub>. Подкормки малоэффективны, когда наблюдается дефицит влаги в почве.

Сахарная свекла чувствительна к недостатку бора. На почвах с содержанием водорастворимого бора ниже 0,2–0,3 мг/кг почвы целесообразно предпосевная обработка семян: намачивание 0,05 % раствором микроэлемента (2 л рабочего раствора на 1 ц семян). Можно проводить предпосевную обработку семян опудриванием бормагниевым удобрением (300–500 г/ц семян). Недостаток бора можно возместить и внесением борных удобрений весной под культивацию: борного суперфосфата (3–3,5 ц/га) или бормагниевого удобрения (1 ц/га).

**Диагностика питания подсолнечника.** Особенности питания подсолнечника. Почвенная диагностика. Удобрение подсолнечника. Доза основного удобрения под подсолнечник по результатам почвенной диагностики. Растительная диагностика минерального питания подсолнечника. Диагностический показатель. Система удобрения подсолнечника.

**Подсолнечник.** Наиболее благоприятными для выращивания подсолнечника являются черноземы, каштановые и серые лесные почвы. Плохо растет он на песчаных и солонцеватых почвах, на почвах тяжелого гранулометрического состава, которые медленно прогреваются. Мощная корневая система подсолнечника, глубоко проникая в почву, проходит через ее плотные горизонты, последующие культуры используют ходы корней этой культуры и влага по ним проникает глубже. Для этой культуры оптимальная кислотность почвы близка к нейтральной (рН 6,0–6,8), а гранулометрический состав – среднесуглинистый.

Подсолнечник отличается повышенными требованиями к пищевому режиму почвы, по сравнению с другими полевыми культурами. На формирование 10 ц семян и соответствующего количества вегетативной массы подсолнечник расходует в среднем 56 кг азота, 24 – фосфора и 138 кг калия, тогда как озимая пшеница на формирование такого же урожая выносит из почвы азота в 2,5; фосфора – в 3,5; калия – в 16 раз меньше. Из общего выноса с урожаем в семенах подсолнечника содержится 44 % азота, 77 – фосфора и только 12 % калия.

Период потребления элементов питания растениями подсолнечника растянут во времени: поглощение элементов питания продолжается до тех пор, пока ассимиляционный аппарат остается фотосинтетически активным, т.е. зеленым. Однако максимум усвоения питательных веществ, приходится на фазы цветения: 92 % азота, 54 – фосфора и 88 % калия от общего количества потребляемого растениями. Наибольшее количество фосфора потребляется в межфазный период всходы-цветение, азота – от начала образования корзинки до фазы цветения, калия – от образования корзинки до созревания семян. На рост, развитие и урожай подсолнечника азот, фосфор и калий действуют по-разному. Азот усиливает рост вегетативных органов и корзинок. Однако избыточное азотное питание растений неблагоприятно сказывается на накоплении масла в семенах, потому что содержание белка в семенах повышается, а их масличность – резко снижается. При избытке азота растения образуют большую вегетативную массу, нерационально используя воду. Это приводит к недостатку влаги в критические фазы развития подсолнечника (цветение и налив). Повышается восприимчивость к болезням и вредителям. Более благоприятно на урожай и качество семян подсолнечника сказывается умеренное азотное питание в начале вегетации – до образования корзинки и после цветения и повышенное в межфазный период от бутонизации до цветения.

Фосфор способствует более мощному развитию корневой системы подсолнечника, заложению репродуктивных органов с большим числом зачаточных цветков в корзинке.

При достаточном фосфорном питании ускоряется развитие растений, более рационально расходуется влага, в результате чего они более стойко переносят засуху и недостаток влаги в почве. При усиленном фосфорном питании резко снижается коэффициент водопотребления растениями подсолнечника. Критическим в потреблении фосфора является период от всходов до образования корзинки. Недостаток фосфора в это время приводит к нарушению азотного обмена и снижению качества семян. После образования корзинки подсолнечник менее требователен к фосфорному питанию, однако много фосфора растения выносят в период бутонизации – цветения. Более благоприятно для формирования высокого урожая семян подсолнечника играет повышенное фосфорное питание от всходов до образования корзинки и умеренное – после цветения.

Подсолнечник – калиелюбивая культура. Калий играет важную роль в процессах фотосинтеза, водном, углеводном обмене растений подсолнечника. Оптимальным уровнем калийного питания растений является умеренное до образования корзинки, и повышенное – после образования корзинки до созревания семян. Избыток калия в начале вегетации отрицательно сказывается на урожае семян. Благодаря высокой усвояющей способности корней подсолнечник, как правило, удовлетворяет потребность в этом элементе питания за счет запасов его в почве и на калийные удобрения реагирует слабо.

Навоз под подсолнечник вносят в дозе 20–40 т/га. Действие его продолжается 2–3 года. Наибольшее увеличение урожая дает азотно-фосфорное удобрение. Внесение калийных удобрений на черноземах не повышает урожай, хотя подсолнечник потребляет калия больше других культур. Калийные удобрения дают положительный эффект на бедных калием почвах.

На черноземных почвах без орошения эффективно внесение под вспашку  $N_{60}P_{90}$ . На почвах, бедных калием, к этим удобрениям добавляют  $K_{40-60}$ .

В стационарных опытах ВНИИМК при внесении удобрений под зябь в среднем за 3 года наибольший эффект получен при дозе  $N_{60}P_{60}$ . Увеличение доз снижало масличность семян.

Дозы удобрений корректируют по содержанию подвижного фосфора в почве. Потребность подсолнечника в удобрениях в зависимости от содержания подвижного фосфора в почве

Содержание подвижного фосфора, мг/100г почвы		Обеспеченность почв	Дозы основного удобрения	
по Чирикову	по Мачигину		осенью под зяблевую вспашку	локально-ленточным способом при посеве
<20	<2,5	Низкая	$N_{40-60}P_{60-90}$	$N_{40}P_{60}$
20–24	2,–3,5	Средняя	$N_{40}P_{60}$	$N_{20}P_{30}$
>24	>3,5	Высокая	0	0

Локально-ленточным способом при посеве удобрения вносят на глубину 10–12 см и на 6–10 см в сторону от рядка в дозе  $N_{20}P_{30}$  переоборудованной сеялкой.

Подкормку проводят в ранние фазы при первой междурядной обработке локально-ленточным способом на глубину 10–12 см и в сторону от рядка на 10–12 см в дозе  $N_{20}P_{30}$  при содержании в 10–12-дневных растениях до 0,8 % общего фосфора (оценка до 2 баллов по экспресс-методу Церлинг). При более высоком содержании фосфора подкормка не требуется.

**Диагностика минерального питания овощных культур.** Особенности питания овощных культур. Система удобрения овощных севооборотов. Картограммы и паспорта полей. Корректировка дозы допосевного удобрения по результатам почвенной диагностики. Подкормки. Выбор органа и сроки отбора проб для растительной диагностики. Критерии для поведения тканевой и листовой диагностики. Визуальная диагностика овощных культур.

При удобрении овощных культур следует учитывать, наряду с увеличением урожайности, необходимость получения продукции хорошего качества - с достаточным количеством витаминов, минеральных солей, не содержащих вредных соединений выше допустимого уровня. Это достигается регулированием состава и соотношения элементов питания в удобрениях под отдельные культуры, сроков их внесения в зависимости от вида получаемой продукции.

Изменчивость химического состава у овощных и бахчевых культур определяется биологическими особенностями культуры и сорта, почвенно-климатическими условиями и способами возделывания (табл. 75; Покровский А.А., 1976).

При внесении удобрений урожайность капусты белокочанной повышается на 130–150 ц/га, томата – 80–100, лука 40–50 ц/га. Удобрения положительно влияют на качество овощной продукции: улучшается ее вкус, повышается содержание витаминов, углеводов, сухого вещества, увеличивается выход товарной продукции.

Потребление элементов питания и их вынос изменяются в зависимости от выращиваемой культуры и почвенно-климатических условий. Поэтому необходимо дифференцировать нормы и дозы удобрений в зависимости от условий выращивания растений.

**Диагностика питания плодовых культур.** Роль диагностики питания в системе удобрения плодовых. Визуальная диагностика сада. Азотное питание плодовых культур. Влияние недостатка и избытка азота на урожайность и качество плодов. Фосфорное питание плодовых. Признаки фосфорного голодания. Роль калия в жизни плодовых культур и признаки калийного голодания. Кальций, магний, железо и цинк в жизни плодовых. Внешние признаки недостатка элементов. Почвенная диагностика в садах и виноградниках, отбор почвенных образцов и корректировка доз основного удобрения. Листовая диагностика питания плодовых культур и винограда и методика ее проведения.

Питание и удобрение плодовых культур обычно рассматривается по двум группам – семечковые (яблоня, груша, айва) и косточковые (вишня, черешня, слива, алыча, персик, абрикос).

Размещение корневой системы у плодовых деревьев различное: у груши она размещается на большей глубине, чем у яблони. У вишни, черешни и сливы более поверхностная корневая система, чем у семечковых.

Диаметр круга, занятого корнями, в 1,5–2 раза больше диаметра кроны дерева. Плотность корней в пределах проекции кроны в 3–4 раза больше, чем за ее пределами. У плодовых деревьев каждый скелетный корень связан с определенной частью надземной системы. Поэтому удобрения лучше всего вносить равномерно вокруг растения.

Семечковые растут при слабокислой реакции, косточковые – при нейтральной. Сильное отрицательное действие на рост плодовых растений оказывает повышенное содержание в почве водорастворимых солей и поглощенного натрия.

У плодовых культур выделяют два этапа поглощения питательных веществ: от начала вегетации до окончания роста побегов и уборки урожая; от уборки до глубокой осени. На первом этапе обеспечивается рост побегов, листьев, образование плодов, а также закладка почек для урожая будущего года. В этот период из элементов питания больше потребляется азот. На втором этапе отмечается следующий максимум роста корневой системы, продолжается развитие плодовых почек для урожая следующего года, рост растений в толщину и отложение запасных питательных веществ. В это время требуется умеренное азотное питание и хорошее фосфорно-калийное, способствующее повышению морозоустойчивости деревьев.

При внесении удобрений нужно учитывать, что избыток азота вызывает ухудшение окраски, водянистость плодов.

Удобрения (органические и фосфорно-калийные) вносят в три срока: перед посадкой, под молодые и под плодоносящие насаждения.

*Предпосадочное удобрение* вносят под плантаж или глубокую пахоту. В качестве предпосадочного удобрения используют навоз или компост с фосфорно-калийным удобрением. При среднем уровне обеспеченности вносят  $P_{150-300}K_{120-200}$  и 40 т/га навоза. В этом случае удобрения в посадочные ямы не помещают. Если удобрение применяют, в ямы закладывают по 7–12 кг перегноя 60–100 г  $P_2O_5$  и 24–36 г  $K_2O$ . Минеральные удобрения высыпают на дно ямы, изолируя корневую систему саженца слоем не удобренной почвы 10–15 см.

Предпосадочное внесение органических и фосфорно-калийных удобрений достаточно для молодых деревьев до вступления их в плодоношение. При хорошем состоянии деревьев азотные удобрения не требуются, при недостаточном росте вносят  $N_{60}$ .

В *плодоносящих садах* удобрения вносят ежегодно. Полуперепревший навоз вносят один раз в 3–4 года сплошным способом в норме 30–40 т/га. Птичий помет вносят в виде подкормки по 15–20 ц/га. При недостатке влаги почву содержат под черным паром. В остальных случаях применяют сидеральное удобрение. В условиях избыточного увлажнения и орошения предпочитают аммонийные и амидные азотные удобрения.

Обеспеченность почв элементами питания устанавливают по агрохимическим картограммам (табл. 82).

Группировка почв плодовых садов по содержанию подвижного фосфора и обменного калия в слое 0–60 см, мг/100 г почвы

Уровень обеспеченности	Фосфор		Калий	
	по Чирикову	по Мачигину	по Масловой	по Мачигину
Очень низкий и низкий	<15	<2	<20	<15
Средний	15–20	2,1–3,5	20–40	15–30

Повышенный	>20	>3,5	>40	>30
------------	-----	------	-----	-----

Дозы удобрений на различных типах почв в зависимости от обеспеченности почв приводятся в таблице 83. При урожайности семечковых пород более 200 ц/га и косточковых более 100 ц/га норму удобрений увеличивают на 15–25 %. Если нормы фосфора или калия увеличены, то повышают и среднюю норму азота до этого же уровня. В случае снижения нормы фосфора и калия среднюю норму азота оставляют без изменений. Проводится также корректировка норм удобрений по содержанию элементов питания в листьях плодов культур.

В зависимости от типа и возраста плодового сада, удобрения вносят в 1–3 "строки" с каждой стороны ряда деревьев. Первую – под кроной на глубину 10–15 см, каждая следующая глубже на 5–10 см. В садах с междурядьями 3,5 м удобрения вносят посередине их в одну "строку". Глубина внесения устанавливается предварительной раскопкой корней. Нельзя повреждать корни диаметром более 7–10 мм. Органические удобрения вносят вразброс, на тяжелых почвах на 15–20 см, на легких – 20 и более.

Всю дозу минеральных и органических удобрений вносят осенью. В садах, где возможны потери питательных веществ путем вымывания или смыва (песчаные и супесчаные почвы, близкое залегание грунтовых вод на склонах, избыточное увлажнение, орошение), основное удобрение вносят в позднезимний или ранневесенний периоды. Применяется одна подкормка, в урожайные годы – две: первую азотными удобрениями за 2–3 недели до цветения, вторую в июне – в конце затухания роста деревьев. Если рост деревьев хороший (величина однолетнего прироста больше 20 см), применяют фосфорно-калийное удобрение, при слабом росте – азотно-фосфорно-калийное удобрение.

Нормы минеральных удобрений в садах семечковых (урожайность 100–200 ц/га) и косточковых пород (урожайность 80–100 ц/га) в Краснодарском крае, кг/га д.в.

Зона	Почва	Норм а азота	Обеспеченность почвы P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>			Обеспеченность почвы K <sub>2</sub> O		
			низ- кая	сред няя	пов ыше нная	низ- кая	сред няя	пов ыше нная
Северная	Обыкновенные черноземы	115	80	65	35	110	90	45
Централь- ная	Типичные и выщелоченные черноземы	135	155	130	65	155	130	65
	Обыкновенные черноземы	115	80	65	35	110	90	45
Западная дельтовая	Аллювиальные	160	155	130	65	125	105	50
	Луговые	105	125	105	50	125	105	50
Анапо– Таманс- кая	Южные черноземы	110	55	45	30	60	50	30
	Каштановые	100	95	80	40	100	85	40
	Обыкновенные черноземы	130	95	80	40	125	105	50
Южно– предгор- ная	Типичные и выщелоченные черноземы	135	155	130	65	155	130	65
	Луговые	120	145	120	60	145	120	60
	Серые лесные	110	130	110	55	130	110	55
Черно- морская	Аллювиальные	150	130	110	55	90	75	40
	Бурые лесные	140	95	80	40	155	130	65

В черноморской зоне Северного Кавказа ежегодную норму азота для плодоносящих садов целесообразно вносить в 2–3 приема. При урожае до 200 ц/га 60 % нормы вносят

перед началом вегетации и 40 % – через 2–3 недели после цветения. При более высокой урожайности – 50 % перед началом вегетации, 30 % – через 2 недели после цветения и 20 % после физиологического осыпания избытка завязей. Оптимальные нормы фосфора и калия вносят ежегодно. Удобрения, содержащие азот, вносят перед началом или во время вегетации, заделывая простые на 10 см, комплексные на 20–40 см; фосфорно–калийные удобрения вносят осенью или зимой на глубину 20–40 см.

Микроудобрения применяют рано весной (в начале вегетации), во время цветения и завязи плодов. Опрыскивание деревьев микроудобрениями и некорневую подкормку карбамидом проводят утром или вечером. Борные удобрения вносят в почву в дозе 1–1,5 кг/га д.в. Во время цветения опрыскивают 0,01–0,05 %-ным раствором борной кислоты. Марганцевые удобрения применяют путем опрыскивания сульфатом марганца 0,1–0,5 %. Сульфатом цинка в виде 3 %-го раствора опрыскивают до распускания почек и 0,3–0,4 %-ным – после цветения. Через 2–3 недели опрыскивание повторяют.