

## ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА 3

### Диагностика питания тепличных культур. Анализ питательных и дренажных растворов

#### 1. Основы химической диагностики питания растений.

Целью диагностики питания растений является постоянный контроль за условиями выращивания и, при необходимости, корректировка питания растений в процессе вегетации.

Диагностика питания растений бывает:

- ✓ комплексной, предусматривающей регулярное проведение агрохимического анализа почв, в том числе ежегодного для оценки обеспеченности азотом;
- ✓ оперативной, предусматривающей диагностику питания в течение вегетации.

*Методы диагностики питания растений:*

- ✓ почвенная диагностика — определение количественного содержания питательных веществ в почвах.

#### **! В теплицах применяют анализ питательных растворов**

- ✓ растительная диагностика — установление состава химических веществ в растительном организме.

При коррекции питания растений с помощью методов диагностики следует учитывать:

- ✓ свойственную растениям высокую упорядоченность процессов жизнедеятельности и их локализацию;
- ✓ темпы роста растений и наступление фаз развития, которые обусловлены генетическими факторами;
- ✓ условия выращивания;
- ✓ влияние нарушения питания на развитие и химический состав вегетативных органов, что коррелирует с химическим составом репродуктивных органов;
- ✓ питательные вещества являются активаторами, ингибиторами или стабилизаторами, в связи с недостатком или избытком которых нарушаются процессы биосинтеза физиологически активных веществ и их обмен;
- ✓ при известной функции элемента питания возможно управление протекающих реакций путем дозировки и соотношения элементов питания;
- ✓ внесение элементов питания приводит к изменению химического состава растений, при этом возможно увеличение содержания других элементов, которые не вносились;
- ✓ при распаде органических веществ образуются диоксид углерода, вода и минеральные вещества, влияющие на обеспеченность растений;
- ✓ корректировка питания и технология выращивания на ранних стадиях развития наиболее эффективна. Достаточное и сбалансированное

обеспечение питания способствует ускорению начальных этапов роста, что приводит к удлинению срока работы каждого отдельного листа;

- ✓ при распределении ассимилятов между конкурирующими однотипными органами преимущество имеют более крупные и ближе расположенные к источнику.

*Растительная диагностика* — определение обеспеченности растений химическими элементами по их химическому составу с учетом биологических особенностей сорта, темпов роста и продолжительности периодов вегетации.

Растительная диагностика проводится с учетом особенностей культуры. Диагностику питания растений проводят с учетом анализа химического состава листьев и корней. Нормальной обеспеченностью растений питательными веществами считается состояние внутреннего насыщения, накопления в резервных зонах запаса химических элементов.

*Растительная диагностика включает:*

- ✓ визуальную,
- ✓ химическую (тканевая и листовая),
- ✓ функциональную, или физиологическую.

#### **Химическая диагностика**

Метод листовой или тканевой диагностики основывается на взаимосвязи изменений в режиме питания с химическим составом листьев или тканей, наиболее отзывчивых органов. Для различных растений определены оптимальные концентрации содержания элементов питания, при которых у культур отмечается максимальная продуктивность.

Точность этих методов для прогнозирования потребности в удобрениях выше, чем почвенных анализов, так как при определении количества питательных элементов в почве трудно прогнозировать, какая часть из них поступит в растения в условиях меняющихся факторах жизни растений.

Недостатком химической диагностики, так же как и у визуальной, является запаздывание с получением информации. Химическая диагностика в условиях неблагоприятных метеорологических условий также дает искаженные данные об обеспеченности растений из-за.

#### **Тканевая диагностика**

Тканевая диагностика предусматривает определение содержания нитратов, фосфатов, сульфатов, калия, магния и других элементов питания в тканях или вытяжках из растений. Тканевую диагностику возможно проводить в условиях производства с помощью портативных приборов — переносных лабораторий, и лабораторных условиях. Ее применяют для экспресс-анализа содержания нитратов, фосфатов и калия в сырых растительных образцах по методу В.В. Церлинг и для определения спелости зерна. Для этих же целей можно использовать переносную экспресс-лабораторию — полевую сумку К.П. Магницкого.

Метод определения в срезах тканей менее точен, чем в вытяжках.

Наблюдения, выполненные в полевых условиях Б.А. Ягодиным в 1993, за обеспеченностью озимой пшеницы нитратным азотом в фазах от начала

выхода в трубку до начала формирования зерновки методом тканевой диагностики позволили установить периоды наибольшей потребности в азотных подкормках. Установлено, что место локализации нитратов в стебле в пределах одной фазы развития непостоянно, поэтому необходимо предварительно определять стеблевой узел, над которым делают срез для тканевой диагностики.

**Листовая диагностика** заключается в проведении валового анализа химического состава листьев целого растения или отдельных органов и сравнение полученных данных со справочными значениями, по результатам которых делают вывод об обеспеченности минеральным питанием с учетом состояния, роста и развития растений в конкретную фазу.

Растительные образцы выбирают с типичными для данного участка, то есть с характерным почвенным покровом и состоянием растений в определенные фенофазы.

Ранний диагностический контроль с учетом специфики потребностей культур по периодам вегетации наиболее информативен.

При анализе проростков, рассады или молодых растений определение проводят всей надземной части, у взрослых растений для определения нитратов - нижнюю часть стебля или черешки нижних листьев. Для определения суммарного выноса питательных веществ анализу подвергаются все органы растений. Для листовой диагностики можно проводить анализ индикаторных органов, подверженных наибольшему изменению химического состава в зависимости от условий питания. Так, в полевых анализах с зерновыми культурами смешанный образец составляют из 50-70 индикаторных листьев.

Для определения недостаточности элементов, способных к реутилизации, используют верхний, полностью сформировавшийся лист, для элементов с низкой способностью к реутилизации анализируют нижние листья. Параллельно выполняют анализ корней и определяют соотношение элементов минерального питания в листьях и корнях.

Хранение, транспортирование, подготовка проб и проведение химических анализов растений проводят в соответствии с установленными методиками.

Допустимые содержания нитратов в продуктах растениеводства устанавливаются государственными санитарными правилами. Особенно тщательный контроль содержания нитратов следует проводить на ранних фазах развития растений и в листовых и зеленых культурах. К концу вегетационного периода содержание нитратов снижается. Концентрация их выше в черешках и центральных жилках листьев, которые и подвергаются анализу. В репродуктивных органах и меристематических тканях содержание нитратов минимально.

Выводы об обеспеченности растений элементами питания проводят на основе относительного содержания элементов питания, а также общего накопления листьями или всем растением путем сравнения со справочными данными.

Для определения выноса содержание элементов питания в растениях умножают на сухую массу урожая с 1 га. Также определяют соотношение между элементами для установления степени сбалансированности питания и сравнивают их со справочными данными.

При несбалансированном соотношении элементов питания доза одного может быть уточнена относительно другого элемента.

### **Функциональная диагностика**

Поглощение элементов питания не всегда является следствием их необходимости растению. Этим обусловлен основной недостаток химических методов диагностики. Кроме того, недостаток или избыток элементов может привести к нарушению усвоения растениями других элементов питания. Так, дефицит фосфора приводит к накоплению нитратов, а бора - к недостатку. При этом это никак не связано с азотным питанием.

Функциональные методы диагностики позволяют оценивать потребность растений в элементах питания путем определения интенсивности физиолого-биохимических процессов. Так, уровень обеспеченности и потребность азотом определяют по способности тканей восстанавливать нитраты в нитриты, то есть по активности фермента нитрат-редуктазы.

А.С. Плешковым и Б.А. Ягодиным (1982) был разработан метод диагностики по определению фотохимической активности хлоропластов, который основан на измерении фотохимической активности суспензии хлоропластов средней пробы листьев диагностируемых растений, с последующим анализом с добавлением элементов питания. При возрастании фотохимической активности суспензии при добавлении элемента питания по сравнению с контролем делается вывод о недостатке этого элемента, при снижении — об избытке, а при одинаковой активности — об оптимальном содержании.

Предложенный метод позволяет в течение 40-50 мин установить потребность растений в 12-15 макро- и микроэлементах и сделать рекомендации по проведению корневых и некорневых подкормок. Метод был внедрен в 80 тепличных хозяйствах

## **2. Визуальные признаки недостатка и избытка элементов питания у тепличных культур.**

Метод визуальной диагностики основан на изменении морфологических признаков растений, вызванных недостатком или избытком содержанием питательных веществ в почве.

Точность визуального метода снижается из-за того, что часто резкий недостаток или избыток элементов, вызывающийся в характерных признаках, встречается редко, тогда как частичный дефицит или избыток внешне может не проявляться. Кроме того, сходные визуальные признаки могут быть вызваны отклонениями в температурном или водном режимах, повреждениями вредителей или болезнями.

Любое нарушение процессов жизнедеятельности растений отражается на его внешнем виде, которое может быть обнаружено в различных органах.

Но для каждого нарушения имеются наиболее характерные индикаторные органы, по которым диагностику провести легче.

Голодание растений отмечается при краткосрочном сдвиге оптимального соотношения элементов, оно может проявляться даже на высоком питательном фоне при сочетании неблагоприятных внешних факторов роста - освещенности, влажности, температуры, аэрации.

В практике довольно часто отмечается избыточное поступление в растение некоторых питательных веществ, например, аммонийного азота, хлора, марганца.

Потребности различных культур в питательных веществах неодинаковы, поэтому на одном и том же поле рожь может давать хороший урожай, не проявляя признаков калийного голодания, тогда как картофель не может нормально развиваться.

Растения-индикаторы - растения, по внешнему виду которых наиболее легко определить недостаток или избыток какого-либо элемента минерального питания.

Визуальная диагностика является одним из наиболее простых, не требующего оборудования методу, позволяющему за сравнительно короткое время сделать вывод о нарушениях питания растений, причинах (почвенных и погодных факторах), и дать рекомендации по изменению технологии выращивания.

При визуальной диагностике помимо общих положений учитывают следующие:

При оценке растение рассматривается одновременно в трех временных аспектах: в прошлом, отражающем комплекс мероприятий по его выращиванию, в том числе и факторы среды, в настоящем, оценивая темпы роста и степень развития, и в будущем, то есть, делая прогноз величины и качества урожая.

Признаки голодания или избытка элементов питания чаще проявляются не на всей площади, а на отдельных участках, что связано с разным плодородием почв, особенностями рельефа, применением удобрений, обработками.

Изучают внешний вид растения лучше с корневой системой или его части на предмет повреждений от вредителей, грибов, бактерий, вирусов, пестицидов и ростовых веществ.

Часто признаки недостатка и избытка имеют внешнее сходство. Тем не менее недостаток характеризуется более четкими признаками.

Повреждения растений, вызванные вирусами, часто имеют сходные признаки с нарушением минерального питания, но отличаются более четкой границей пораженного участка.

Окончательное заключение о причинах нарушения делают после устранения с помощью соответствующих обработок или удобрений. На сильно поврежденных листьях внешние признаки могут сохраняться.

При недостатке или избытке элемента внешние признаки могут различаться в зависимости от вида и сорта. Однако имеются общие признаки.

Многие питательные элементы, такие, как азот, фосфор, калий, магний имеют способность к реутилизации, то есть к повторному использованию. Недостаток этих элементов проявляется прежде всего на нижних, более старых листьях. Способность к реутилизации кальция, серы, хлора, бора и других выражена слабее, поэтому их недостаток проявляется в точках роста и на молодых листьях.

Для визуальной диагностики оценивают:  
общее состояние растений участка, поля;

- массу, высоту растений, соответствие развития периоду (фазе) вегетации;
- длину междоузлий (у молодых растений они более короткие);
- выплненность, упругость и зрелость стебля, например, при сбалансированном питании стебель полнее вписывается в круг; зрелость оценивают по окраске среза на уровне 3-го междоузлия сверху;
- упругость листьев, окраску листьев по ярусам и характер нарушений внутри яруса;
- развитие корней, наличие корневых волосков, окраску корней.

По результатам оценки делаются выводы и разрабатываются рекомендации, направленные на изменение технологии возделывания. Исправить несбалансированное питание возможно только частично, поскольку появление внешних признаков недостатка элемента минерального питания свидетельствует о глубоких изменениях в метаболизме растений устранить которые в последствии полностью невозможно.

Для подтверждения предполагаемого нарушения в питании растений при визуальной диагностике применяют методы инъекции и опрыскивания. Путем опрыскивания листа или инъекции в стебель (железку листа) вводится предполагаемый недостающий элемент. Затем в течение нескольких дней выполняют наблюдения. Если недостающий элемент определен правильно признаки дефицита исчезают, но не на тех листьях, на которых он выявлен, а на вновь формирующихся.

Для устранения дефицита элемента питания используют удобрения.

### **Азот**

*Недостаток азота проявляется:*

в виде угнетения вегетативного роста и репродуктивного развития, сильным снижением урожайности,

листья становятся светло-зелеными, затем желто-зелеными до желтых, при сильном недостатке признаки азотного голодания распространяются на все растение. Старение нижних листьев может быть связано с недостатком воды, однако при этом одновременно проявляются признаки избытка азота.

Азотное голодание может быть легко устранено внесением соответствующих доз удобрений. При недостатке азота в почве, но при периодических подкормках растения не испытывают недостатка в этом элементе.

Нормальное или повышенное содержание азота в почвах защищенного грунта в весенне-летний период приводит к усилению пигментации, может

способствовать перегреву растений, закрытию устьиц и прекращению поступления диоксида углерода, усиленному распаду органических соединений.

*Избыток азота проявляется:*

удлинением вегетационного периода,  
сильным вегетативным ростом, при большом избытке азота — полной остановкой роста, вплоть до гибели растения,  
снижением устойчивости к заболеваниям,  
повышением концентрации низкомолекулярных азотных соединений, ухудшающих кормовые качества. Например, установлено, что при содержании нитратов в корме более 0,20% надоев молока снижаются (Harker and Kaman, 1961), а при 0,34-0,45% возможна гибель животных;  
формированием широких, сочных листьев от темно-зеленого до голубовато-зеленого цвета (если избыток азота не связан с недостатком воды),  
увеличением массы растений,  
плохим развитием репродуктивных органов,  
повреждением продукция при хранении,  
постепенным ослаблением усвоения диоксида углерода,  
уменьшением содержания белка и повышением содержания углеводов,  
замедлением процессов старения,  
усиленным оттоком азота из старых органов к молодым,  
распадом белков плазмы, содержание нуклеиновых кислот при этом остается неизменным.

Для определения избытка азота в качестве растений-индикаторов могут служить огурец и кабачок, недостатка — капуста белокочанная и цветная, кукуруза, картофель, черная смородина, яблоня, слива.

### **Фосфор**

*Недостаток фосфора проявляется в виде:*

снижения активности цикла трикарбоновых кислот, синтеза белка, возрастания накопления небелковых азотных соединений,  
уменьшения синтеза крахмала и целлюлозы, при сильном недостатке замедляется образование сахаров,  
увеличения накопления сахаров и количества антоциана.

Недостаток фосфора хорошо проявляется на томате, яблоне, крыжовнике, брюкве, турнепсе.

Недостаток фосфора приводит к торможению клеточного деления, ограничению роста растений. Листья приобретают темно-зеленый, грязно-зеленый, затем от красноватого до пурпурного цвета. Старые листья страдают в первую очередь. Формирующиеся листья мелкие, уродливые, цветки мелкие. У плодовых и citrusовых отмечается преждевременное опадение плодов, у зерновых — изреженность посевов.

В полеводстве признаки недостатка фосфора по сравнению с другими определяются сложнее. Недостаток фосфора может наблюдаться и на почвах с достаточным содержанием, но при изменении других показателей, например, pH, содержания гумуса и мелкодисперсной фракции, алюминия,

кальция, железа. Снижается поступление фосфора при засухах и низких температурах, нехватке кислорода.

На фоне высоких доз азота и высоких урожаях потребность растений в лабильном фосфоре возрастает, особенно в фазы максимального роста.

*Избыток фосфора* часто наблюдается в условиях закрытого грунта, значительно реже в полеводстве, приводит к раннему старению растений, начинающемуся с пожелтения и отмирания старых листьев, ускоренному переходу к развитию репродуктивных органов.

Внесение высоких доз фосфора создает дефицит кальция и микроэлементов, таких как, цинк, железо, бор, медь, марганец, снижается поступление токсичных элементов — алюминия и тяжелых металлов.

### **Калий**

*Недостатком калия* часто проявляется на легких, кислых или с высоким содержанием трехслойных глинистых минералов почвах, которые при интенсивном использовании теряют и фиксируют калий. Потребление калия ухудшается при подсыхании и внесении высоких доз аммонийных удобрений, блокирующих калий в трехслойных минералах типа вермикулита. Недостаток калия может вызываться антагонизмом с кальцием и аммонием.

Недостаток калия приводит к глубоким нарушениям в структуре и обмене веществ, обусловленным участием калия в ферментативных процессах и биологических коллоидах. Происходит усиление процессов гидролиза, увеличивается обогащение низкомолекулярными соединениями углерода и азота, утончаются стенки клеток, увеличиваются потери воды и уменьшается ее потребление.

Наиболее чувствительны к недостатку калия калиелюбивые культуры: капуста, картофель, крыжовник, свекла, люцерна, фасоль, красная смородина и яблоня.

Признаками недостатка калия являются:

- замедление роста растения;
- нормально окрашенные или светло-зеленые листья в утренние часы упругие, при усилении освещенности или повышении температуры подвядающие;
- молодые листья мелкие;
- листья нижних ярусов при нормальной или темно-зеленой окраске, становятся чашеобразными, куполообразными, чаще с краевым подпалом. При сильном недостатке калия эти признаки распространяются на листья среднего и верхнего ярусов. У некоторых видов растений по краю листа отмечаются точечные некрозы, которые в дальнейшем объединяются в участки светло- и темно-коричневого цвета.

*Избыток калия* проявляется редко. Его признаками чаще сопутствуют признаки избытка хлора. Избыток калия может проявляться также как недостаток кальция и магния. Высокое содержание калия приводит к снижению потребления бора, цинка, марганца и аммония, увеличивается поступление железа.

### **Кальций**

*Недостаток кальция* увеличивает синтез фенольных соединений. Повышается проницаемость клеточной мембраны, что приводит к оттоку ионов из клетки и дальнейшему нарушению структуры ядра, уменьшению стабильности хромосом. Особенно кальций важен для меристемной ткани и ее дифференцировки, направленного действия фитогормонов.

Виды и сорта растений различаются по потребности в кальции и по возможности усваивать его из почвы. Нарушение кальциевого питания растений часто является причиной непаразитических болезней.

Кальций накапливается в вегетативных органах и в ограниченном количестве в плодах. Его содержание в плодах и запасующих органах уменьшается при сниженной транспирации, однако высокая транспирация не гарантирует достаточное снабжение растений кальцием и водой.

Кальциевое питание растения связано с борным питанием, признаки недостатка которых схожи.

Высокие концентрации кальция за счет антагонизма уменьшают поступление других катионов, что важно учитывать при наличии в почве тяжелых металлов. Кальций положительно действует на повышенные концентрации макроэлементов почвенного раствора и большинства микроэлементов, кроме молибдена.

*Недостаток кальция* увеличивает накопление нитратов в тканях растения. Прежде всего страдают апикальная меристема, побег и корень, цветки и плоды. Старые листья приобретают темно-зеленую окраску, затем желтеют и отмирают. Корни остаются короткими, ослизняются, приобретают коричневый оттенок и отмирают. У верхних, молодых листьев сначала белеет кончик, а при больших нарушениях поражается края.

При пониженной транспирации снижение поступления кальция приводит к надламыванию побега внешне нормальных и интенсивно развивающихся растений.

У плодовых растений при увеличении соотношения аммонийного азота и кальция происходит отмирание цветов, повышенное содержание калия усиливает этот процесс. При содержании кальция в листьях менее 3,0%, а в плодах менее 0,15%, начинается подвядание цветков.

Достаточное содержание кальция в листьях и плодах не является гарантией оптимальности условий дальнейшего роста растений. Кальций должен находиться в виде свободных ионов в почвенном растворе. Потребность в нем возрастает при увеличении освещенности.

Избыток кальция встречается редко, как результат нарушения питательного режима при известковании. Одновременно может отмечаться недостаток калия, бора, марганца, цинка, меди, иногда магния, и избыток — хлоридов и сульфатов. В таких случаях для сохранения плановых урожаев увеличивают дозы всех элементов, предусматривают применение физиологически кислых удобрений.

### **Магний**

Достаточное калиевого питание растений повышает содержание магния в семенах и плодах; высокие дозы калийных удобрений, напротив, подавляют

этот процесс. При широком соотношении калия и магния увеличивается проявление хлорозов, даже если магния достаточно в почве. Аналогичное действие проявляют высокие дозы аммония.

*Недостаток магния* наблюдается на многих почвах, в первую очередь на делювиальных песчаных, сильно вымываемых, кислых почвах верховых болот, а также на почвах после известкования в связи с антагонизмом кальция и магния. Недостаток магниевое питания при оптимальном содержании в почве может быть обусловлен антагонизмом с ионами водорода, калия, аммония, кальция и марганца (Bergman, 1983).

К недостатку магния чувствительны капустные, картофель, яблоня, крыжовник, черная смородина, виноград. Дефицит магния у проса вызывает оранжевую окраску листьев, у черной смородины и хлопчатника — пурпурно-красную.

При дефиците магния происходит его отток из старых листьев. У здоровых растений магния концентрируется в нижних листьях больше, чем в верхних. При этом на нижних листьях наблюдается межжилковый хлороз, затем появляются коричневые и темно-коричневые некрозы. Недостаток магния приводит к уменьшению накопления крахмала в картофеле, сахара в сахарной свекле, жира в масличных растениях, а также белка.

Недостаток магния в вегетативных органах приводит к повышению фосфора, в семенах — к уменьшению, в дальнейшем и в листьях. Замедляется процесс восстановления нитратов и синтез фитогормонов. При сильном недостатке прекращается фиксация углекислого газа, листья становятся хрупкими, в плодах уменьшается накопление белков, углеводов или жиров.

*Избыток магния* может отмечаться при нарушении соотношения кальция и магния, особенно когда из-за недостатка кальция специфически повреждается корневая система, снижается урожай, замедляется рост, уменьшается содержание калия и потребление магния. На избыток магния сказывается также высокое содержание никеля и хрома. Поступлению магния способствует нитрат-ион.

## **Бор**

*Недостаток бора* приводит к нарушению в обмене нуклеиновых кислот, белков и углеводов, процессов дыхания и фотосинтеза, снижается синтез фитогормонов. Визуальная идентификация дефицита бора из-за участия во многих процессах обмена веществ и развития растений затруднительна.

Признаки дефицита бора проявляются прежде всего на молодых листьях, на кончиках растущих побегов и корней. Содержание бора в старых листьях всегда выше.

Признаками недостатка бора могут быть:

- хлороз, пожелтение, а затем побурение кончиков молодых листьев, у томата - почернение точки роста стебля;
- отмирание конуса роста, замедление образования корней, цветков, семян;
- подсыхание листьев, измельчение, остановка доминирующего развития центрального побега и разрастание боковых побегов и корней.

*Избыток бора* приводит к побелению краев листьев, далее они становятся коричневыми, иногда появляется точечный хлороз, в первую очередь на старых листьях. Избыток бора внешне может совпадать с признаками недостатка калия.

### **Молибден**

*Недостаток молибдена* проявляется в виде светлой окраски листьев, прежде всего вдоль центральной жилки, сходный с признаками недостатка азота и избытке нитратного азота, то есть более темной окраской и побелением края листа. Поступление азота в репродуктивные органы замедляется, что приводит к потере урожайности. Избыток молибдена приводит к сильному угнетению роста.

Недостаток ярко проявляется на цветной капусте, бобовых и зеленных культурах, томате, цитрусовых. На большинстве культур развивается желтая пятнистость листьев, у огурца — хлороз края листовых пластинок.

### **Медь**

В почве медь аккумулируется в органоминеральных комплексах и частично в обменно-поглощенном состоянии. Доступность меди падает при повышении рН с 5,5 до 6,0. Недостаток меди четко выражен на невозделываемых пустошах, на легких почвах и почвах верховых болот, иногда на низинных. Недостаток меди в корме приводит к болезням животных.

*Недостаток меди* сильнее проявляется на клевере, луговом просе, бобовых, овощных, овсе, ячмене, пшенице, злаковых травах, конопле, льне, кормовых и столовых корнеплодах.

Недостаток меди проявляется побелением кончиков листьев, которые позднее засыхают; растения с большим запозданием выбрасывают метелки с высокой пустозерностью, зерно формируется щуплым.

*Избыток меди* и фосфора приводит к цинковой недостаточности, иногда, железа. Избыток проявляется на молодых листьях.

### **Железо**

*Недостаток железа* отмечается на почвах, богатых кальцием и имеющих щелочную реакцию, может проявляться на кислых почвах с высоким содержанием магния. Железо поглощается растением на протяжении всей вегетации, так как не реутилизируется из старых листьев.

Недостаток железа проявляется на молодых листьях, на старях — только при очень большом дефиците. Вначале появляется светло-зеленая окраска молодых листьев, после пожелтение и побеление. Жилки и прилегающие к ним ткани остаются зелеными. Проявление хлороза уменьшается по направлению сверху вниз.

*Избыток железа* встречается крайне редко, листья при этом приобретают темно-зеленую и голубовато-зеленую окраску, что связано с ограничением роста побегов, листьев и корней. Симптомы избытка часто совпадают с симптомами дефицита фосфора, прежде всего при низких значениях рН.

### **Марганец**

Марганец содержится в гумусовом слое и илистой фракции почвы. В кислых почвах он присутствует в виде малоподвижной двухвалентной плоходоступной для растений форме. Подвижность марганца увеличивается при внесении аммиачных удобрений.

*Недостаток марганца* проявляется в виде точечных хлорозов, переходящих в некрозы на молодых листьях, при избытке — на старых.

Марганцевое голодание часто отмечается на овсе, пшенице, картофеле, кукурузе, столовых и кормовых корнеплодах, капусте, бобовых, подсолнечнике, плодово-ягодных, цитрусовых и овощных культурах. Так, у овса отмечается серая пятнистость листьев, у сахарной свеклы - пятнистая желтуха.

*Избыточное содержание* марганца устраняют известкованием или высокими дозами железа.

### **Цинк**

*Недостаток цинка* проявляется в виде уменьшения роста, асимметричности листа, гофрированности листовой пластинки, межжилкового хлороза.

К дефициту цинка чувствительны плодовые культуры, цитрусовые, кукуруза, соя, фасоль, гречиха, свекла, картофель, клевер луговой, хмель.

Недостаток цинка особенно часто проявляется на нейтральных и слабощелочных почвах. Систематическое применение навоза значительно снижает риск дефицита цинка. Одним из способов предупреждения недостатка цинка является запахивание сорных растений под кукурузу.

*Избыток цинка* отмечается крайне редко. Проявляется в виде хлорозов, связанных с дефицитом железа, окраска жилок листьев та же, как при недостатке фосфора; отдельные хлорозы вдоль жилок располагаются ближе к краям листа; краевые хлорозы листьев.