

# Лекција 16

## Исхрана на растенија

### Резултати од учење

- Учесникот го знае влијанието врз растот, развојот и здравјето на следните елементи: азот (N), фосфор (P), калиум (K), калциум (Ca), магнезиум (Mg), сулфур (S), железо (Fe), манган (Mn), бакар (Cu), цинк (Zn), молибден (Mo), бор (B).

### Инструкции за обучувачот

- Обучувачот споделува теоретска настава преку презентации.

**Основни потреби:** Проектор, компјутер.

Во денешно време, тесна е врска помеѓу здравјето и исхраната. Пандемијата на Ковид-19, која неодамна предизвика големи смртни случаи ширум светот, е многу добар пример за ова. Бидејќи Ковид-19, кој има различни ефекти врз здравјето на луѓето е респираторна болест и повеќе ги погодува лицата со слаб имунолошки систем или хронични здравствени проблеми, здравствените и нутритивните мерки ја зголемија својата важност. Затоа, почвата, која е производната средина, мора прво добро да се запознае. Факт е дека исхраната на растенијата, која влијае на развојот на растенијата, приносот и квалитетот, е многу важна во управувањето со растенијата и почвата. За оваа цел, стана неопходно да се зголеми приносот на растенијата и да се намалат хемиските средства [93]. Исхраната на растенијата е збир на хемиски елементи и соединенија неопходни за растот и репродукцијата на растенијата, и растителниот метаболизам. Со други зборови, растенијата имаат потреба од некои растителни хранливи материи за здрав раст. Во нивно отсуство, растението не може да го заврши нормалниот животен циклус. Растенијата користат голем број хранливи материи од околината во која се развиваат со своите надземни и подземни органи. Седумдесет и четири елементи може да се апсорбираат од растенијата. Меѓутоа, само некои од овие елементи се неопходни за растенијата. Овие минерални материи што им се потребни на растенијата за нивниот развој се нарекуваат апсолутно неопходни растителни хранливи материи.

Неопходните растителни хранливи материи се делат на две групи. Тоа се макро и микрохранливи материи. Макроелементи: јаглерод (C), кислород (O), водород (H), азот (N), фосфор (P), калиум (K), калциум (Ca), сулфур (S), магнезиум (Mg). Микроелементи (или елементи во трагови): железо (Fe), бор (B), хлор (Cl), манган (Mn), цинк (Zn), бакар (Cu), молибден (Mo), никел (Ni). Во последниве години, се известува дека натриумот (Na), кобалтот (Co), ванадиумот (V) и силициумот (Si) исто така се вклучени во класификацијата на апсолутно неопходни елементи [94].

Улогата на секој растителен хранлив елемент во растението е различна. Затоа, секој елемент е неопходен за растението. Па кои се тие придобивки, кои се штетите во случај на вишок, и какви промени

се гледаат во растението кога е недостаток? Ајде да ги разгледаме најважните елементи.

### 16.1. Азот

Азотот е од витално значење за растенијата и е есенцијална хранлива материја. На растенијата секогаш им е потребен азот за здрава репродукција, раст и развој [95].

Производство на протеини и ензими: азотот е есенцијална компонента за синтеза на протеини во растенијата. На растенијата им требаат протеини за да растат и да се развиваат, а тоа овозможува формирање на клеточните структури и органели на растението. Исто така, помага во регулирањето на метаболичките реакции со учество во структурата на ензимите.

Синтеза на хлорофил: хлорофилот е зелениот пигмент кој се наоѓа во хлоропластите, клеточните органели во растенијата каде што се одвива фотосинтезата. Фотосинтезата е важен процес во кој растенијата ја користат сончевата енергија за претворање на јаглерод диоксид и вода во гликоза и кислород. Хлорофилот содржи азот во својата структура и затоа на растенијата им е потребен азот за фотосинтеза.

Формирање на нуклеински киселини: азотот се наоѓа во градежните блокови на нуклеинските киселини (ДНК и РНК) во растенијата. Нуклеинските киселини ги складираат наследни информации на растенијата и се од витално значење за синтезата и преносот на генетскиот материјал.

Формирање на аминокиселини: азотот е градежен блок на аминокиселините во растенијата. Аминокиселините се основни градежни блокови за синтеза на протеини и се клучни за растот и развојот на растенијата.

Раст и продуктивност на растенијата: азотот го поддржува развојот и растот на ткивата на коренот, листот и стеблото на растенијата.

#### 16.1.1. Недостаток и вишок на азот

Недостатокот на азот најмногу се забележува кај млади листови. Листовите добиваат светло зелена боја, во случај на понатамошно напредување, листовите пожолтуваат и се забележува недостаток на фотосинтеза. Хлорозата (пожолтување) најпрво се забележува кај старите, а потоа кај младите лисја. Големината на клетките и клеточната делба се намалуваат и растенијата стануваат закржлавени. Вишокот на азот, се забележува преку предвремено стареење на листовите.

## 16.2. Фосфор

Фосфорот е есенцијален хранлив елемент кој е од витално значење за растенијата. На растенијата им треба фосфор за раст, пренос на енергија, структура на клетките и формирање на генетски материјали [96]. Главните функции на фосфорот во растенијата се како што следува:

Трансфер на енергија: во растенијата, преносот на енергија се одвива внатре во клетката преку молекулите на АТП (аденозин трифосфат). Фосфорот е една од основните компоненти на молекулите на АТП и на растенијата им е потребен фосфор каде што е потребна енергија за нивните клеточни активности и биохемиски реакции.

Синтеза на ДНК и РНК: фосфорот е еден од градежните блокови на ДНК и РНК во растенијата. ДНК и РНК го складираат генетскиот материјал на растенијата и се од витално значење за синтезата на протеините и преносот на генетските информации.

Структура на клеточната мембрана: фосфорот е вклучен во основната структура на клеточните мембрани кај растенијата. Клеточните мембрани се важни структурни компоненти кои ја одвојуваат внатрешноста на клетката од надворешната средина и фосфорот игра важна улога во формирањето на овие мембрани.

Фотосинтеза: фосфорот игра важна улога во регулирањето на фотосинтетичките реакции и преносот на енергија кај растенијата. Фотосинтезата е круцијален процес во кој растенијата користат

сончева енергија за претворање на јаглерод диоксид и вода во гликоза и кислород.

Раст и развој на растенијата: фосфорот го поддржува развојот на ткивата на коренот, листот и стеблото на растенијата. Недостатокот на фосфор негативно влијае на развојот на коренот кај растенијата и го забавува растот на растенијата.

Катализатор на реакции: фосфорот функционира како катализатор за биохемиски реакции во растенијата. Ги регулира метаболичките реакции со учество во структурата на ензимите и обезбедува физиолошки функции на растенијата.

Недостатокот или вишокот на фосфор во растението се едни од важните проблеми кои негативно влијаат на здравјето на растенијата. И двете можат негативно да влијаат на развојот на растенијата и да предизвикаат губење на приносот. Еве ги ефектите од недостаток и вишок на фосфор во растението:

#### 16.2.1. Недостаток на фосфор

Проблеми во развојот на коренот: недостатокот на фосфор негативно влијае на развојот на коренот на растенијата. Корењата слабеат и не можат да добијат доволно хранливи материи и вода.

Бавен раст: стапката на раст на растенијата се забавува поради недостаток на фосфор. Растенијата може да имаат помали и послаби лисја.

Загуба на принос: недостатокот на фосфор го намалува приносот на културите на растенијата. Особено може да биде засегнато формирањето на овошје и семиња.

Промени во боја: листовите може да станат виолетови или темно зелени, а рабовите на листовите може да бидат црвеникави.

Одложување на зреење: поради недостаток на фосфор, зреењето на плодовите или семињата на растенијата може да биде одложено.

Проблеми со формирањето на семето: недостатокот на фосфор може да влијае на формирањето на семето на растенијата и да го намали квалитетот на семето.

#### 16.2.2 Вишок на фосфор

Минерален дисбаланс: вишокот на фосфор може да предизвика минерална нерамнотежа во растенијата и да ја инхибира апсорпцијата на други хранливи материи.

Токсичност: вишокот на фосфор може да доведе до токсичност на растенијата и да предизвика симптоми како што се изгореници или хлороза (пожолтување на листовите).

Труење со хранливи материи: вишокот на фосфор може да ја намали биорасположивоста на другите хранливи материи во почвата и да ги оштети растенијата.

Загадување на животната средина: вишокот фосфор може да предизвика загадување на животната средина во земјоделските полиња и водата за наводнување. Исцедувањето на вишокот фосфор во водите може негативно да влијае на водните екосистеми и да доведе до цветање на алгите.

Затоа, важно е да се обезбеди избалансирано снабдување со фосфор во растението. Во случај на недостаток на фосфор, на растенијата може да се применат ѓубрива што содржат соодветен фосфор. Во случај на вишок на фосфор, треба да се преземат мерки за подобрување на почвата и обезбедување на фосфор во рамнотежа со другите хранливи материи. Важно е да се вршат редовни анализи на почвата и да се обезбеди рамнотежа на хранливи материи за да се заштити здравјето на растенијата.

### 16.3. Калиум

Калиумот е важен макронутриент за растенијата и е од витално значење за растот, развојот и метаболизмот на растенијата [97].

Главните функции на калиумот во растенијата се:

Воден баланс и осморегулација: калиумот го регулира балансот на водата во растителните клетки. Калиумовите јони во клетката го регулираат тургорскиот притисок (напнатоста) на клетката преку контролирање на влегувањето на вода во клетката. Ова им овозможува на растенијата да го регулираат навлегувањето и загубата на вода, обезбедувајќи редовен транспорт на вода.

Фотосинтеза и дишење: калиумот влијае на процесите на фотосинтеза и дишење кај растенијата. Во хлоропластите (органелата каде што се одвива фотосинтезата), калиумот е вклучен во структурата на молекулите на хлорофилот и фотосинтетичките ензими. Затоа, ги регулира процесите на фотосинтеза и им овозможува на растенијата да произведуваат храна со користење на сончевата енергија.

Синтеза на протеини и ензимска активност: калиумот игра важна улога во синтезата на протеините и активирањето на ензимите. Ги регулира метаболичките процеси на растенијата преку зголемување на активноста на ензимите.

Клеточна поделба и раст: калиумот влијае на клеточната делба и процесите на раст во растенијата. Го поддржува развојот на корените, листовите и матичните ткива на растенијата.

Отпорност на болести: калиумот ја зголемува отпорноста на растенијата на болести. Помага во згуснување и зајакнување на сидовите на растителните клетки, со што се спречува навлегувањето на заболените организми во растението.

Зреење и формирање на овошје: калиумот влијае на формирањето на плодовите на растенијата и на зреењето на плодовите. Ова го зголемува приносот и квалитетот на растенијата.

Недостатокот или вишокот на калиум во растението се едни од важните проблеми кои негативно влијаат на здравјето на растенијата. И двете можат негативно да влијаат на развојот на растенијата и да предизвикаат губење на приносот. Еве ги ефектите од недостатокот и вишокот на калиум во растението:

### 16.3.1. Недостаток на калиум

При недостаток на калиум, рабовите на постарите лисја изгледаат изгорени.

Бавен раст: Недостатокот на калиум негативно влијае на стапката на раст на растенијата. Растенијата може да имаат помали и послаби лисја.

Пожолтување на листовите: поради недостаток на калиум, на листовите може да се забележи пожелтување (хлороза). Пожелтените лисја прво се засегнати од рабовите.

Подложност на сушење: недостатокот на калиум ја слабее способноста на растенијата да ја регулираат рамнотежата на водата и може да предизвика растенијата да бидат поподложни на сушење.

Загуба на принос: недостатокот на калиум го намалува приносот на културите кај растенијата. Може да биде засегнато формирањето на овошје и семиња, па приносот може да се намали.

Сушење на врвовите на листовите: недостатокот на калиум може да предизвика сушење и изгореници на врвовите на листовите.

Растенијата стануваат подложни на инсекти и болести.

### 16.3.2. Вишок на калиум

Минерален дисбаланс: вишокот на калиум може да предизвика минерална нерамнотежа во растенијата и да ја инхибира апсорпцијата на други хранливи материи.

Токсичност: вишокот на калиум може да доведе до токсичност на растенијата и да предизвика симптоми како што се изгореници или хлороза (пожелтување на листовите).

Труење со хранливи материи: вишокот на калиум може да ја намали биорасположивоста на другите хранливи материи во почвата и да ги оштети растенијата.



## 16.4. Калциум

Калциумот е есенцијална хранлива материја за растенијата и е од витално значење за нивниот раст, развој и здраво функционирање [98]. Главните функции на калциумот во растенијата се:

**Формирање клеточни ѕидови:** Калциумот игра важна улога во структурата на клеточните ѕидови на растенијата. Клеточните ѕидови обезбедуваат структурна поддршка на растенијата и ја одредуваат формата и цврстината на клетките.

**Клеточна поделба:** Калциумот ја регулира клеточната делба кај растенијата и го поддржува развојот на ткивата на коренот, листот и стеблото.

**Балансирање на јони:** Кај растенијата, калциумот ја регулира јонската рамнотежа внатре и надвор од клетката. Калциумовите јони внатре во клетката го регулираат функционирањето на клеточната мембрана и движењето на водата.

**Ензимско активирање:** Калциумот игра клучна улога во активирањето на многу ензими во растенијата. Ензимите се вклучени во регулирањето на метаболичките реакции кај растенијата, а калциумот ги активира овие реакции.

**Клеточна сигнализација:** Калциумот е важен дел од клеточната сигнализација кај растенијата. Нивото на калциум во клетката може да се промени како одговор на стимулации од околината и хормонски сигнали, дозволувајќи им на растенијата да реагираат.

**Стоматска контрола:** Стомите се мали дупки во листовите на растенијата кои овозможуваат размена на гасови и губење на водена пареа. Калциумот е дел од механизмите кои го регулираат отворањето и затворањето на стомите и ја контролира загубата на вода.

**Отпорност на болести:** Калциумот ја зголемува отпорноста на болести кај растенијата и ги активира одбранбените механизми на растенијата против патогени (организми кои предизвикуваат болести).

Овие функции на калциумот во растението се од витално значење за здрав раст и развој на растенијата. Недостатокот на калциум може да предизвика проблеми кај растенијата како што се слаби клеточни ѕидови, виткање на рабовите на листовите и слаба отпорност на болести. Затоа е важно во земјоделството и градинарството да се обезбедат растенијата со доволно количество калциум. Растенијата обично се хранат со ѓубрива што содржат калциум за да ги задоволат нивните потреби за калциум. Покрај тоа, калциумот ја зголемува фиксацијата на атмосферскиот азот од бактериите и ја зголемува достапноста на молибден.

#### 16.4.1. Недостаток на калциум

При недостаток на калциум, врвовите на растечките корени и лисја стануваат кафеави и умираат. Исто така влијае и на квалитетот на плодовите.

Проблеми во развојот на коренот: недостатокот на калциум негативно влијае на развојот на коренот на растенијата. Корените слабеат и не може да се зема доволно вода и хранливи материи.

Слабост на клеточниот ѕид: калциумот е вклучен во структурата на клеточните ѕидови и затоа недостатокот на калциум предизвикува слабеење на клеточните ѕидови на растенијата. Ова ја намалува структурната поддршка на растенијата и може да дојде до колапс и опаѓање на растенијата.

Нарушувања на листовите: недостатокот на калциум може да предизвика симптоми како што се маргинално виткање, некроза (смрт на ткивото) и виткање на листовите.

Гниење на овошје: недостатокот на калциум може да предизвика гниење и деформација на овошјето. Може да има губење на квалитетот особено кај плодовите со кора.

Нарушување на контрола на стомите: Дефицитот на калциум ги спречува стомите (дупките на листовите) да функционираат нормално и може да ја зголеми загубата на вода кај растенијата.

#### 16.4.2. Вишок на калциум

Може да ја инхибира апсорпцијата на други хранливи материи: вишокот на калциум може да ја намали апсорпцијата на други хранливи материи во почвата и да предизвика недостаток на хранливи материи кај растенијата.

Соленост и токсичност: вишокот на калциум може да предизвика соленост и висока рН вредност во почвата. Ова може да предизвика токсичност кај растенијата и негативно да влијае на развојот на коренот.

Нерамнотежа на хранливи материи: вишокот на калциум може да го наруши балансот на другите хранливи материи и да доведе до нерамнотежа на минералите во растенијата.

## 16.5. Магнезиум

Магнезиумот е макронутриент од витално значење за растенијата [99]. Главните функции на магнезиумот во растенијата се:

Синтеза на хлорофил: Магнезиумот е есенцијална компонента на молекулите на хлорофилот во растенијата. Хлорофилот е зелен пигмент во кој растенијата ја претвораат водата и јаглерод диоксидот во гликоза и кислород користејќи сончева енергија во процесот на фотосинтеза. Без магнезиум во структурата на хлорофилот, фотосинтезата не може да се случи и растенијата не можат да произведуваат хранливи материи.

Трансфер на енергија: Магнезиумот е есенцијална компонента на молекулите на АТП (аденозин трифосфат) во растенијата. АТП е главната молекула што се користи за пренос на енергија на клеточните активности во растенијата. Магнезиумот обезбедува ефикасна синтеза на АТП и пренос на клеточна енергија.

Ензимско активирање: Магнезиумот игра клучна улога во активирањето на многу ензими во растенијата. Ензимите играат важна улога во регулирањето на метаболичките реакции и синтезата на хранливи материи во растенијата. Магнезиумот е вклучен во структурата и функцијата на овие ензими.

Синтеза на протеини: Магнезиумот игра важна улога во синтезата на протеините кај растенијата. На растенијата им се потребни протеини за да растат, да се развиваат и да ги исполнат своите животни функции. Магнезиумот игра активна улога во рибозомите (структури на синтеза на протеини).

Синтеза на нуклеински киселини: Магнезиумот е вклучен во синтезата на ДНК и РНК (нуклеински киселини) во растенијата. Нуклеинските киселини се клучни за складирање и пренос на генетски материјал во растенијата. Магнезиумот игра важна улога во регулирањето на овие процеси.

Недостатокот или вишокот на магнезиум во растението е еден од важните проблеми кои негативно влијаат на здравјето на растенијата. И двете можат негативно да влијаат на развојот на растенијата и да предизвикаат губење на приносот. Еве ги ефектите од недостаток и вишок на магнезиум во растението:

#### 16.5.2. Недостаток на магнезиум

При недостаток на магнезиум, кај старите лисја на растенијата, просторите меѓу жилите на листовите пожелтуваат, а жилите остануваат зелени (Интервенална хлороза).

Пожолтување на листовите: Пожелтување на листовите (хлороза) може да се забележи поради недостаток на магнезиум. Пожелтените лисја најпрво се погодени на рабовите и со текот на времето може да ги покријат сите лисја.

Бавен раст Недостатокот на магнезиум негативно влијае на стапката на раст на растенијата. Растенијата може да имаат помали и послаби лисја.

Намалување на ефикасноста на фотосинтезата: Бидејќи магнезиумот е присутен во структурата на молекулите на хлорофилот, неговиот недостаток негативно влијае на процесот на фотосинтеза. Ова ја намалува способноста на растенијата да произведуваат хранливи материи користејќи сончева енергија.

Намалување на формирањето на цвеќе и овошје: недостатокот на магнезиум може да влијае на формирањето на цветовите и плодовите на растенијата и да предизвика низок принос.

Проблеми во развојот на корените: недостатокот на магнезиум може негативно да влијае на развојот на коренот на растенијата и да го попречи навлегувањето на хранливи материи и вода.

#### 16.5.2. Вишок на магнезиум

Може да ја инхибира апсорпцијата на други хранливи материи: вишокот на магнезиум може да ја инхибира апсорпцијата и транспортот на други хранливи материи во растенијата. Ова може да предизвика минерална нерамнотежа кај растенијата.

Клеточни нарушувања: вишокот на магнезиум може да доведе до влошување и токсичност во растителните клетки. Може да се забележи нарушување на клеточните мембрани и структурите на органелите.

Намалена фотосинтеза: вишокот на магнезиум може негативно да влијае на ефикасноста на фотосинтезата и да го намали производството на хранливи материи кај растенијата.

Спречување на развојот на корените: Вишокот на магнезиум може негативно да влијае на развојот на коренот на растенијата и да го инхибира растот на корените.

### 16.6. Сулфур

Сулфурот е микронутриент за растенијата и е од суштинско значење за здрав раст и развој на растенијата [100]. Главните функции на сулфурот во растенијата се:

Формирање на аминокиселини и протеини: една од главните функции на сулфурот е да обезбеди формирање на аминокиселини и протеини во растенијата.

Синтеза на хлорофил: Сулфурот има важна улога во синтезата на хлорофилот во растенијата.

Синтеза на растителни хормони: се смета дека сулфурот е ефикасен во синтезата на некои растителни хормони во растенијата.

Учество во структурата на клеточната мембрана: сулфурот учествува во структурата на клеточната мембрана кај растенијата и ја поддржува силата и функционалноста на клеточната мембрана.

Ги активира одбранбените механизми на растенијата: сулфурот ги активира одбрамбените механизми на растенијата од болести и штетни организми. Особено ја зголемува отпорноста на растенијата против некои болести.

Недостатокот или вишокот на сулфур во растението е еден од важните проблеми кои негативно влијаат на здравјето на растенијата. И двете можат негативно да влијаат на развојот на растенијата и да предизвикаат губење на приносот. Еве ги ефектите од недостаток и вишок сулфур во растението:

#### 16.6.1. Недостаток на сулфур

Во случај на недостаток на сулфур, интервеналната жолта боја помеѓу лисните жили останува зелена (интервенална хлороза).

Бавен раст: недостатокот на сулфур негативно влијае на стапката на раст на растенијата. Растенијата може да имаат помали листови и нивниот развој може да биде бавен.

Пожолтување на листовите: пожелтување на листовите (хлороза) може да се појави поради недостаток на сулфур. Младите делови од листовите се зафатени, а листовите може да добијат бледо зелена или жолта боја.

Намалена синтеза на протеини и аминокиселини: недостатокот на сулфур ја намалува синтезата на протеини и аминокиселини во растенијата. Оваа ситуација негативно влијае на нормалниот раст и развој на растенијата.

Проблеми во синтезата на хлорофилот: хлорофилот е пигмент што им е потребен на растенијата за фотосинтеза. Недостатокот на сулфур може да ја намали ефикасноста на фотосинтезата на растенијата со тоа што влијае на синтезата на хлорофилот.

#### 16.6.2. Вишок на сулфур

Може да ја инхибира апсорпцијата на други хранливи материи: вишокот на сулфур може да ја инхибира апсорпцијата и транспортот на други хранливи материи во растенијата (како што се калциум и калиум). Ова може да предизвика минерална нерамнотежа кај растенијата и да доведе до недостаток на други хранливи материи.

Токсичност: Вишокот на сулфур може да предизвика токсичност кај растенијата. Може да се забележат симптоми како што се изгореници на листовите, виткање на рабовите на листовите и смрт на растението.

### 16.7. Железо

Железото е микроелемент кој е од витално значење за растенијата [101]. Главните функции на железото во растенијата се:

Синтеза на хлорофил: железото е есенцијана компонента во структурата на молекулите на хлорофилот во растенијата.

Учествува во синџирот за транспорт на електрони: железото е вклучено во структурата на важни протеини и ензими како што се цитохромите во синџирот за транспорт на електрони во растенијата. Овој ланец обезбедува транспорт на електрони во процесите на производство на енергија како што се фотосинтезата и дишењето.

Намалување на нитрати: железото игра важна улога во претворањето на нитратите во нитрити, а потоа во амонијак во растенијата. Овој процес е важен за растенијата да земаат азот и да формираат протеини и други соединенија.

Синтеза на ДНК и РНК: железото игра важна улога во синтезата на ДНК и РНК кај растенијата. ДНК и РНК се клучни за складирање и пренос на генетски материјал во растенијата.

Ензимско активирање: Железото игра клучна улога во активирањето на многу ензими во растенијата.

Недостатокот или вишокот на железо во растението е еден од важните проблеми кои негативно влијаат на здравјето на растенијата. И двете можат негативно да влијаат на развојот на растенијата и да предизвикаат губење на приносот.

#### 16.7.1. Недостаток на железо

Хлороза (пожолтување на листовите): дефицитот на железо влијае на синтезата на хлорофилот кај растенијата и предизвикува пожолтување на листовите (хлороза). Пожолтувањето на листовите најпрво се појавува на младите листови и помеѓу лисните жили. Во тешки случаи, целото растение може да биде светло зелено.

Бавен раст: недостатокот на железо негативно влијае на стапката на раст на растенијата. Растенијата може да имаат помали листови и помалку разгранети стебла.

Ограничена фотосинтеза и производство на хранливи материи: дефицитот на железо ја намалува фотосинтетската ефикасност на растенијата со намалување на синтезата на хлорофил и го ограничува производството на хранливи материи.

Проблеми со дишењето: недостатокот на железо може да влијае на регулацијата на респираторните процеси во растенијата и да влијае на производството на енергија на растенијата, негативно да влијае на растот.

#### 16.7.2. Вишок на железо

Токсичност: вишокот на железо може да предизвика труење со хранливи материи кај растенијата. Високото ниво на железо може да предизвика симптоми на токсичност кај растенијата и да предизвика дамки, сушење и изгореници на лисјата.

Минерална нерамнотежа: вишокот на железо може да доведе до дисбаланс на минералите во растенијата со тоа што влијае на апсорпцијата и транспортот на други хранливи материи.



Негативно влијае на развојот на коренот: вишокот на железо може негативно да влијае на развојот на коренот на растенијата и да го спречи здравиот раст на корените.

Кај вишокот на железо, се појавуваат ситни кафени дамки на листовите.

## 16.8. Манган

Манганот е важен микронутриент за растенијата и има различни функции во растенијата [102]. Главните функции на манган се:

**Синтеза на хлорофил:** манганот е присутен во структурата на молекулите на хлорофилот во растенијата и игра важна улога во синтезата на хлорофилот. Хлорофилот е зелениот пигмент кој им овозможува на растенијата да произведуваат хранливи материи со користење на сончевата енергија во процесот на фотосинтеза.

**Антиоксидантна активност:** манганот е вклучен во активирањето на антиоксидантните ензими во растенијата. Овие ензими им помагаат на растенијата да се борат против оксидативниот стрес и да го спречат оштетувањето на клетките.

**Активирање на ензими:** манганот игра важна улога во активирањето на многу ензими во растенијата. Тој е особено вклучен во структурата на ензимите кои ги катализираат реакциите на редокс и го регулираат метаболизмот на растенијата.

**Намалување на нитрати:** манганот игра важна улога во редуцирањето на нитратите до нитрити, а потоа и до амонијак во растенијата.

**Метаболизам на фосфорна киселина:** манганот игра важна улога во метаболизмот на фосфорната киселина во растенијата и ја регулира апсорпцијата и транспортот на фосфорот од растенијата.

Ја зголемува достапноста на фосфор и калциум во растенијата.

### 16.8.1. Недостаток на манган

Хлороза (пожолтување на листовите): недостаток на манган, хлороза (жолтеникаво зелена) може да се забележи во лисјата на растенијата. Зафатени се средните жили на листовите и младите листови. Недостатокот на манган е сличен на недостатокот на железо кај растенијата. На листовите се појавуваат сиви дамки и ленти. Ако е тешка, растенијата стануваат закржлавени.

Намалување на ефикасноста на фотосинтезата: недостатокот на манган може да го намали производството на хранливи материи со негативно влијание врз процесот на фотосинтеза во растенијата.

Забавување на растот: недостатокот на манган негативно влијае на нормалниот раст и развој на растенијата. Растенијата може да имаат помали листови и слабо разгранети стебла.

#### 16.8.2. Вишок на манган

Токсичност: Вишокот манган може да предизвика токсичност на растенијата. Високото ниво на манган може да предизвика дамки, изгореници и сушење на листовите. Постарите лисја ќе покажат хлоротична зона и кафени дамки опкружени со круг.

Може да ја инхибира апсорпцијата на други хранливи материи: Вишокот на манган може да доведе до нерамнотежа на минералите во растенијата со инхибиција на апсорпцијата и транспортот на други хранливи материи.

#### 16.9. Бакар

Бакарот е еден од микронутриентите потребни во трагови за растенијата и има различни функции во растенијата [103]. Главните функции на бакар се:

Активирање на ензими: Бакарот игра важна улога во активирањето на многу ензими во растенијата. Тој е особено вклучен во структурата на ензимите кои ги катализираат реакциите на редокс и го регулираат метаболизмот на растенијата.

Поддршка на структурата на клеточниот ѕид и ткивото: Бакарот помага во поддршката на клеточните ѕидови и структурата на ткивото

кај растенијата. Ова е важно за одржување на структурниот интегритет на растенијата.

Метаболизам на фосфор: Бакарот го регулира метаболизмот на фосфор во растенијата, дозволувајќи им на растенијата да го апсорбираат и транспортираат фосфорот.

Синтеза на хлорофил: Бакарот е присутен во структурата на молекулите на хлорофилот во растенијата и придонесува за синтеза на хлорофил. Хлорофилот е зелениот пигмент кој им овозможува на растенијата да произведуваат хранливи материи со користење на сончевата енергија во процесот на фотосинтеза. Тој е катализатор за дишење. Обезбедува балансирање на движењето на водата во растението.

#### 16.9.1. Недостаток на бакар

Во недостаток на бакар, растот на растенијата се забавува, а растенијата почнуваат да се влошуваат. Млади листови умираат. Недостаток на бакар, хлороза (жолтеникаво зелена) може да се забележи во лисјата на растенијата. Ова се должи на ефектот на синтезата на хлорофил.

Бавен раст и развој: недостатокот на бакар може негативно да влијае на стапката на раст и развојот на растенијата. Растенијата може да имаат помали листови и слабо разгранети стебла.

#### 16.9.2. Вишок на бакар

Токсичност: вишокот на бакар може да предизвика токсичност на растенијата. Високото ниво на бакар може да предизвика дамки, изгореници и сушење на листовите.

Може да ја инхибира апсорпцијата на други хранливи материи: вишокот на бакар може да доведе до нерамнотежа на минералите во растенијата со инхибиција на апсорпцијата и транспортот на други хранливи материи (како што е железото).

### 16.10. Цинк

Цинкот е еден од микронутриентите потребни во трагови за растенијата и има неколку важни функции во растенијата [104]. Главните функции на цинкот се:

Активирање на ензими: Цинкот игра важна улога во структурата и активирањето на многу ензими во растенијата.

Регулација на хормони: Цинкот игра важна улога во регулацијата на некои хормони во растенијата. Ја регулира концентрацијата на ауксинскиот хормон.

Синтеза на протеини: Цинкот игра важна улога во синтезата на протеините во растенијата.

Синтеза на хлорофил: Цинкот е присутен во структурата на молекулите на хлорофилот во растенијата и е важна компонента во синтезата на хлорофилот.

#### 16.10.1. Недостаток на цинк

Хлороза (пожолтување на листовите): Недостаток на цинк, хлороза (жолтеникаво зелена) може да се забележи во лисјата на растенијата. Зафатени се средните вени на листовите и младите листови. Ако недостатокот напредува, листовите стануваат бели.

Кратки, завиткани и тесни лисја: Недостатокот на цинк може да предизвика листовите да бидат пократки, завиткани и потесни од нормалното кај растенијата.

Проблеми во развојот на коренот: Недостатокот на цинк може негативно да влијае на развојот на коренот на растенијата и да го спречи здравиот раст на коренот.

#### 16.10.2. Вишок на цинк

Токсичност: Вишокот цинк може да предизвика токсичност кај растенијата. Високото ниво на цинк може да предизвика дамки, изгореници и сушење на листовите.

Може да ја инхибира апсорпцијата на други хранливи материи: Вишокот на цинк може да ја инхибира апсорпцијата и транспортот на

други хранливи материи, што доведува до минерална нерамнотежа во растенијата.

### 16.11. Молибден

Молибденот е микронутриент кој е потребен во трагови за растенијата и има важни функции во растението. Главната функција на молибденот е да игра клучна улога во процесите на конверзија на азот во растенијата [105]. Функциите на молибденот во растенијата се:

**Фиксација на азот:** Молибденот игра важна улога во фиксацијата на азот во растенијата. Молибденот е вклучен во структурата на ензимите (нитрогенази) кои се ефикасни во фиксацијата на азот и им помага на растенијата да го користат азот во атмосферата.

Помага при фиксација на азот од бактериите на ризобиум. Бактериите на јазлите на коренот исто така бараат молибден.

**Намалување на нитрати:** Молибденот е вклучен и во конверзијата на нитратот во поедноставни соединенија, на пример, амонијак, во растенијата.

Ја зголемува достапноста на фосфор и сулфур во почвата. Учествува во синтезата на витамини.

#### 16.11.1. Недостаток на молибден

Симптомите на дефицит на молибден често се слични на недостаток на азот. Постарите и средните лисја прво се подложени на хлороза. Во некои случаи, виткањето на листовите, растот и формирањето на цветот се ограничени.

**Проблеми во фиксација на азот и намалување на нитрати:**

Недостатокот на молибден ја намалува ефикасноста на фиксација на азот и намалување на нитрати во растенијата. Затоа, навлегувањето на азот и синтезата на протеините кај растенијата може да бидат засегнати.

Бавен раст и развој: Недостатокот на молибден може да предизвика бавен раст и развој кај растенијата. Листовите на растенијата може да бидат мали и бледи во боја.

#### 16.11.2. Вишок на молибден

Токсичност: Вишокот молибден може да предизвика токсичност кај растенијата. Високото ниво на молибден може да предизвика дамки и изгореници на листовите (хлороза со портокалова боја и пигментација).

Може да ја инхибира апсорпцијата на други хранливи материи: вишокот на молибден може да доведе до минерална нерамнотежа во растенијата со инхибиција на апсорпцијата и транспортот на други хранливи материи.

Недостатокот на молибден обично се забележува кога рН вредноста на почвата е висока или почвата во која растат растенијата има недостаток на молибден.

### 16.12. Бор

Борот е микронутриент потребен во трагови за растенијата и има неколку важни функции во растенијата [106]. Главните функции на борот се:

Придонес кон структурата на клеточниот ѕид: Борот придонесува за регулирање на пропустливоста на структурата на клеточниот ѕид кај растенијата.

Клеточна делба и издолжување: Борот игра важна улога во процесите на клеточната делба и издолжување кај растенијата.

Метаболизам на јаглени хидрати и протеини: Борот е вклучен во метаболизмот на јаглени хидрати и протеини во растенијата и ги регулира процесите на производство на енергија и синтеза на хранливи материи.

Активирање на хормоните: Борот може да биде ефикасен во активирањето на некои хормони во растенијата. Овие хормони ги регулираат процесите како што се растот и цветањето на растенијата.

Обезбедува транспорт на производи за фотосинтеза од лисјата.

#### 16.12.1. Недостаток на бор

Настанува абнормален развој на точките на раст (меристемско ткиво), а апикалните точки на раст се закржлавени и умираат поради недостаток на бор. Не се јавува формирање на цвет и плод. Кај некои жита и овошје, приносот и квалитетот се значително намалени.

Слабост на клеточниот сид: Недостатокот на бор може да предизвика слабост на клеточниот сид и структурни проблеми кај растенијата. Ова може негативно да влијае на растот и развојот на растенијата.

Формирање дамки на листовите: Недостатокот на бор може да предизвика формирање на кафеави дамки на лисјата кај растенијата.

Бавен раст и развој: Недостатокот на бор може да предизвика бавен раст и развој кај растенијата. Растенијата може да имаат помали листови и слабо разгранети стебла.

#### 16.12.2. Вишок на бор

Вишокот на бор може да предизвика токсичност кај растенијата. Високото ниво на бор може да предизвика изгореници и сушење на листовите. Може да ја инхибира апсорпцијата на други хранливи материи: вишокот на бор може да доведе до нерамнотежа на минералите во растенијата со инхибиција на апсорпцијата и транспортот на други хранливи материи.

