

Fotosynthese neemt af bij een overmaat aan zware metalen

Oppassen voor kopervergiftiging



Schadelijk effect van te veel koper in het wortelmilieu op de groei van roos; van links naar rechts: 0.05, 0.15, 0.3, 0.6 en 1 dpm (foto: Youbin Zheng, Universiteit van Guelph, Canada).

Koper speelt een rol bij de fotosynthese en de versteviging van cellen. Een gebrek tast dan ook deze functies in de plant aan. Kopergebrek komt niet veel voor in de glastuinbouw. Eerder moet de tuinder in de toekomst oppassen voor overmaat bij een toenemend gebruik van warmtewisselaars en hergebruik van condenswater.

TEKST: TIJS KIERKELS EN EP HEUVELINK (WAGENINGEN UNIVERSITEIT)

Koper hoort bij de zogenaamde sporenelementen. De plant heeft er maar weinig van nodig, maar dat betekent niet dat de koper-toediening daarmee verwaarloosd kan worden. Het element is een essentieel onderdeel van een aantal enzymen, die een rol spelen bij de fotosynthese. Een slechte kopertoestand betekent daarom een slechte fotosynthese. Bovendien kunnen er vrije radicalen gevormd worden die allerlei schade aan cellen en celorganen kunnen veroorzaken. Dat komt omdat koperhoudende verbindingen fungeren als tijdelijke 'parkeerplaats' voor elektronen tijdens het zeer ingewikkelde fotosyntheseproces. Als die parkeerplaats ontbreekt, reageert het elektron zomaar ergens mee. Het gedraagt zich als het zogenaamde vrije radicaal. En dat kan aanzienlijke schade opleveren, bijvoorbeeld aan het DNA, de drager van de erfelijke informatie. Bij sla uit een gebrek zich in een slappe plant, die slecht groeit en geen krop vormt. Het blad is klein, smal en lepelvormig. De bladrand vergeelt en vouwt naar beneden om. Daarna verwelkt het vanaf de rand en

enzymen

vrije radicaal

de nerven kleuren rood. De symptomen beginnen in de onderste bladeren. Dat duidt erop dat koper mobiel is in de plant. Het element kan nog vanaf de oudere bladeren naar de jongere verhuizen. Maar toch zijn er ook planten bekend waarbij juist de jonge bladeren en toppen afsterven. Koper lijkt daarom maar beperkt mobiel.

Lignificatie

Behalve de rol bij de fotosynthese is ook die bij de zogenaamde lignificatie van belang. Jonge cellen zijn nog flexibel en kunnen strekken. Op een gegeven moment echter zet de plant de stof lignine af in de celwand. Die worden daardoor stevig, maar kunnen dan niet meer van vorm veranderen. Lignine is na cellulose het meest voorkomende plantaardige materiaal op aarde. Hout ontleent zijn sterkte aan deze stof. Een kwart tot eenderde bestaat uit lignine. Twee koperhoudende enzymen spelen een belangrijke rol bij die lignificatie en het blijkt dat al een licht kopergebrek het proces verstoort. Gevolgen kunnen zijn: misvormde

en gedraaide bladeren en een vergrote gevoeligheid van wortels voor bodemziekten. Ook de vruchtbaarheid heeft te lijden onder een slechte lignificatie. De meeldraden laten het stuifmeel (pollen) niet goed vrij en de pollen zelf kunnen steriel zijn. Bij granen is wel gevonden dat de planten er op het oog gezond uitzagen, maar dat ze veel te weinig korrels zetten door een licht kopergebrek. Een gevolg dus van slechte bestuiving.

Bij een normale tuinbouwpraktijk en zorgvuldige omgang met de bemesting is kopergebrek in de glastuinbouw geen groot probleem.

Koperovermaat kan schade geven

Ook koperovermaat komt tot nu toe in de glastuinbouw nauwelijks voor. Blgg in Naaldwijk vindt overigens wel eens hoge gehalten, bijvoorbeeld als een Aquahort is gebruikt voor ontsmetting bij potplanten. De discussie over wat te veel is, is echter een moeilijke. Er zijn bovenwaarden, die als richtlijn gelden, maar geen echte schadedrempels zijn. Dat wil dus zeggen: ook

vruchtbaarheid

bovenwaarden

groeisnelheid

boven deze waarden hoeft geen schade op te treden. Maar het hangt af van de soort, de cultivar, de stand van het gewas en de groeisnelheid hoeveel koper de plant aankan. Als er echt schade optreedt - die er dan wel flink kan inhakken - heeft de tuinder in het algemeen gedurende langere tijd fouten gemaakt.

Gesloten kas

Nieuwe ontwikkelingen kunnen de discussie over veiligheidsmarges nog meer op scherp zetten. In gesloten of geconditioneerde kassystemen regelt de tuinder de luchtvochtigheid onder andere door condensatie tegen koude oppervlakken. Tijdens het praktijkexperiment met de gesloten kas bij PPO in Naaldwijk (2002) bleek het hoge kopergehalte in dit condenswater een reëel probleem. Dit kwam door condensatie tegen de koper/aluminium warmtewisselaars. Het is de bedoeling om het condenswater te hergebruiken. Daarom moet het kopergehalte onder een bepaalde waarde blijven: het maximum toelaatbare is 1,1 $\mu\text{mol/liter}$, streefwaarde is 0,8 $\mu\text{mol/liter}$.

condenswater

Ook bij de gesloten kas van Themato in Bleiswijk hebben de onderzoekers van PPO daarom speciaal gelet op de gehalten in het condenswater. In 2004 bleek het kopergehalte geen probleem op te leveren. Het bleef onder de streefwaarde.

In de energieleverende kas van Stef Huisman in Huissen vloeit het water, dat tegen de (vertinde) koperen Fiwihex-warmtewisselaar condenseert, naar de gietwatervoorraad voor het hele bedrijf. Omdat het condenswater maar een heel klein deel uitmaakt van de totale watergift, is er geen probleem. Huisman voegt zelfs koper toe aan het gietwater. Het gehalte in het condenswater is tot nu toe niet gemeten. Dat gaat in de toekomst wel gebeuren. Toch blijft een hoog kopergehalte een punt van aandacht bij condensatie en hergebruik van het condenswater. Overigens geldt dit niet alleen voor koper. Ook andere metalen warmtewisselaars kunnen ionen afgeven waardoor de gehalten kunnen oplopen.

warmtewisselaars

Bruine wortelpunten

Wat er gebeurt als je het kopergehalte in gietwater zomaar laat oplopen, blijkt uit twee buitenlandse onderzoeken. Canadese onderzoekers hebben de effecten bij roos,



Koper is een sporenelement; de planten hebben er maar weinig van nodig. Een slechte kopertoestand betekent echter een slechte fotosynthese (foto WUR glastuinbouw).

chrysant en pelargonium bekeken. De aanleiding is dat glastuinders in Ontario elektrolytisch koper steeds meer gebruiken om algen en ziektekiemen in gietwater te doden. Dan is de vraag hoever je hiermee kunt gaan.

Bij roos bleek een concentratie van meer dan 2,4 $\mu\text{mol/liter}$ schadelijk. Dan daalt het plant(droog)gewicht. Chrysant vertoonde schade boven de 5 $\mu\text{mol/liter}$. Pelargonium bleek aanzienlijk meer koper aan te kunnen. Pas boven de 8 $\mu\text{mol/liter}$ ontstond duidelijke schade.

De onderzoekers hebben van alles gemeten aan de planten, maar de beste indicator bleek toch visuele beoordeling van de wortels. Dat is dus iets wat elke tuinder zelf ook kan. Binnen 24 uur na toediening van een te hoog kopergehalte kregen de wortels van pelargonium en chrysant al bruine punten (geteeld op watercultuur). Dat duidt op afsterven van de wortelpuntjes. Bij de roos duurde dat een week. Behalve de bruine wortelpunten was het uitlopen van de zijwortels een opvallend gevolg. De Canadezen vonden maar af en toe bladshade, in situaties waar wel wortelshade optrad. Bladshade is dus géén duidelijke indicator voor kopervergiftiging.

Oxidatiestress

Uit ander onderzoek blijkt dat planten niet zomaar weerloos zijn tegen zware meta-

len, zoals koper. Ze hebben afweermechanismen. Dat is ook hard nodig, want een overmaat aan zware metalen verstoort vrijwel alle fysiologische processen. Ze veroorzaken 'oxidatiestress' door de vorming van vrije zuurstofradicalen, die overal schade veroorzaken, bijvoorbeeld aan celmembranen, waardoor de cellen lek raken. Ook binden ze aan eiwitten en enzymen, waardoor die hun werk niet kunnen doen, bijvoorbeeld bij de vorming van nieuw bladgroen.

vrije zuurstofradicalen

De onderzoekers vonden dat tomatenplanten bij 5 $\mu\text{mol/liter}$ koper de overmaat voor het allergrootste deel opslaan in de wortels. Hiermee vertragen ze schade aan essentiële processen, zoals de fotosynthese. Want juist de fotosynthese heeft erg te lijden van een overmaat aan zware metalen.

Uit onderzoek blijkt dat een overmaat aan koper de fotosynthese remt. Er is dus alle reden om een veilige grens voor de koperconcentratie in gietwater aan te houden en bij een verhoogd risico op accumulatie (bijvoorbeeld bij gebruik van koper in de warmtewisselaar) het gehalte ook steeds in de gaten te houden.

SAMENVATTING