

# Zuurstof in wortelmilieu telt wél mee voor eindresultaat

AUTEUR  
ROB BAAS

Tuinbouw bedrijven is als topsport bedrijven. Alle omstandigheden moeten optimaal zijn om de beste prestaties te bereiken. Zuurstof is een van de elementen die bijdragen aan optimale omstandigheden. Toch is over zuurstof relatief weinig bekend in de tuinbouw, terwijl het in teelten op substraat wel degelijk meetelt voor een goed eindresultaat.



*In een standaard steenwolk (meer dan 88 procent vocht) vormen zich bovenin meer en onderin veel minder wortels dan wanneer een onderdruk wordt aangelegd (-6 cm: minder dan 70 procent vocht).*

**P**lantencellen hebben zuurstof nodig voor de adem-haling. Bij die ademhaling worden assimilaten en zuurstof verbruikt en worden CO<sub>2</sub>, water en 'energierijke verbindingen', waaronder ATP, gevormd. Deze 'energiedragers' zijn essentieel bij veel reacties van plantencellen en processen als eiwitsynthese en droge-stofproductie uit assimilaten, maar ook voor de opname van ionen en het in stand houden van bijvoorbeeld de celspanning.

De energiedrager ATP wordt ook gebruikt om schadelijke stoffen buiten te houden. Het buiten de wortels houden van een schadelijk element als natrium kost energie. Bij een gebrek aan zuurstof lukt dit niet meer, omdat dan minder dan 10 procent van de energie wordt geproduceerd.

Omdat de ademhaling in het plasma van de cellen plaatsvindt, is het goed te bedenken dat het hierbij om zuurstof gaat die is opgelost in water. Deze oplosbaarheid in water is vooral afhankelijk van de temperatuur en neemt af van 10 naar 7,5 milligram

per liter water bij een temperatuur tussen 15 en 30 graden Celsius.

Zuurstof wordt beperkend als de opname ervan groter is dan de aanvoer. De opname wordt vooral bepaald door de hoeveelheid wortels en de ademhalingsnelheid. Globaal neemt de ademhaling met een factor 2 toe als de worteltemperatuur 10 graden stijgt. Snel groeiende gewassen, zoals vruchtgroenten, hebben een hoge ademhaling, omdat relatief veel wortelgroei en ionenopname per tijdseenheid plaatsvindt. Een goede aanvoer van zuurstof is dan van groot belang.

De aanvoer van zuurstof hangt vooral af van de hoeveelheid lucht in het substraat. Zuurstofdiffusie – transport van hoge naar lage concentratie – vindt 10 duizend keer sneller plaats in lucht dan in water. Het transport van gasvormige zuurstof in lucht via aaneengesloten poriën tot vlakbij de wortels is dan essentieel om aan de vraag naar zuurstof door wortels en aanwezige micro-organismen te voldoen. In een NFT-systeem wordt zuurstof alleen via de waterfase aangevoerd. Hierbij is het zaak dat een goede doorspoeling plaatsvindt en geen 'dode hoeken' ontstaan, omdat de zuurstof dan binnen een uur uitgeput kan zijn. Dit gevaar speelt vooral bij een dik wortelpakket.

## REACTIE PLANT

Bij een plotseling zuurstofgebrek in het wortelmilieu komt een hele reeks reacties op gang. De wortels gaan over op vergisting, waardoor weliswaar geen zuurstof meer nodig is, maar de productie van de energierijke verbindingen vermindert sterk. Dit heeft tot gevolg dat de wortelgroei sterk vermindert of zelfs stopt. Wortels kunnen uiteindelijk afsterven. Daarnaast wordt de opname van ionen, zoals nitraat, sterk geremd, waardoor op langere termijn stikstofgebrek optreedt. Bladeren kunnen versneld verouderen en er kan bloemabortie optreden.



*Bij de teelt op watercultuur (NFT) is het effect van zuurstofgebrek in de voedingsoplossing op de wortelgroei duidelijk waarneembaar (hier bij roos).*

Daarnaast is er een effect op de celmembranen van de wortelcellen. Hierdoor verloopt de wateropname moeilijker, waardoor planten reacties vertonen alsof ze gebrek aan water hebben, ondanks het feit dat ze volop in het water staan. Planten gaan slap (vooral als de verdampingsbehoefte groot is, bijvoorbeeld in de middag) en sluiten hun huidmondjes. Hierdoor vermindert de fotosynthese en dus gaat uiteindelijk de (droge-stof)productie omlaag.

Bij zuurstofgebrek in het wortelmilieu wordt ook het gasvormige hormoon ethyleen gevormd. Als de wortels omringd zijn door water, kan ethyleen niet vervluchtigen waardoor de concentratie in de wortels stijgt. Dit heeft tot gevolg dat in de wortels celwanden oplossen en zich luchtholtes gaan vormen. Ook gaan de bladstelen strekken, waardoor de bladeren naar beneden gaan hangen. Sommige gewassen gaan wortels vormen op hoger gelegen plaatsen op de stengel. Dit zijn de zogenaamde adventiefwortels.

Door zuurstofgebrek worden wortels ook meer vatbaar voor een secundair pathogeen als Pythium. De omstandigheid dat bij hogere temperaturen zuurstofgebrek eerder optreedt en de activiteit van Pythium dan het hoogst is, draagt hier aan bij.

Al deze reacties treden vooral duidelijk op als plotseling een situatie ontstaat waarin er gebrek aan zuurstof is. Bijvoorbeeld als gewassen 'verzuipen', zoals na de overvloedige regenval in het Westland in de zomer van 2004. Zijn er dan verder nog gunstige omstandigheden voor groei en verdamping, dan zijn de

gevolgen desastreus. Er zal echter vaker sprake zijn van een lokaal of tijdelijk zuurstofgebrek in het substraat, bijvoorbeeld na een watergift. De dan verschijnselen zijn minder dramatisch, maar ook minder opvallend. Toch kunnen ze productie kosten.

#### VERSCHIL IN GEVOELIGHEID

Snel groeiende gewassen met een laag drogestofgehalte, zoals vruchtgroentegewassen, laten de symptomen van zuurstofgebrek eerder zien dan watvrager groeiende gewassen, zoals veel potplanten. Er zijn gewassen die uitstekend groeien, hoewel hun wortels continu in het water staan, zoals rijst. Door de luchtkanalen in de wortels kunnen ze zuurstof vanuit de spruit transporteren, of vanuit wortels die wel over zuurstof kunnen beschikken. Een soort snorkels dus. Hoewel bij tuinbouwgewassen onder zuurstofgebrekige omstandigheden wel sprake is van enige luchtholtevorming, is die aanpassing onvoldoende. De enige manier om dan toch aan zuurstof te komen is groeien op plaatsen waar wel voldoende zuurstof aanwezig is. Bij (te) natte substraten worden wortels dan ook vooral aan de zij- en bovenkant gevonden.

#### VOLDOENDE LUCHT

Bij watergehalten boven 90 procent ontstaat bijna altijd zuurstofgebrek. Dit geldt bijvoorbeeld voor de onderste - waterverzadigde - zone van steenwol. Uit onderzoeken en modelberekeningen komt naar voren dat de zuurstofdiffusie niet meer beperkt is bij luchtgehalten boven 30 procent in substraat. Voor steenwol zou dit betekenen dat watergehalten onder zo'n 70 procent niet tot problemen met zuurstofgebrek leiden. Wortels hebben naast zuurstof ook water met opgeloste voedingselementen nodig. Een substraat met een te geringe vochtlevering c.q. te hoog luchtgehalte kost echter al snel productie als de verdampingsbehoefte hoog is. Bovendien is de vochtbuffer geringer. Het dilemma voor substraatproducenten is dan ook om substraten te maken die zorgen voor een goede aanvoer van zuurstof, maar ook van water en voedingselementen, bij zowel een hoge en lage verdamping; zowel direct na de start als na langere tijd als het substraat vol wortels zit en structuurverval zou kunnen optreden. Zowaar geen eenvoudige opgave. ■

#### VERRUKING

Zuurstofverrijking is wel geopterd als manier om de zuurstofvoorziening te verbeteren. Bij berekening blijkt echter dat hooguit enkele procenten van de zuurstofbehoefte worden gedekt met de aanvoer van water dat via verdamping is verdwenen. Dit geeft aan dat zuurstofaanvoer via de voedingsoplossing volstrekt onvoldoende is. Het belang van zuurstof in druppelwater neemt wel toe als continu of zeer veelvuldig zuurstofverzadigd water langs de wortels stroomt, zoals bij NFT, of als uitzonderlijk hoge drainpercentages worden gehanteerd.

#### ZUURSTOF METEN

Zuurstof in de voedingsoplossing of in lucht is te meten met een membraan-elektrode. Deze elektroden zijn echter niet geschikt om in substraat te gebruiken. Sinds een aantal jaren zijn er technieken waarmee dat op zeer lokale schaal wel kan. Onderzoekbedrijf Fytagoras ontwikkelt deze methode voor de tuinbouw. Op verschillende plaatsen is daarmee in substraat te meten, om bijvoorbeeld het effect van watergeefbeurten vast te stellen. Op dit moment is er nog geen meter voor eigen gebruik beschikbaar.

Omdat er een goede relatie is met het luchtgehalte kan overigens ook met een vochtgehaltemeter of met weeggoten worden gemeten, om in te schatten of de zuurstofvoorziening mogelijk beperkend is.