

Wortelmilieu

Om de informatie in dit hoofdstuk te begrijpen, moet je de volgende onderwerpen kennen: wortels, mineralenopname, scheikunde

N.B. dit is een erg lange leereenheid geworden. Om dat op te lossen zouden de leerblokken over EC in een aparte leereenheid gezet kunnen worden.

Goed wortelmilieu belangrijk voor kwaliteit – inleiding

Een gezonde plant vergt gezonde wortels, of je nu op substraat of in de grond teelt. En daarvoor is het heel belangrijk dat het wortelmilieu goed op orde is. Het kan bepalend zijn voor de kwaliteit van het product. Naast fysische aspecten als voedingstoestand, watervoorziening, EC en pH, speelt het bodemleven in het substraat een belangrijke rol, ook bij teelt op substraat.

Beeldsuggestie: foto van gezonde wortels (d.w.z. veel en wit)

Zuurstof in de substraatmat – basis

Het wortelstelsel van de plant dient voor de opname van water en nutriënten, verankering in de bodem en productie van hormonen. Het is belangrijk dat er veel gezonde wortelpuntjes zijn. Voor een goed actief wortelstelsel is de zuurstofvoorziening in de mat van essentieel belang. Eén dag waarin maar 20 tot 30% van de zuurstofbehoefte aanwezig is, leidt al tot wortelsterfte. Dat kan productie kosten.

Jonge komkommers en tomaten verbruiken per uur 0,2 mg zuurstof per gram wortelgewicht. Bij een kilo wortels per m² is de behoefte dan minstens 200 mg per uur (het getal ligt hoger want de wortelpunten gebruiken nog meer).

Met water dat verzadigd is met zuurstof wordt maximaal 9 mg zuurstof aangevoerd uitgaande van een verbruik van 1 liter water per m² per uur. De andere 191 mg moeten dus 'uit de lucht' komen. Uit de verhouding tussen 9 en 191 mg blijkt al dat extra beluchten van de voedingsoplossing niet zo belangrijk is. Veel belangrijker is dat er voldoende lucht in het substraat zit; dus dat het niet doordrenkt is. Bij de meeste substraten treedt geen zuurstoftekort op onder de 70 à 75% vocht.

Beeldsuggestie: ??

Optimaal vochtgehalte in steenwol - basis

Wat is het ideale vochtgehalte? Bij steenwol blijkt dat tussen de 55 en 75% niet zoveel uit te maken. Dan treden geen te droge of te natte plekken op en is de zuurstofvoorziening goed. Een licht watertekort kan gunstig uitpakken voor de smaak bij sommige producten omdat het drogestofgehalte stijgt.

Echt watertekort leidt tot verminderde bladstrekking en dus tot minder bladoppervlak.

Daardoor is sprake van minder lichtonderschepping en minder totale fotosynthese. Ook gaan de huidmondjes (deels) dicht bij watertekort, wat de fotosynthese afremt. Het totaal stilvallen van de watertoevoer is in de zomer bij substraten als steenwol al binnen enkele uren funest.

Beeldsuggestie: ??

Grote of kleine beurten - verdieping

Telers vragen zich met regelmaat af of het beter is het water in enkele grote beurten te geven of in veel kleinere beurten. In principe maakt het niet zo veel uit. Veel kleine beurten geven

wel een constantere waterstatus en minder ophoping van zouten. Dat komt doordat bij een grote beurt een deel van het water meteen de mat uitloopt. Bij kleinere beurten verspreidt de gift zich beter door het substraat en kunnen opgehoopte zouten daardoor beter uitspoelen. Toch zit er ook een nadeel aan veel kleine beurten: er is een grotere kans op verschillen in afgifte tussen de druppelaars. Als de laatste druppelaars op de druppelslang minder snel gaan werken, kan daar een vochttekort ontstaan. Bij drukgecompenseerde druppelaars doet dit probleem zich overigens niet voor.

Nog een punt is of een ingewikkelde druppelstrategie noodzakelijk is om meer aan te sluiten bij de behoeften van de plant. Uit onderzoek blijkt dat dat niet nodig is. De opbrengst bleek gelijk bij een vergelijking tussen standaard watergeven en precisie watergeven naar behoefte. Het ligt dus niet zo gevoelig.

Beeldsuggestie: korte video van tuinder die vertelt over zijn overwegingen bij de watergeefstrategie

De optimale EC bestaat niet - basis

De totale hoeveelheid mineralen (andere woorden hiervoor: elementen, voedingsstoffen, ionen) in de voedingsoplossing wordt gemeten met het EC-getal. Eigenlijk is de EC een maat voor de elektrische geleidbaarheid van een oplossing. Die stijgt als er meer ionen zijn opgelost.

Wortels nemen het gemakkelijkst water op uit een voedingsoplossing met een lage concentratie elementen, dus een lage EC. Bij een stijgende EC neemt de productie aanvankelijk niet af, maar de wateropname al wel. De plant produceert dan dus meer per liter opgenomen water. Echter, ook de productie gaat flink dalen als de EC-stijging ver doorschiet. Er zit een conflict tussen opname van water en van elementen. Voor een optimale wateropname moet de EC laag zijn. Maar een erg laag getal betekent weinig voedingselementen in de oplossing en dan dreigt het gevaar van gebreksziekten. Het is dus altijd schipperen tussen weinig waterstress en voldoende elementen. Een EC van 1,5 is eigenlijk wel het minimum, al varieert dit sterk per gewas.

Een optimale EC bestaat niet. Die hangt af van gewas, groeifase en klimaatsfactoren. Bovendien is het optimum voor groei en productkwaliteit nogal eens verschillend. Bij veel instraling is het heel verstandig de EC naar beneden bij te stellen. De plant heeft dan veel water nodig voor de verdamping. Een lage EC leidt in het algemeen tot een weelderige groei, mits de plant nog voldoende voeding krijgt. Maar de tuinder kiest ook regelmatig ervoor juist niet de optimale EC voor groei aan te houden. Bijvoorbeeld om generatieve ontwikkeling te stimuleren. Of om een betere smaak te krijgen, wat dan wel wat productie kost.

Beeldsuggestie: ??

Perfect EC-getal, voeding toch uit balans - verdieping

EC staat voor electrical conductivity: het elektrisch geleidingsvermogen van een oplossing en wordt gemeten in milliSiemens per centimeter. Het geleidingsvermogen van een oplossing wordt bepaald door de hoeveelheid en de aard van de opgeloste ionen, zoals kalium, calcium, en nitraat. Een magnesium- (Mg^{2+}) of calcium-ion (Ca^{2+}) heeft een grotere bijdrage aan het geleidingsvermogen dan een kaliumion (K^+), omdat de eerste 2 tweewaardig zijn. Schoon water heeft een EC van 0,0. De EC van het gietwater is van groot belang, zeker bij teelten op substraat. Heeft het gietwater van zichzelf bijvoorbeeld al een EC van 3, zoals in Spanje wel voorkomt, dan is er geen mogelijkheid meer om voedingsionen toe te voegen zonder dat de EC zo hoog wordt dat groei- en productieverlies op gaat treden.

Als je de EC van de voedingsoplossing meet, weet je dus alleen iets over de totale hoeveelheid ionen. Het zegt niets over de afzonderlijke elementen. Ook bij een perfecte EC kan de voeding ernstig uit balans zijn. Fouten in de EC komen niet zoveel meer voor; daar zorgen tal van sensoren wel voor. Fouten in de voeding wel.

Beeldsuggestie: ??

Hogere EC remt de productie - basis

Naarmate de EC toeneemt, treedt meer groeiremming en productieverlies op. Dat heeft drie oorzaken:

1. De bladstrekking wordt geremd

Doordat de plant minder water op kan nemen, kunnen de nieuwe cellen die moeten gaan strekken, onvoldoende celspanning bereiken. Dat leidt tot kortere cellen en kleinere bladeren. Dus minder onderschepping van licht. Dus minder totale fotosynthese en groei. Dus minder productie.

2. De huidmondjes sluiten

De plant probeert de verdamping te beperken als hij weinig water op kan nemen en sluit de huidmondjes. Maar daardoor kan er ook minder CO₂ het blad binnendringen, wat nodig is voor een goede fotosynthese. Die daalt dus en daarmee de productie (als de toestand lang aanhoudt).

Beide plantreacties (1 en 2) kosten productie en dus geld. Onderzoek met snijbloemen gaf lagere bloemgewichten bij stijgende EC te zien, waarbij overigens de verschillen tussen de soorten groot zijn. Aster kan heel wat hebben, bouvardia is juist erg gevoelig.

3. Het celvocht wordt minder verdund met water. Dit speelt een rol bij vruchtgroenten. Die groeien minder uit. Bij een lichte stijging van de EC blijft het totale drooggewicht van de vrucht wel op peil (de fotosynthese wordt dan nog niet geremd), maar er gaat wel al minder water naar de vrucht. Die wordt zagezegd minder verdund met water. Dit geeft minder productie (maar kan wel een betere smaak geven).

Beeldsuggestie: illustratie effecten hogere EC

Hogere EC, betere smaak - basis

In het begin van de jaren negentig klonk in Duitsland grote kritiek op de Nederlandse tomaat. Ze zouden naar niets smaken en werden uitgescholden voor Wasserbomben. Nu zijn er tal van beter smakende rassen ontwikkeld, maar voordat die rassen voorhanden waren, hadden de telers ook al een antwoord. Ze schroefden de EC op. Daardoor steeg het suikergehalte van de vruchten. Die werden minder met water verdund omdat de plant bij een hogere EC minder goed water kan opnemen. Veel tomatentelersverenigingen stellen nu ook nog minimumeisen aan de EC in de mat.

Een hoger drogestofgehalte bij vruchtgroenten betekent een hoger suikergehalte en dus (in het algemeen) een betere smaak. Toch kan de EC-truc niet bij alle vruchtgroenten toegepast worden. Paprika bijvoorbeeld heeft al een drogestofgehalte van 8,5 %. Een hogere EC zal ook daar wel voor een iets hoger gehalte zorgen, maar voor de smaak zal dat niet heel veel uitmaken.

Bovendien zit er ook een gevaar aan opschroeven van de EC: de problemen met neusrot nemen toe. Dat ligt aan een slechte distributie van calcium. Als de plant minder gemakkelijk aan water kan komen (door de hogere EC), zullen de organen die nauwelijks verdampen het eerst de klos zijn. Zij kunnen geen calcium naar zich toe trekken met de waterstroom uit de houtvaten.

Beeldsuggestie: Foto krantenartikel in Bild over 'Wasserbomben'

Overdag en 's nachts een andere EC - verdieping

De plant functioneert 's nachts heel anders dan overdag. Het overgrote deel van de verdamping vindt overdag plaats, vanwege de instraling van de zon. Dan moet de plant dus genoeg water op kunnen nemen en is een lage EC gunstig. 's Nachts zitten de huidmondjes toch al dicht en kan best een hoge EC aangehouden worden. Dan kan de plant ook nog voldoende elementen opnemen. Diverse proeven bij tomaat hebben aangetoond dat het werkt. Onderzoek met een EC van 2 overdag en 8 's nachts gaf in de zomer een productieverhoging van tien procent ten opzichte van een constante EC van 3,3. Dit zonder verlies van kwaliteit, houdbaarheid of smaak. Een ander onderzoek, gericht op neusrot, liet zien dat bij een EC van 9 overdag en 1 's nachts veel meer neusrot optrad dan bij het omgekeerde regime. Neusrot heeft een rechtstreeks verband met de verdeling van calcium in de plant. Voor een goede distributie is een flinke waterstroom nodig.

Hiermee is aangetoond dat het loont om de opname van water en voedingsstoffen te 'scheiden'. De plant vervult dan overdag voornamelijk de behoefte aan water en 's nachts de behoefte aan elementen.

Beeldsuggestie: ??

Slechte distributie voedingsstoffen in de mat geen ramp - verdieping

Welk substraat je ook gebruikt, altijd zullen er plekken met meer en minder mineralen voorkomen. De vraag is dan of dat erg is voor de groei van de plant. Cees Sonneveld, voormalig hoofd plantenvoeding en substraten bij het proefstation in Naaldwijk, heeft daarvoor in de jaren negentig proeven gedaan, die veel inzicht hebben opgeleverd.

Hij splitste de wortels van een tomatenplant. De helft groeide in een steenwolblok, de andere helft in een tweede blok. Zo kon hij beide blokken voorzien van een voedingsoplossing met verschillende EC. Er kwamen opmerkelijke resultaten uit. De plant bleek het water te halen uit het blok met de laagste EC – dus waar dat het gemakkelijkste ging – en de elementen uit het blok met de hoogste EC. Daarbij maakte het niet uit of die opliep tot 10, als het andere blok maar laag genoeg bleef. Ook bleek de opbrengst bij zulke grote EC-verschillen gelijk te blijven aan die bij een normale EC. Lokale zoutophoping in de mat hoeft dus geen probleem te zijn. Ook constateert Sonneveld dat planten vooral reageren op de EC van het druppelwater en minder op gemiddelde EC in de mat. Verklaring: Druppelwater komt daar terecht waar ook de meeste actieve wortels zich verzameld hebben

Komkommer vertoonde hetzelfde gedrag, maar is wel gevoeliger voor een plaatselijk hoge EC.

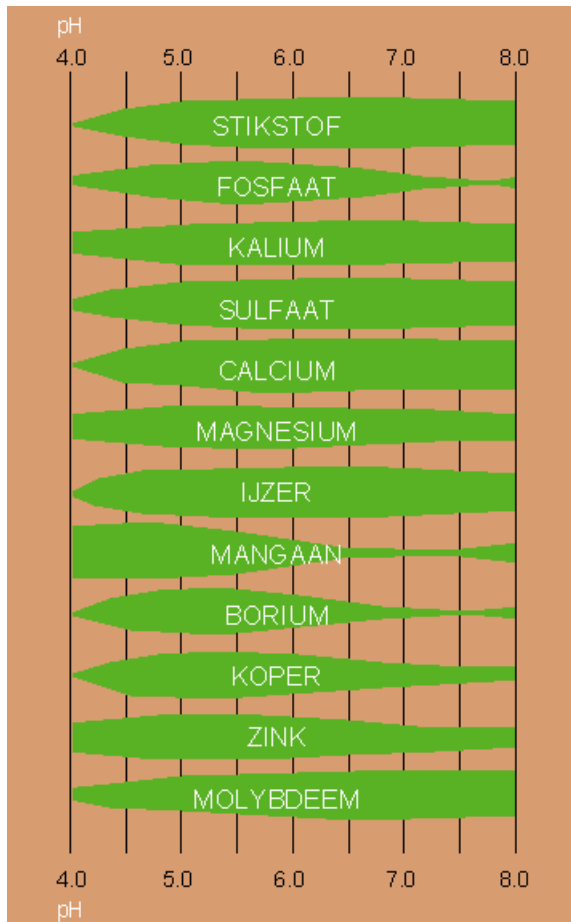
Beeldsuggestie: illustratie Wilma Slegers Boek Plantkunde onder Glas, blz 80

Zuurgraad (pH) van groot belang – basis

De zuurgraad (pH) is van groot belang voor een groot aantal aspecten van het wortelmilieu. Ten eerste de opnamemogelijkheid van de voedingselementen. Bij een te hoge pH worden ijzer, mangaan, zink, borium, fosfaat en koper slechter opgenomen. Een te lage pH is slecht voor de opname van molybdeen, calcium en borium. Normaal moet de pH van de voedingsoplossing tussen de 5,3 en 6 liggen.

Ook kunnen de druppelsystemen verstopten door neerslag bij een verkeerde pH. Beneden pH 4,8 breekt de steenwolmat af. Beneden pH 5 worden de wortels bruin of verkurken ze. Onder de 4,5 sterven ze af. Tot slot is de zuurgraad ook van invloed op ziekteverwekkers. Bij een hoge pH zijn de schimmels Fusarium en Humicola in het voordeel.

Beeldsuggestie: onderstaande grafiek Blgg over pH-gevoeligheid bij de opname van elementen



Stikstofmeststof beïnvloedt pH - verdieping

Als de pH in het wortelmilieu niet goed is, kan een teler de pH van de voedingsoplossing aanpassen. Maar het is veel belangrijker om de verhouding tussen nitraat en ammoniumstikstof in de gaten te houden. De plant beïnvloedt de pH van de oplossing namelijk sterk. Als een plant nitraat opneemt, scheidt hij ter compensatie een base-ion af waardoor de pH stijgt. Bij ammoniumopname scheidt hij een zuurion af en daalt de pH. Dit speelt zich af vlakbij en in de wortel. Hier kan de pH dan heel anders zijn dan wat je verderop meet. Dat is van grote invloed op de opneembaarheid van met name fosfaat.

Een plant heeft een voorkeur voor ammoniumopname. Daardoor daalt de pH vlakbij de druppelaar. Zo ontstaan dus pH-verschillen in de mat en rond de wortels. Zorgvuldige sturing met de stikstofmeststoffen voorkomt problemen.

Ook het gewasstadium kan de pH beïnvloeden. Als er veel rozen tegelijk geoogst worden, gaat het gewas daarna flink aan de groei. Het neemt veel nitraat op en de pH in de mat stijgt flink. Ook het feit dat tomatenplanten voor de vruchtgroei relatief veel kalium opnemen, beïnvloedt de pH. Om elektrisch neutraal te blijven, scheidt de wortel namelijk zuurionen uit, waardoor de pH daalt.

Elke schoksgewijze ontwikkeling (snijden van rozen op snee, paprikazetting en -uitgroei) leidt tot door het gewas veroorzaakte pH-schommelingen.

Beeldsuggerie: illustratie Wilma Slegers Boek Plantkunde onder Glas, blz 84

Organische stof belangrijk in grondteelt - basis

De grondteelt is minder kwetsbaar voor foutjes in watergift en dosering van meststoffen dan de substraatteelt. Het bufferend vermogen van de grond is veel groter. De organische stof in de bodem speelt daarbij een erg belangrijke rol. Hij houdt namelijk vocht vast.

Organische stof is belangrijk voor

- Bewortelbaarheid
- Waterdoorlatendheid
- Verkruimelbaarheid
- Watervasthoudend vermogen

Maar organische stof wordt afgebroken, en de teler moet dus iets doen om het gehalte op peil te houden. Soms gebeurt dat al 'automatisch'. Een chrysantenteler die chrysantenstek in perspotjes gebruikt en die perspotjes achterlaat, brengt al veel organische stof in. Dat is vaak al genoeg om de balans op peil te houden. Maar als dat niet zo is, moet de teler compost of mest gebruiken. Een hulpmiddel daarbij is de organische stofbalans. Die geeft aan hoe het gehalte aan organische stof zich ontwikkelt door het jaar heen. Daarbij spelen mee: de startvoorraad organische stof, mineralisatie en afbraak, aanvoer via gewasresten en perspotjes en benodigde aanvoer van stalmest of compost om het gehalte op het gewenste peil te houden of te krijgen. De afbraak hangt af van grondsoort, pH, bodemleven en de C/N-balans (de verhouding tussen koolstof en stikstof in de grond). Uit het rekensommetje komt dan de benodigde aanvoer, bijvoorbeeld in de vorm van gecomposteerd groenmateriaal of stalmest.

Beeldsuggestie: Foto van resten van perspotjes (heb ik zelf in archief; die zou dus gebruikt kunnen worden)

Bodemleven in substraat - verdieping

Bij de start van een teelt is het bodemleven in substraat weinig gevarieerd. Steriel is het niet, want overal komen bacteriën en schimmelsporen voor.

In de loop van de tijd neemt het aantal verschillende soorten bacteriën en schimmels toe. Ze leven vooral van stoffen die de wortels uitscheiden en van dood wortelmateriaal. Per gram wortels kunnen wel honderd miljoen tot een miljard bacteriën voorkomen. Toch wordt het bodemleven nooit vergelijkbaar met de grondteelt, want in substraat zit nauwelijks organische stof. Bovendien heeft het bodemleven in de grond een lange historie.

In het begin van een teelt is het bodemleven in substraat variabel en kwetsbaar, afhankelijk van welke bacteriën en schimmels er toevallig in terechtkomen. Hierover is weinig bekend. Wel blijkt uit onderzoek dat ontsmetten van recirculatiewater de samenstelling nauwelijks beïnvloedt.

Het bodemleven in substraat is te beïnvloeden door het toevoegen van nuttige bacteriën. Plant Research International heeft ervaring met een *Rhizobium*-bacterie. Bij deze bacterie nam de groei van tomaten- en komkommerplanten met 5 tot 10% toe bij suboptimale temperaturen. In de grond spelen mycorrhiza's een belangrijke rol. Dat zijn symbioses tussen wortel en schimmels. De plant profiteert ervan door een betere opname van nutriënten zoals fosfaat. Ook kunnen ze de wortels beschermen tegen sommige ziekten. In substraat spelen mycorrhiza's geen rol. Of ze geïntroduceerd kunnen worden, is niet bekend.

Het microbiële leven in substraten is een punt van onderzoek, maar er is veel minder over bekend dan over het bodemleven in de grond.

Beeldsuggestie: (elektronen)microscopopname van bodemleven in substraat. Wellicht bij een substraatleverancier te verwerven