

# Planteernæring under glas

## Indledning

Produktionen af potteplanter og grønsager i væksthuse er en meget intensiv dyrkningsform, hvor planten har en kraftig tilvækst og relativ kort produktionsperiode. Produktionen foregår i sphagnum eller i inaktive voksemedier som for eksempel grodan. For at opnå optimal tilvækst, udbytte og kvalitet er det vigtigt at forstå sammenspillet mellem jord, vand og næringsstoffer. Gennem et grundigt kendskab næringsstofferne i jorden og deres betydning for planten, samt til styring af pH og næringsstofftilførslen kan man sikre planterne optimalt med næringsstoffer gennem hele produktionsperioden.

## Næringsstofferne

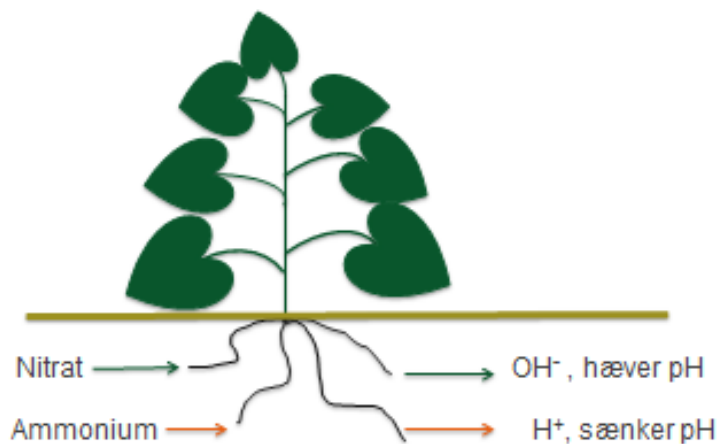
### De essentielle næringsstoffer

Plantenæringsstoffer deles op i makronæringsstoffer og mikronæringsstoffer. Makronæringsstoffer er kvælstof (N), fosfor (P), kalium (K), magnesium (Mg) og Calcium (Ca), og det er de næringsstofferne planterne har brug for i de største mængder. Selv om planten har brug for mindre mængde af mikronæringsstofferne end makronæringsstofferne, er mikronæringsstofferne lige så vigtige. Mikronæringsstofferne er for eksempel jern (Fe), mangan (Mn), bor (B), zink (Zn), kobber (Cu) og molybdæn (Mo). For at kunne vokse og udvikle sig som ønsket skal planterne også have adgang til kulstof (C), ilt (O) og brint (H).

Næringsstofferne har forskellige funktioner i planten, og planten kan ikke undvære et eller flere af næringsstofferne. Da planten altid skal have adgang til alle næringsstoffer, er det nødvendigt at vi under produktionen i væksthuse tilføjer gødning og regulerer gødskningen, så alle næringsstoffer er til stede i jorden. Det er vigtigt at vi har et godt kendskab til næringsstofferne omsætning i jorden, optagelse og funktion i planten.

### Kvælstof (N)

Når planter skal optage næringsstofferne, sker oftest som ioner. Kvælstof (N) optages af rødderne som den negative ion  $\text{NO}_3^-$  (nitrat) eller den positive ion  $\text{NH}_4^+$  (ammonium). Størsteparten af kvælstof optages som  $\text{NO}_3^-$ , da  $\text{NH}_4^+$  (ammonium) i jorden som regel hurtigt omdannes til nitrat. Når nitrat optages af planten, udskiller planten den negativt ladet og basiske  $\text{OH}^-$ -ion for at opretholde den elektriske ligevægt i jord-plantesystemet. Når der optages en ammonium-ion, der er positivladet, sender planten en den sure  $\text{H}^+$ -ion ud i rodzonen. Udskillelsen af  $\text{OH}^-$  ionen får nitrat til at hæve pH ved optagelsen, mens udskillelsen af  $\text{H}^+$ -ioner ammonium til at sænke pH i jorden.



Nitrat transporteres fra rødderne op i planten gennem ledningsstrengene. I planten vil der senere ske en reduktion af nitrat til ammoniak ( $\text{NH}_3$ ), der igen omdannes og indbygges i aminosyrer og proteiner. Ammonium vil allerede i rødderne omdannes til aminosyrer, hvor efter det indgår i dannelsen af blandt andet proteiner. I planten indgår kvælstof i proteiner, nukleinsyrer og enzymer. Mellem 2-6 % af plantens tørstof er kvælstof.

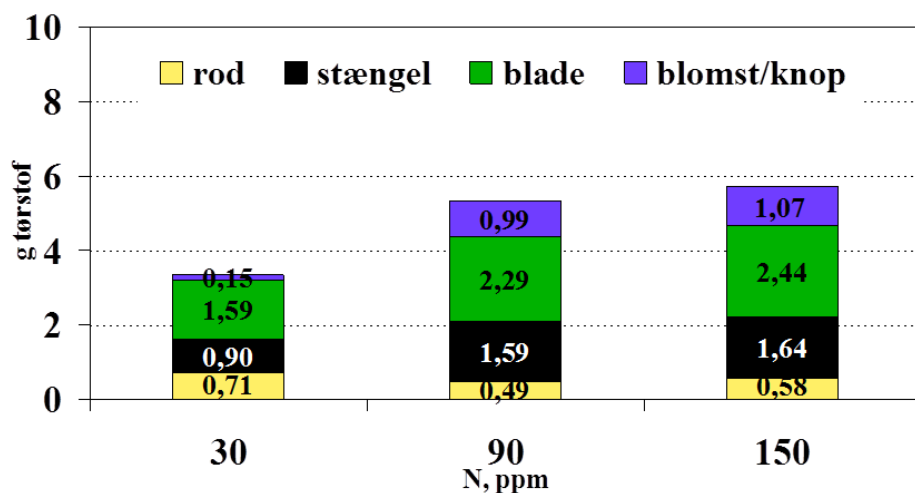
Kvælstof er meget mobilt i planten, hvilket vil sige, det i situationer med mangel på kvælstof flytter sig fra de ældste og nederste blade op i toppen til de yngste blade. Ved kvælstofmangel er det derfor, de ældste blade, der bliver gule først. Kvælstofmangel kan også give en mere generel væksthæmning og små blade. Unge planter bliver helt lyse, og der kommer en dårligere forgrening (billede 1). Ved kvælstof mangel har planterne ofte en mindre top og en større rod. Ved en meget kraftig kvælstofmangel vil de gule blade til sidst falde af.



Billede 1: Effekt af kalium og kvælstoftilførsel på potteroser. Aftagende tilførsel af kvælstof gav mindre og lysere planter (Kai Lønne Nielsen, 1999)

Undersøgelse af fordeling af tørstof i potteroser dyrket ved forskellige kvælstof tilsætninger viste, at rod/skud forholdet faldt ved stigende N tilførsel. Roden blev mindre, men der var til gengæld en større andel blade, blomster og knopper (Starkey et al.) , 2000) (se figur 1).

Planter der får tilført meget kvælstof bliver mere frodige og har tendens til en svagere rodudvikling, mens en mere tilbageholdende gødsning med kvælstof giver en kraftigere rod mindre frodig top.



Figur 1. Kvælstof og planteopbygning ved potteroser. Tørvægt af rødder, stængel, blade, blomster/knopper ved roser dyrket ved forskellige kvælstofniveauer. (Kirsten Rasmussen Starkey et al. , 2000)

Mangel på kvælstof opstår hyppigst som følge af lav tilførsel i forhold til vækst. Udvaskning af nitrat i forbindelse med vanding fra oven, samt højt indhold af organisk materiale som bark og kompost kan også føre til mangel på kvælstof. Der rettes op på kvælstofmangel ved at øge tilførslen af kvælstof.

Planterne kan også få for meget kvælstof, og det giver en øget vækst af toppen samtidig med det giver en dårligere rodudvikling. Kraftig tilførsel af kvælstof – især ammonium reducerer også plantens optagelse af calcium og give symptomer på calciummangel som for eksempel griffelråd, visne bladkanter og visne top-skud. Ved at reducere mængden af kvælstof og ammonium i gødningsblandingen kan roden styrkes, og opnås en mere balanceret tilvækst.

### Fosfor (P)

Fosfor (P) optages hovedsageligt som  $H_2PO_4^-$ -ionen (fosfat). Fosfat indgår i plantens membraner, enzymer, ATP og nukleinsyre. Fosfor er især nødvendig for celledelingen og dermed for knopsætning, blomstring og skudspidsens vækst. I en tørstofanalyse vil der være 0,3-0,6 % fosfor.

Inde i planten bevæger fosfat op og ned ad i planten, og derfor vil mangel på fosfor give mangelsymptomer på både yngre og ældre blade. Mangelsymptomerne vil dog som regel først ses på de ældre blade.

Mangel symptomer er væksthæmning og små blade, rødfarvning af blade og bladstilke, reduceret blomsterdannelse, nekrotiske pletter på gamle blade og en kraftigere rod (billede 2 og 3).

## *Viola wittrockiana*-hybrid 'Dynamite'



**Lav-P   Dynamisk-P   Kontrol**

Billede 2: Forsøg med forskellige mængder fosfor (P) til Viola. Lav-P behandlingen gav væksthæmning og små blade. Foto Conny Wang Hansen, DJF.



**Lav-P   Dynamisk-P   Kontrol**

Billede 3: Planterne udsat for lav P havde den kraftigste rod. Kontrollen, der fik standard mængde af fosfor, havde den svageste rod udvikling. Foto Conny Wang Hansen, DJF.

På grund af den væksthæmmende virkning kan en kontrolleret fosformangel bruges som et led i vækstreguleringen af en række plantearter.

Fosformangel ses, når der tilføres for lidt fosfor, men også ved lave temperaturer, når pH er lav eller for høj, samt når dyrkningsmediet er meget vådt eller meget tørt. Ved højt pH udfældes fosfor som tungt opløseligt calciumfosfat, og der vil ikke længere være tilstrækkeligt med plantetilgængeligt fosfor.

Fosformangel løses ved at give ekstra fosfor med gødningen – altså ved at hæve niveauet af fosfor i gødningsblandingen eller ved at vande en eller flere gange med fosforholdig gødning. Da fosfortilgængelighed påvirkes af dyrkningsmediets pH og indhold af vand, er det nødvendigt at tjekke pH samt undgå at vande for meget eller udsætte planterne for meget kraftig tørkestress.

Overskud af fosfor kan føre til mangel på zink, og høje niveauer af fosfor vil reducere rodvæksten. Overskud af fosfor korrigeres ved at reducere mængden af fosforgødning.

### **Kalium (K)**

Kalium (K) er vigtig for de processer, der styrer åbning og lukning af bladenes spalteåbninger. Åbning og lukning af spalteåbningerne afhænger af læbecellernes optagelse og udskillelse af kalium. Kalium er altså vigtigt for plantens vandbalance, saftspænding samt muligheden for at udskille vanddamp og CO<sup>2</sup>. Mange af enzymernes aktivitet i forbindelse med plantens stofskifte er afhængig af en høj koncentration af kalium i cellerne. 2-5 % af plantens tørstof er kalium.

Kalium findes i jordvæsken som K<sup>+</sup>, der optages af rødderne ved en aktiv energikrævende proces. Kaliumoptagelsen påvirkes derfor ikke i særlig stor udstrækning af jordtemperatur, pH, dyrkningsmediets fugtighed og iltindhold. Optagelsen af kalium påvirkes af tilstedeværelsen af positive ioner som magnesium (Mg<sup>2+</sup>), calcium (Ca<sup>2+</sup>), ammonium (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>) og natrium (Na<sup>+</sup>). Optagelsen af kalium hæmmes, hvis der er store mængder af disse positive ioner tilstede i rodzonen, idet de går ind og konkurrerer med kalium om pladsen ved rødderne, og får planterne til at optage for eksempel magnesium i stedet for kalium. I sådanne situationer kan der opstå en induceret mangel på kalium.

Kalium er meget mobilt i planten, og når planten udsættes for kaliummangel, vil den flytte kalium fra de ældre blade og plantedele op i toppen af planten. Tegn på kaliummangel vil derfor først blive synlige på de ældre blade. Planten reagerer på kaliummangel ved at få gule, der visner og kan rulle sig sammen.

Ved kalium mangel skal man ved hjælp af jordanalyser eller pressevandsanalyser undersøge, om der er tilstrækkeligt med kalium i rodzonen, og om balancen mellem kalium og de øvrige næringsstoffer er i orden. Er der mangel på kalium i jorden, tilføres der ekstra kalium med gødningen. I de tilfælde hvor der findes store mængder af f.eks. magnesium eller calcium skal planterne have tilført mindre af disse og have mulighed for at bruge af reserveerne i rodzonen.

### **Magnesium (Mg)**

Magnesium (Mg) indgår som et centralt atom i klorofyl, og har en vigtig rolle i dannelsen af den energirige forbindelse ATP, samt i dannelsen af proteiner og nukleinsyre i arvematerialet. Magnesium udgør omkring 0,35-0,5 % af plantens tørstof.

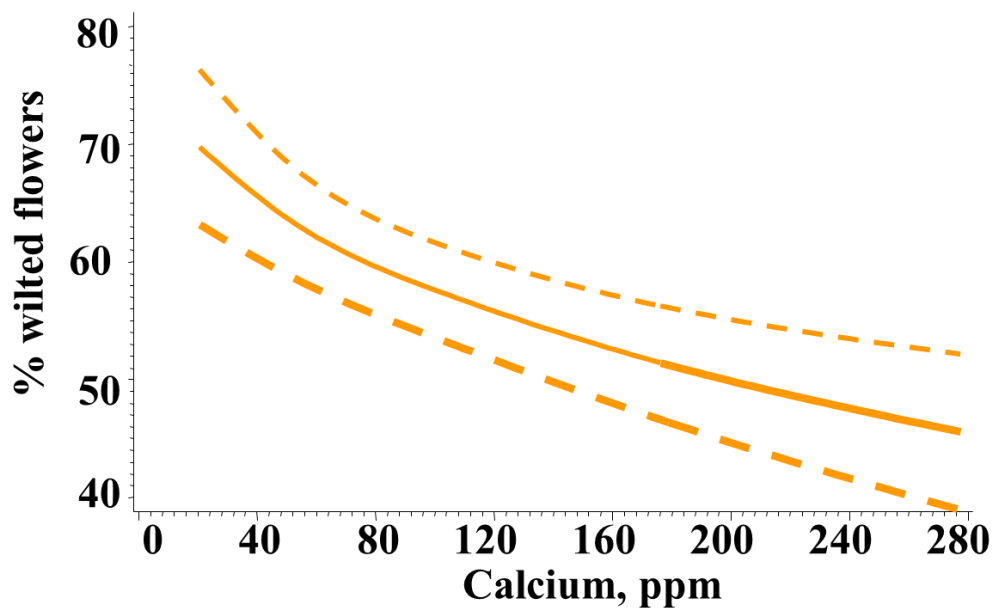
Planterne optager magnesium som magnesium-ionen  $Mg^{2+}$ . Plantens optagelse af magnesium forhindres let, hvis dyrkningsmediet er lidt for vådt, eller der er store mængder kalium og calcium i jorden. Store mængder calcium og magnesium vil forhindre optagelse af magnesium, og giver en induceret magnesiummangel. En optimal optagelse af magnesium kræver et sundt og aktivt rodsystem med mange nye friske rodspidser. Bevægeligheden i planten er mindre end for N, P og K, og derfor ses symptomer på magnesium ofte på de modne blade midt på planten.

Ved mangel på magnesium får bladene klorose mellem bladnerverne. Gulfarvningen starter som regel i toppen af bladet og breder sig herfra ned mellem bladnerverne.

Opstår der magnesiummangel, tilføres der ekstra magnesium med gødningsvandet. Dette kan gøres ved at øge mængde af magnesiumgødning i gødningsblandingen eller ved at vande planterne med eksempelvis magnesiumsulfat (bittersalt). Man kan også supplere med bladgødskning med bittersalt. Man skal med en jordanalyse undersøge om niveauet af calcium og kalium er for højt. Hvis det er tilfældet skal gødningsblandingen justeres, så indholdet af kalium og calcium reduceres. Undgå for kraftigt vanding og hold rødderne sunde, det er godt for optagelsen af magnesium. Hvis dyrkningsmediet suger meget vand, så bør der skiftes til et voksemedie, der ikke tilbageholder så meget vand.

### **Calcium (Ca)**

For planterne er calcium et meget betydningsfuldt makronæringsstof, og koncentrationen i bladene ligger på 0,3 % - 0,5 % afhængig af planteart og plantealder. Calcium er nødvendigt for plantevæksten, men har også stor betydning for plantens holdbarhed og modtagelighed overfor visse plantesygdomme. Når calciumindholdet i blomsterne øges, har det vist sig, at der kommer mindre angreb af gråskimmel, færre visne blomster og en bedre holdbarhed. Forsøg i potteroser har vist, at antallet af visne blomster under holdbarhedstest blev reduceret med stigende mængde calcium i gødningsvandet (figur 2) (Nielsen og Starkey, 1999).



Figur 2. Indflydelse af calcium på procent visne blomster i potteroser. Øvre og nedre linje angiver 95 % konfidensintervallet (Nielsen og Starkey, 1999).

Calcium optages i planten som den positive ion  $\text{Ca}^{2+}$ . Den optages ved en passiv proces gennem rødderne og fordeler sig op gennem planten med saftstrømmen. En god rodvækst med en sund og aktiv rod er meget vigtig for god calciumoptagelse, da calcium optages gennem de unge celler i rodspidserne.

Det meste calcium indgår i cellevæg, midt lamel og cellemembran, og calcium kan ikke flyttes rundt i planten, når det først er bundet i cellevæg og cellemembran. Derfor ses calciummangel altid i den nye vækst, de unge plantedele og vækstpunkter i form af visne skudspidser, blomsterknopper, bladspidser og bladkanter (billede 4 og 5).

Calciummangel påvirker også rodsystemet negativt, da der ikke kommer calcium til rodspidserne. Calciummangel giver færre rødder og tynde rødder med brune/sorte rodspidser.





*Billede 4. Jordbærplante med lokal calciummangel i bladspidser – tipburn. Foto: Nauja Lisa Jensen, GartneriRådgivningen A/S.*



*Billede 5: Jordbærplante med lokal calciummangel i bladspidser og knopper -tipburn . Foto Nauja Lisa Jensen, GartneriRådgivningen A/S.*



Der er tre former for calciummangel:

- Absolut calciummangel
- Induceret calciummangel
- Fysiologisk calciummangel

Ved absolut calciummangel er der et lavt indhold af calcium i voksemediet og rodzonen. Calcium findes i store mængder i vores drikke vand, mens der i regnvand ikke er calcium. Ved brug af borigsvand/grundvand er det i mange kulturer ikke nødvendigt at tilsætte ekstra calcium. Ved brug af regnvand, kan der derimod opstå mangel på calcium, hvis der ikke tilføret calcium gennem kalkning og gødskning. Absolut calciummangel opstår, når man begynder at bruge regnvand uden at få lavet en gødningsplan, hvor planten tilføres calciumgødning i form af eksempelvis calciumnitrat (kalksalpeter).

Induceret calciummangel opstår, hvis mængden af andre positivladet næringsstoffer er stor eller hvis pH er for lav. Der er den mængde calcium, der skal være i jorden, men der er givet for meget kalium ( $K^+$ ), magnesium ( $Mg^{2+}$ ) eller ammonium ( $NH_4^+$ ). Store mængder af andre positive ioner vil blokkere for optagelsen af calcium, og der opstår calciummangel. Lavt pH i voksemediet giver mange  $H^+$ -ioner i rodzonen, og dette kan også inducere calciummangel. Det lave pH vil samtidig mindske tilgængeligheden af calcium (se figur 5), hvilket gør det vanskeligt for planten at få fat i tilfredsstillende mængder af calcium.

Ved en fysiologisk calciummangel er der tilstrækkeligt med calcium i rodzonen, og rødderne optager også en del calcium, men det bliver ikke transporteret op i planten og ud til vækstpunkterne. Optagelsen og fordelingen kan være forbundet med vanskeligheder, da calcium passivt transporteres med saftstrømmen op i planten, og derfor er afhængig af plantens fordampning. Når plantens fordampning er lav, er optagelsen af vand og calcium lav og transporten af calcium op i planten formindskes. Calcium føres ud til de planteorganer, hvorfra der sker en fordampning. Hvis fordampningen fra de unge plantedele er lav, så kan der opstå calciummangel.

Ved calciummangel skal man sikre sig, at planterne får tilføret tilstrækkeligt med calcium gennem vandingsvandet. Hvis jordanalyserne viser et lavt indhold af calcium, kan der rettes op på dette ved at give ekstra calcium i form af calciumnitrat eller eventuel calciumchlorid. Calciumchlorid kan gives i de situationer, hvor der ikke er gavnligt at tilføre planterne ekstra kvælstof.

Hvis der er et passende indhold af calcium i jorden, så skal der ses nærmere på klimaet i væksthuset og balancen mellem næringsstofferne.

Klimaet skal sikre en god fordampning fra planterne. Luftfugtigheden må ikke være høj, og der skal være en god luftcirkulation mellem planterne. Især efterår og vinter skal man på grund af den lave indstråling og fugtige vejr opstå være opmærksom på klimaet i væksthuset.

Tjek at voksemediet ikke har overdrevne niveauer af nitrat- kvælstof, ammonium-kvælstof, kalium eller magnesium, eller pH er lavt og ledningsværdien er for høj. Er der ubalancer eller indhold, der kan hæmme optagelsen af calcium justeres gødningen, så der gives mindre af de næringsstoffer, der er til stede i overdrevne mængder.

For at afhjælpe eller forebygge calciummangel i vinterperioden kan der bladgødes med enten calciumnitrat eller calciumchlorid. Der sprøjtes en gang om ugen med en 0,1-0,2 % opløsningen.

### **Svovl (S)**

Svovl (S) er et vigtigt næringsstof for planterne, idet svovl indgår i aminosyrer og fotosyntesen. Det optages i planten som ionen  $SO_4^{2-}$ , og i planteanalysen ligger indholdet af svovl på 0,1 % - 0,5 %. Det danske grundvand indeholder normalt tilstrækkelig med svovl til at forsyne planterne med svovl - eventuelt i kombination med en mindre mængde svovlholdige gødninger. Når man i gartnerierne opsamler regnvand og bruger regnvand til vanding af planterne, er den naturlige forsyning af svovl væk, og der kan opstå mangel på svovl, hvis der ikke benyttes svovlholdige gødninger i gødningsplanen.

Svovlmangel ses som lyse planter, hvor især de yngste blade er lyse. Svovl har kun en lille bevægelighed i planten i modsætning til kvælstof. Derfor bliver især de yngste blade lyse. Ved svovlmangel bliver væksten og bladene mindre. Rødderne bliver lange og tynde med mange forgreninger.

### **Jern (Fe)**

Planter med lyse/gule skudspidser, gule blade med grønne nerver er de klassiske symptomer på jernmangel, se billede 6 og 7. Da jern ikke er mobilt i planten og planten ikke kan flytte det fra ældre blade til unge plantedele, vil jernmangel altid ses først på de unge, hurtigt voksende plantedele, der gradvist bliver lysere og lysere.



*Billede 6: Bacopa med klassiske symptomer på jernmangel. De yngste blade er lyse med grønne bladnerver.*



*Billede 7: Jern-mangel i jordbær kan forveksles med mangan-mangel. Foto Nauja Jensen, GartneriRådgivningen A/S.*

Det kan være vanskeligt at skelne mellem jernmangel og manganmangel, men efterhånden som jernmangel forværres kan de yngste blade blive helt hvide.

Jern er det mikronæringsstof planten behøver i de største mængder, og i planteanalysen skal jernindholdet være på 100 ppm til 150 ppm. I planten indgår jern blandt andet som en del af kloroplasterne, der indeholder klorofyl. Ved jernmangel er der færre kloroplaste og dermed mindre klorofyl. Den mindre mængde klorofyl gør bladene lyse. Mindre klorofyl giver mindre fotosyntese og derfor vil en længerevarende jernmangel resultere i reduceret tilvækst og mindre planter.

Jern optages i planten som  $\text{Fe}^{2+}$ . Selve optagelsen sker ved diffusion ind gennem cellevæggen og kræver ikke energi fra plantens side. Hvis der er plantetilgængeligt jern til stede i rodzonen, kan planten let forsyne sig med jern.

Oftest findes jern i tilstrækkelig mængde i jorden, men da jerns tilgængelighed påvirkes meget af pH i voksemediet, kan jern hurtigt bindes i tungtopløselige forbindelser. Når pH bliver højt bliver jern mindre tilgængeligt for planterne, og jernindholdet i planten falder, og der kan opstå jernmangel. Hvorvidt der opstår jernmangel afhænger også af plantearten. Nogle planter er meget effektive til at optage jern, og vil ikke få problemer med jernoptagelsen, hvis pH er lidt for højt, mens andre plantearter er mindre effektive til at optage jern, og derfor vil få jernmangel symptomer, så snart pH bliver lidt for højt.

	Følsomhed over for jernmangel	Krav til pH
<b>Generel gruppe af planter:</b> Julestjerner, Krysantemum, Impatiens med flere	Der er normalt ikke problemer med jernmangel og der er sjældent problemer med lavt eller højt pH.	5,8-6,4
<b>Jern-ineffektive planter:</b> Bacopa, Nemesis, Verbena, Petunia, Vinca med flere	Planter er tilbøjelig til at få jernmangel ved højt pH. Har et stort behov for jern	5,4-6,0
<b>Jern-effektive planter:</b> Pelargonium zonale, Impatiens Ny Guinea, Begonia, Tagetes med flere	Ved lavt pH er denne gruppe af planter tilbøjelig til at få jern- og manganforgiftning	6,0- 6,6

Når der er symptomer på jernmangel, skal man som det første tjekke pH i voksemediet. Højt pH korrigeres ved at give planterne ekstra ammonium i gødningsblandingen. Ønskes en hurtig pH-sænkning skal der vandes med en kurblanding bestående af svovlsur ammoniak, svovlsur kali eventuelt tilsat jerngødning og mangangødning.

## Kurblanding til brug ved højt pH

1/2-1 promille svovlsur ammoniak

1/2-3/4 promille svovlsur kali

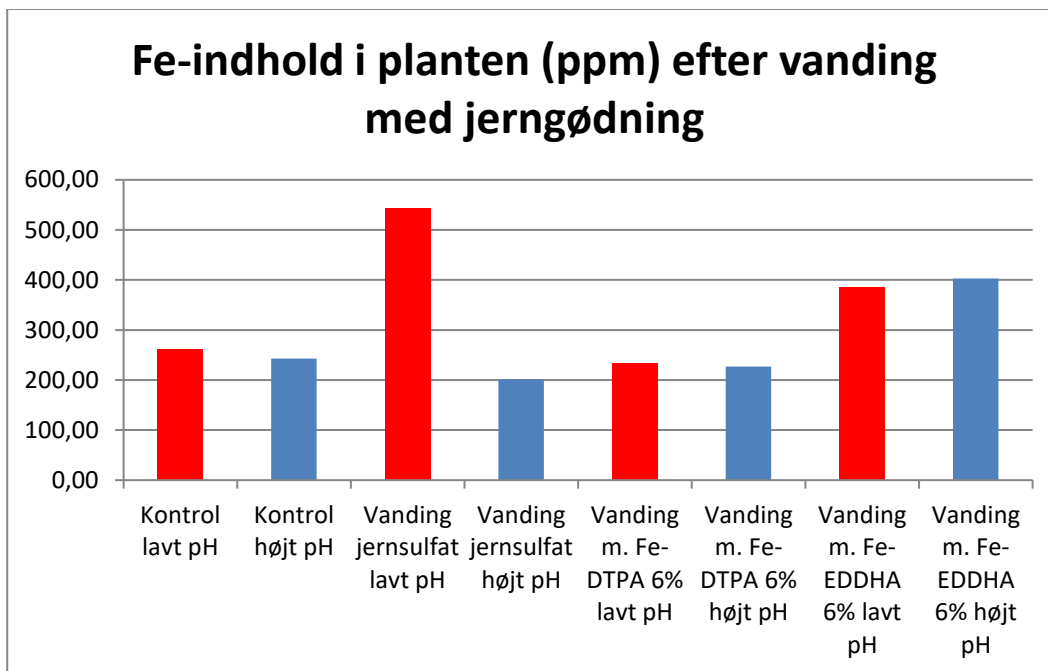
1/10 promille jernchelate

1/20 promille mangansulfat

I alt 1,25-1,5 promille (Lv 1,4-2,6 +råvand)

Når der gives ammoniumholdige gødninger, vil pH i rodzonen falde og tilgængeligheden af jern stige, hvilket bevirker at plantens optagelse af jern øges. Ekstra tilførsel af jern sammen med kurblandingen vil øge mængden af tilgængeligt jern i rodzonen og hermed hurtigere rette op på jernmangel-situationen.

Ekstra vandinger med jerngødning kan være nødvendigt ved jernmangel, og vil give en hurtig opfarvning af planterne. Til udvanding af jern kan enten benyttes jernsulfat eller jernchelater. Vandning med jernsulfat kræver, at pH i jorden ikke er over 6,0. Ved højere pH vil jern fra jernsulfat udfældes i tungt opløselige forbindelser og ikke være til gavn (figur 4). Ved højere pH skal der vandes med jernchelate. I de tilfælde hvor pH i jorden ligger over 7,0, bør jernchelate Fe-EDDHA anvendes. Fe-EDDHA er stabilt i pH-området 2,0-11,0 og vil sikre en stabil tilførsel af tilgængeligt jern uanset vækstmediets pH.



Figur 4. Plantens indhold af jern efter vanding med forskellige jerngødning ved henholdsvis lavt pH (6,0) og højt pH (7,0) i jorden. GartneriRådgivningen.

Bladgødskning med jern er også en effektiv metode til tilførsel af jern til plantedele med jernmangel. Ved bladgødskning optages jern direkte af de lyse blade, hvilket udbedrer jernmangel og giver grønne blade. Som udgangspunkt er bladgødskning med jern et supplement til vanding med jern. I situationer, hvor plantens rodsystem er ødelagt, vil bladgødskning med jern være den primære metode til udbedring af jernmangel.

### Mangan

Efter jern er mangan, det mikronæringsstof planterne har brug for i størst mængder. Manganmangel er skyld i symptomer, der minder meget om jernmangel. Ligesom jernmangel giver manganmangel klorose (gulfarvning) af bladpladen mellem bladnerverne på de yngre blade. I modsætning til jernmangel giver en alvorlig manganmangel ikke hvidlige blade men nekrotiske pletter på de yngre blade.

I planten er mangan med til at aktivere enzymer, der er en del af fotosyntese apparatet (herunder klorofyl).





*Billede 8: Manganmangel i Begonia. De yngste blade er helt lyse, mens ældre blade er gulmarmorerede mellem bladnerverne.*

Manganmangel optræder typisk, når pH er højt, og kan korrigeres ved at sænke pH i voksemediet og/eller ved at tilføje mere mangan med vandingsvandet eller ved sprøjtning med mangan. Ligesom bladgødsning med andre mikronæringsstoffer, er der risiko for skade ved sprøjtning med mangangødning.

Manganmangel kan skyldes høje niveauer af jern, calcium og magnesium, der blokkerer for optagelsen. Ved hjælp af jordanalyser eller jordvæskeanalyser bør man altid undersøge om balancen mellem næringsstofferne er i orden, og justere gødningsblandingen, så balancen kommer på plads.

Manganforgiftning sammen med jernforgiftning kan være et problem i nogle plantearter. Begonia og Pelargonium zonale hører til blandt de plantearter, der er tilbøjelige til at få mangan- og jernforgiftning, når pH i voksemediet er lavt. Under det lave pH bliver plantens optagelse af mangan og jern for voldsom, og de to næringsstoffer ophobes i bladene. Dette giver brune og sorte pletter på bladene, der kan være omringet af lysere bladvæv (billede 9).



Billede 9: Mangan-forgiftning i Gerbera. Mangan er ophobes i bladet og giver brune og sorte bladpletter på bladene.

Ved mangan forgiftning skal pH vækstmediet hæves og planterne skal have tilført mindre mangan.

### Bor (B)

Bor er det næringsstof, hvor man har mindst kendskab til dets rolle i planten. Bor optages af rødderne som borsyre ( $H_3BO_3$ ), og i planten indgår det blandt andet i cellevæggen, hvor det har betydning for plasmamembranen. Bor transporteres kun i ringe grad rundt i planten, og dets bevægelighed må betegnes som ringe. Mangel på bor optræder således først i de yngste plantedele, hvor symptomerne blandt andet er korte internodier, forvredne og fortykkede unge blade, brune farvede forkorkninger på de unge blade, knopper og stængler, samt visne og døde blomsterknopper. Ved bormangel bliver rødderne korte og fortykkede, og der kan være brune, døde rodspidser.



Billede 10. Gloxinia med bormangel. Bladene er fortykkede med brune forkorkninger.

Bormangel opstår typisk i de situationer, hvor planterne i en periode får tilført for lidt bor og/ eller pH i vækstmediet er højt. Opstår der bormangel skal man ved hjælp af en jordanalyse eller en pressevandsanalyse undersøge, om planterne har tilstrækkeligt med bor til rådighed og om pH ligger korrekt. Ved mangel på bor justeres pH i voksemediet, og der tilføres ekstra bor med gødningen. Bladgødskning med borgødning vil hurtigt at rette op på mangelsituationen.

Der er ikke langt fra bormangel til borforgiftning, så derfor skal man være forsigtig med at give store mængder ekstra bor. Ved borforgiftning får de ældre blade en rødbrun, nekrotisk bladrand. Der kan også være brune, nekrotiske pletter langs bladranden. Ved borforgiftning skal der reduceres i mængden af bor der tildeles planterne, og pH skal justeres så det ikke ligger for lavt.

### **Zink (Zn)**

Rødderne optager hovedsageligt zink som kationen ( $Zn^{2+}$ ). Inde i planten fungerer zink som en katalysator for enzymer eller er en del af enzymstrukturen. I en planteanalyse vil zinkindholdet typisk ligge mellem 10-110 ppm. Hvis der opstår mangel på zink, vil det ikke flytte sig rundt. Det vil sige, at der ikke kommer zink op til de unge blade. Zinkmangel ses derfor altid først på de yngste blade, der bliver små og smalle med klorose. Klorosen starter i bladspidsen og strækker sig ind mellem bladnerverne. Der kan komme visne bladspidser. Internodierne bliver kortere og der kommer en rosetagtig vækst.

Zinkmangel opstår på grund af manglende tilførsel af zink med gødningen eller som følge af højt pH. Ved zinkmangel vandes med ekstra zink, og pH i vækstmediet justeres, så det kommer under 6,4. Det er vigtigt ikke at overdrive den ekstra tilførsel af zink, da det kan føre til zinkforgiftning eller mangel på magnesium eller jern.

### **Kobber (Cu)**

Kobber optages af rødderne som den positive ion  $Cu^{2+}$ . I planten har kobber stor betydning for enzymaktiviteten, idet kobber er en del af mange enzymer. Indholdet i planteanalysen ligger typisk på 10-20 ppm. Bevægeligheden af kobber i planten er lille, og derfor vil mangelsymptomer ses på de yngste plantedele.

Frigivelsen af kobber i rodzonen afhænger af pH, og højt pH mindsker mængden af kobber-ioner i rodzonen. Kobber-mangel kan også opstå, hvis vækstmediet har et højt indhold af andre mikronæringsstoffer, der således hæmmer plantens optagelse af kobber. Ved mangel på kobber skal der jordens pH og indhold af næringsstoffer kontrolleres, og højt indhold af andre mikronæringsstoffer og højt pH skal undgås.

### **Molybdæn (Mo)**

Molybdæn er det næringsstof, planterne bruger i de mindste mængder. Molybdænmangel er sjælden, men når den optræder, hænger det ofte sammen med lavt pH. Ved pH under 6,0 i spagnum-baserede voksemedier bliver molybdæn mindre tilgængelig for planterne. Især julestjerner er tilbøjelig til at få molybdænmangel, hvis pH bliver lavt. Molybdænmangel kan forebygges ved at holde pH oppe, men også ved bladgødsning med natriummolybdat.

## Vækstmediets pH

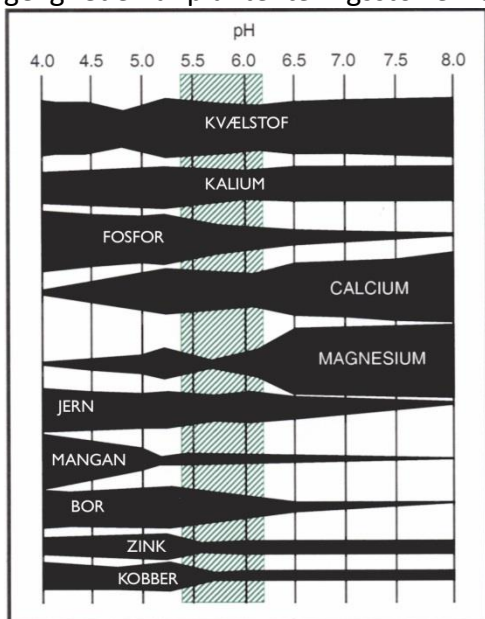
Som beskrevet under gennemgangen af næringsstoffer, har vækstmediets pH stor indflydelse på næringsstoffernes tilgængelighed. De mest almindelige mangelsymptomer, der opstår ved planteproduktion under glas, skyldes pH, der ligger uden for acceptable område.

### Hvad er pH?

pH er et mål for koncentrationen af hydrogen-ioner ( $H^+$ ) i vækstmediet eller jordvæsken. pH er et mål for jordens surhedsgrad. Jo flere  $H^+$ -ioner der er i jorden, jo mere sur er jorden, og jo lavere er pH. Måling af pH i vækstmediet viser hvor surt (lavt pH), eller hvor basisk (højt pH) vækstmediet er. Ved pH 7 er jorden neutral, mens den er sur, når pH er under 7, og den er basisk, når pH er over 7.

### pH og næringsstofferne

pH i vækstmediet påvirker de kemiske reaktioner i rodzonen, der er afgørende for om næringsstofferne er opløst i jordvæsken og dermed plantetilgængelige, eller om næringsstofferne er bundet i uopløselige forbindelser og ikke kan optages af planten. pH i voksemediet påvirker direkte tilgængeligheden af plantenæringsstofferne, og især mikronæringsstofferne (figur 5).



Figur 5: pH's indflydelse på tilgængeligheden af næringsstofferne i sphagnumbaserede voksemedier. Det skraverede felt angiver det pH område mange af vore kulturer ligger i.



Tilgængeligheden af jern, mangan, fosfor, zink, kobber og bor falder med stigende pH. Omvendt stiger tilgængeligheden af molybdæn med stigende pH. Ligger pH uden for optimalområdet, så kan det føre til problemer i form af mangel på næringsstoffer eller forgiftning (figur 6).

Lavt pH	Højt pH
Forgiftning med: Jern, mangan, zink og kobber	Mangel på: Fosfor, jern, mangan, zink, kobber og bor
Mangel på: Calcium, magnesium, molybdæn	
Øget følsomhed overfor: Ammonium	

Figur 6: Problemer der kan opstå som følge af pH, der ligger uden for optimalområdet.



Billede 1. Klorotiske/lyse topskud i Calibrachoa (Million Bells) på grund af jernmangel forårsaget af højt pH i voksemediet.

For langt de fleste plantearter dyrket i sphagnum, er pH 5,4-6,2 passende, idet de fleste næringsstoffer er opløst/tilgængelige i dette pH-interval.



### **Plantens krav til pH**

Man skal have et nøje kendskab til sin kulturs krav til såvel pH som næringsstofsammensætningen. Som udgangspunkt skal vækstmediet have et pH, der opfylder plantens krav. Med pH i optimalområdet giver man planten de bedste betingelser for at forsyne sig med næringsstoffer.

De fleste væksthuskulturer trives ved pH 5,4-6,2, men der er plantearter, der skal kræver lavt pH. Dette er f.eks. alle surbundsplanter (Rhododendron, blåbær, Erica, Calluna), hvor pH skal være under 5,0, for at planterne gror bedst og der ikke opstår mangel på jern og mangan. Omvendt foretrækker f.eks. Pelargonium, Stephanotis og Begonia et pH over 6,0.

### **pH ændrer sig**

Selv om man starter med det rigtige udgangspunkt, der opfylder plantens pH-krav, og bruger den rigtige gødningsplan, så kan pH ændre sig og ende med at blive for høj eller for lav.

Når man dyrker i sphagnum og inaktive vækstmedier, er der kun meget lidt buffer i vækstmediet, hvilket betyder, vækstmediets evne til at stå i mod pH ændringer er ringe. Bare i løbet af i en uges tid kan der ske store ændringer i pH.

Når vækstmediets pH er vanskeligt at holde stabilt, skyldes det at pH påvirkes af flere faktorer:

1. Sphagnumtype og oprindelse, mængde og type af kalk.
2. Råvandets indhold af bikarbonat
3. Gødningsplanens indhold af ammonium
4. Plantearten

Om pH i vækstmediet skrider i opadgående retning eller ned ad afhænger af sammenspillet mellem råvandets indhold af bikarbonat, kalkningen af voksemediet, gødningsblandings indhold af nitrat og ammonium samt plantens evne til at forsure rodzonen.

### **Sammensætning af voksemediet**

For at pH skal forblive stabil gennem hele dyrkningsperioden, skal voksemediet være kalket, så pH er på plads fra start af. Kalkningen skal tage udgangspunkt i kulturens pH-krav og de valgte komponenter og sphagnumtyper, der indgår i voksemediet. Hvis pH ikke ligger i det optimale område fra kulturens start, bliver det vanskeligt at få pH rettet ind og holde det på det rette niveau.

Der er et sammenspil mellem kalkning af jorden og råvandskvaliteten. Bruges der regnvand, skal der mange gange bruges lidt mere kalk end hvis der anvendes brøndvand. Grundvand har et naturligt indhold af bikarbonat, Ca og Mg, der er med til at holde pH stabilt. Denne buffer er der ikke i regnvand, og ved brug af regnvand kan der være en tendens til, at pH falder. Er det tilfældet kan det modvirkes ved at tilsætte lidt ekstra kalk til jordblandingen.

Kalken blandes i jorden for at opnå det ønskede pH. Kalk kan variere med hensyn til oprindelse, type og partikelstørrelse, hvilket betyder at kalk kan variere med hensyn til kalkningseffekt, og virkningstid. Dolomitkalk er et kendt eksempel på en kalktype, der er relativt længe om at virke, og derfor giver en langsom pH stigning, der varer et stykke tid ind i kulturforløbet.

Hvis der bruges en forkert type kalk i forhold til sphagnum, kultur og råvand kan det betyde at pH enten ikke ligger optimalt ved kulturens start eller ændre sig for meget over tid.

Inden voksemediet tages i brug, bør man kontrollere pH. Dette kan gøres ved at få lavet en analyse, men det kan også gøres ved en kontrol i gartneriet. Fyld nogle pletter med voksemediet og vand dem op med destilleret vand. Stil dem ind i væksthuset i nogle få dage og mål så pH. Efter et

par få dage i væksthuset har der indstillet sig en ligevægt i voksemediet, og det målte pH skulle gerne ligge i kulturens optimalområde. Hvis ikke pH ligger, hvor det skal, er det nødvendigt at justere det eller ændre på gødningen, så pH kan komme på plads.

### Gødningssammensætningen

Når pH i jorden flytter sig, kan det skyldes at balancen mellem nitrat ( $\text{NO}_3^-$ ) og ammonium ( $\text{NH}_4^+$ ) i gødningsblandingen ikke er ideel. Ammonium virker forsurende og sænker pH i vækstmediet, hvorimod kvælstof på nitrat-form virker basisk og får pH til at stige. Hvis ammoniumprocenten i gødningsblandingen er for høj, så vil pH falde, mens en lav ammoniumprocent i gødningen kan få pH til at stige.

Ved væksthushproduktion kan man ved regulering af gødningsblandingsens ammoniumprocent (andel af ammonium) få pH til at flytte sig op ad eller ned ad. Gødningsblandingen sammensættes, så der som udgangspunkt er en ammoniumprocent, der opfylder plantens behov, samtidig med at der tages højde for råvandets indhold af bikarbonat. Bruges der regnvand, når planterne vandes og gødes, skal ammoniumprocenten holdes under 10 %. På grund af regnvands manglende indhold af bikarbonat og lave bufferkapacitet, vil et højt ammoniumindhold få pH i jorden til at falde over tid.

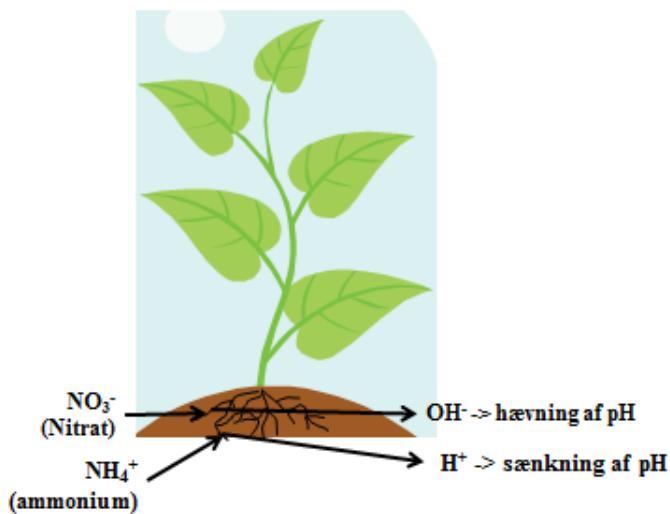
Langt hen af vejener det røddernes optagelse af  $\text{NO}_3^-$  og  $\text{NH}_4^+$ , der ændrer pH i vækstmediet. Når planten optager en nitrat-ion, så sender rødderne en  $\text{OH}^-$ -ion tilbage i rodzonen.  $\text{OH}^-$ -ionen er basisk og får pH til at stige. Omvendt vil rødderne sende en  $\text{H}^+$ -ion ud i jordvæsken, når der optages en  $\text{NH}_4^+$ -ion.  $\text{H}^+$ -ionen er sur og vil få pH til at falde.

Når man bruger forholdet mellem nitrat og ammonium til at justere pH op og ned skal man huske, at nitrat kun virker pH-hævende, når det optages af rødderne. Planter med et sparsomt rodsystem, som for eksempel nyetablerede planter, har kun en meget lav optagelse af nitrat, og derfor vil nitrat kun have en begrænset virkning på pH. Ammonium virker forsurende uanset om det optages af planterne eller ej. I vækstmediet vil bakterier omsætte ammonium til nitrat under frigivelse af  $\text{H}^+$ -ion, der virker forsurende i jorden.

Når temperaturen er lav og vækstmediet er vandmættet er der kun en meget lav omsætning af ammonium, og dermed sker der kun en lille forsurening. Dette skyldes, bakterierne der omsætter ammonium til nitrat ikke er effektive, når jorden er kold og iltfattige, samt hvis pH er lav ( $< \text{pH } 7$ ).



Figur 4: Nitrifikationen. Nitrifikation sker ved hjælp af bakterier. Bakterierne arbejder bedst, når der er ilt tilstede og pH er høj. pH 7,0 eller der over er bedst.



Når der ikke sker en omsætning af ammonium, kan der komme problemer med ammoniumforgiftning. Tegn på ammoniumforgiftning er klorotiske blade, hvor bladkanterne kan krølle opad, samt svag og dårlig tilvækst. Der vil være færre rødder og rodspidserne vil være brune.

### Plantens påvirkning af pH

Planten kan også påvirke pH, og forskellige plantearter påvirker pH på forskellig vis. Petunia og Viola har en tendens til at få pH til at stige, og denne stigning er kraftigst, når der bruges en gødning med et relativt lavt indhold af ammonium. Omvendt får Pelargonium pH til at falde, og hvis man tilføjer Pelargonium en gødning med et højt indhold af ammonium, kan pH blive meget lavt.

Planter, der får pH til at falde, har evnen til at udskille  $H^+$ -ioner og organiske syrer til rodzonen og hermed forsure jordvæsken tæt på rødderne. Når disse planter dyrkes ved et højt pH, vil denne evne give et lavt pH omkring rødderne og sikker optagelsen af jern. Hermed får planterne ikke jernmangel. Plantearter, der ikke har denne evne til at forsure rodzonen, vil være modtagelig for jernmangel, når pH i vækstmediet er højt.

Eksempler på planter der virker forsurende på jorden er Saintpaulia, Pelargonium og Tagetes. Eksempler på planter der får pH til at stige er Petunia, Vinca, Viola, Bacopa og Gerbera. De planter er ikke evner at holde pH nede, er også de planter, der er meget modtagelig for jernmangel.

Under produktionen af udplantningsplanter har man tit flere forskellige plantearter i produktion. Det vigtigt, at kende hver enkelt plantearts indflydelse på pH og modtagelighed overfor jernmangel, så valg af vækstmedie og gødning kan sammensættes, så alle planters behov til gode ses. For eksempel kan man bruge samme voksemedie, men give forskellige gødningsblandinger til de enkelte kulturer – f.eks. lav ammoniumprocent til Pelargonium og en høj ammoniumprocent til Petunia.

Omvendt kan man vælge at starte med forskellige vækstmedier (meget kalk til Pelargonium og mindre kalk til Petunia) og så bruge samme gødningsblanding. Begge metoder kan fungere, men for at være sikker på at pH og mængden af næringsstoffer ligger optimalt i de forskellige kulturer, skal der regelmæssigt måles pH og ledningsværdi.

### Måling af pH og ledningsværdi.

Under produktionen skal der ske en kontrol og regulering af pH, der er med til at holde pH i optimalområdet, så problemer relateret til pH opdages i tide og undgås. Måling og analyser af vækstmediet er med til at forebygge problemer.

Måling af pH og ledningsværdi (EC) behøver ikke at være dyrt eller tage lang tid. Ved hjælp af et pålideligt og kalibreret pH-meter og ledetalsmeter kan man hurtigt få resultater, der viser det aktuelle pH og EC (saltindhold) i vækstmediet.

Når man måler i gartneriet, måles pH og EC direkte i en presseprøve. Her vandes planterne op, og 4-24 timer efter vanding udtages prøven. Der presses væske ud fra ca. 10 planter. Hvis der er meget sphagnum i væsken kan den filteres inden måling. pH og EC måles direkte i den udpressede væske.



Billede 12. Udtagning af presseprøve. Jordvæske klemmes ud af jordklumpen, hvorefter pH og EC måles direkte i den udpressede væske (Foto: GartneriRådgivningen).

Udtagning af presseprøven kan være svær i kulturer, der bliver dyrket tørt. Det kan være meget vanskeligt at udtage tilstrækkeligt med væske, og det vil kun være muligt at udtage prøven et meget begrænset tidsrum (straks efter vanding).

Hvis man ønsker et nøjere kendskab til næringsstofbalancen i vækstmediet kan pressevæsken hældes på flaske og sendes til laboratoriet for en pressevandsanalyse. Resultatet vil vise prøvens indhold af næringsstoffer i ppm, samt pH og EC. Til analysen skal bruges 130 i en ren prøveflaske. Prøveflasker kan ofte fås ved henvendelse til laboratoriet.

Hvis man regelmæssigt får udført pressevandsanalyser skal man være opmærksom på følgende:

- Prøverne skal udtages på samme tidspunkt i forhold til vanding (f.eks. altid 6 timer efter vanding)
- Prøven skal udtages med samme pressetryk fra gang til gang.
- Prøveflasken (130ml) skal fyldes helt med væske af hensyn til måling af pH og fosfor. Luft i flasken kan ændre pH og fosforindhold.
- Inden prøven sendes af sted bør pH måles, pH kan ændre sig undervejs.

I stedet for en pressevandsprøve kan man vælge at indsende en jordprøve og få lavet en 1½-gangsanalyse (1½x metoden).

1½x-metoden er en hollandsk metode til analyse af sphagnumbaserede voksemedier, hvor indholdet af de enkelte næringsstoffer måles i et vandigt ekstrakt. Der blandes 1,5 dele destilleret vand til 1 del voksemedium (volumenmæssigt). Derefter måles der direkte i den filtrerede væske.

Udtagning af jordprøve til 1½x-metode:

- Der udtages jord fra 10 planter
- Planterne skal udtages jævnt fordel over arealet
- Ikke for tæt på drypsted og siveslanger
- Der tages en profil ned gennem potteklumpen.
- Minus de 2 øverste cm.
- Jordprøven skal udtages på samme tidspunkt i forhold til en vanding
- Der skal bruges ca. ½ liter jord

1½x-metoden er især velegnet til kulturer, der bliver dyrket tørt og i de kulturer, hvor der anvendes langtidsvirkende gødninger.





*Billede 13: Udtagning af jordprøve. De øverste 2 cm tages ikke med, da der kan være ophobninger af salte så som svovl, natrium og klorid (Foto: GartneriRådgivningen).*

Analyseresultaterne af pressevandsanalysen og  $1\frac{1}{2}x$ -analysen sammenlignes med normal for den respektive analysemetode og vurderes i forhold til plantens vækst og udvikling. Det indbyrdes forhold mellem næringsstofferne vurderes, så induceret næringsstofmangel kan forebygges, og pH og EC kontrolleres. Ud fra analyserne kan gødningstilførslen justeres, så jordens pH og indhold af næringsstoffer optimeres. Når man har kendskab til plantens krav til for eksempel pH, kan man reagere på målingerne af pH, og få korrigeret pH hvis nødvendigt.

pH	3,5-7,0 (kulturfafhængigt)
EC	0,35-1,3 mS
NO <sub>3</sub> -N	10-80 ppm
PO <sub>4</sub> -P	5-28 ppm
K	40-130 ppm
Mg	7-30 ppm
Ca	40-120 ppm
B	0,06 - 0,3 ppm
Mn	0,05-0,3 ppm
Fe	0,1-1,7 ppm
Zn	0,05-0,25 ppm
Cu	<0,1 ppm
Mo	(0,001 - 0,05 ppm)
Na	(<50 ppm)
Cl	(<50 ppm)
SO <sub>4</sub> -S	20-200 ppm
NH <sub>4</sub> -N	(0,1-17 ppm)

Figur 7: Generelle normtal for 1½x analysen.

pH	3,8-7,0 (kulturarafhængigt)
Lv	1,4-3,5 mS
NO <sub>3</sub> -N	75-400 ppm
PO <sub>4</sub> -P	10-60 ppm
K	100-400 ppm
Mg	25-75 ppm
Ca	135-400 ppm
B	0,1 - 0,6 ppm
Mn	0,1-1,2 ppm
Fe	0,3-3,0 ppm
Zn	0,2-1,0 ppm
Cu	0,02-0,6 ppm
Mo	(0,005-0,1 ppm)
Na	(<100 ppm)
Cl	(<80 ppm)
SO <sub>4</sub> -S	20-250 ppm
NH <sub>4</sub> -N	(0,6-22 ppm)

Figur 8: Generelle normtal for pressevandsanalysen

#### Litteratur

B. Nielsen og K.R. Starkey, 1999. Influence of production factors on postharvest life of potted roses. *Post Harvest Technology* 1999 (16): 157-167.

K.R. Starkey, K.L. Nielsen og M. Scippers, 2000. Skal pottedplanter på diæt? *Gartner Tidende* 2000 (6):16-17

K.L. Nielsen, 1999. Effekten af kvælstof- og kaliumtilførsel på vækst og holdbarhed af potteroser. *Jordbrugsforskning* 1999 (4):7-8.