

*Havebrugscentret, Institut for Væksthuskulturer, 5792 Årslev*

## Salat i vandkultur Sammensætning og tilførsel af næringsstofopløsninger II.

Jens Willumsen

Ved dyrkning i vandkultur skelner man mellem basis- og suppleringsopløsninger, der som regel sammensættes forskelligt af planteernæringsmæssige grunde.

*Basisopløsningen* er den recirkulerede næringsstofopløsning, som planterne vokser i. Dens sammensætning kan varieres inden for et bredt område, uden at udbyttet påvirkes.

De næringsstoffer, som planterne fjerner fra basisopløsningen i løbet af kulturen, erstattes ved jævnlig tilførsel af *suppleringsopløsninger*. Disse sammensættes ud fra kendskab til den pågældende plantearts forbrug af næringsstoffer. Kemiske analyser af hele planter giver oplysninger herom. Suppleringsopløsningernes funktion er også at regulere basisopløsningens pH.

Meddelelsen giver vejledning i sammensætning af basis- og suppleringsopløsninger til hovedsalat, illustreret med eksempler.

Når råvand benyttes, foreslås sammensætning og tilførsel af suppleringsopløsninger praktiseret på en ny måde. Fordelen ved den ny metode er, at basisopløsningens elektriske ledningsevne ikke fastholdes under kulturen, men får lov til at stige gradvis til et valgt maksimumsniveau, hvorefter basisopløsningen udskiftes. Herved formindskes risikoen for, at kalium og andre næringsstoffer kommer i underskud, når de stoffer, som tilføres i overskud via råvandet, efterhånden ophobes i basisopløsningen.

### Indledning

De senere års stigende interesse for at dyrke salat i vandkultur hænger sammen med, at denne metode åbner mulighed for at variere afstanden mellem planterne automatisk under kulturen. Det giver en bedre udnyttelse af væksthushuset. Hermed forbedres rentabiliteten af den investering i render, pumper, styringsapparatur m.m., som er nødvendig, for at vandkulturens basisopløsning kan recirkuleres (genbruges) og regenereres (justeres).

### Basisopløsninger

Forsøg med hovedsalat i vandkultur har vist, at koncentrationerne af basisopløsningens næringsstoffer kan varieres inden for et bredt område

uden væsentlige ændringer af udbyttet. Det gælder f.eks. koncentrationerne af kalium, calcium og magnesium; de indbyrdes forhold mellem de 3 næringsstoffer kan også varieres uden indflydelse på udbyttet, som vist i Meddelelse nr. 1830.

På grundlag af forsøg og praktiske erfaringer kan der gives visse retningslinier for basisopløsningens kemiske sammensætning:

Man kan opnå en god vækst af hovedsalat, når kvælstofkoncentrationen ligger i området 60–130 ppm, svarende til en elektrisk ledningsevne på omkring 1 ved et passende indhold af øvrige nødvendige plantenæringsstoffer. Ved højere koncentrationer øges risikoen for »tipburn« i den sidste del af kulturperioden. Det kan anbefales, at ammonium-N udgør 5–10% og nitrat-N 90–95% af den samlede kvælstofkoncentration. Denne

fordeling medvirker til at stabilisere opløsningens pH.

En pH-værdi mellem 5,5 og 6,0 er passende, men variationer herudover kan tillades uden risiko for plantevæksten. pH bør aldrig være lavere end 4 eller højere end 7.

Der skal her vises et *eksempel* på en brugbar basisopløsning til hovedsalat. Opløsningen har været anvendt i forsøg på Institut for Væksthuskulturer. Koncentrationen af de enkelte næringsstoffer er angivet i ppm:

95 N (85 nitrat-N og 10 ammonium-N), 16 P, 23 S, 86 K, 65 Ca, 23 Mg, 2 Na, 1,4 Cl, 2,6 Fe, 0,4 Mn, 0,2 B, 0,04 Zn, 0,04 Cu og 0,03 Mo. Ledningsevnen var 0,8 og pH 5,5.

Det kan være nødvendigt at udskifte basisopløsningen med visse mellemrum, hvis koncentrationen af et eller flere næringsstoffer falder eller stiger så meget, at der opstår risiko for nedsat væksthastighed eller forringelse af salatens kvalitet.

### Suppleringsopløsninger

Suppleringsopløsningens kemiske sammensætning skal nogenlunde svare til de pågældende planters næringsstofforbrug. Hermed menes, at de indbyrdes forhold mellem næringsstofferne i suppleringsopløsningen skal svare til de forhold, i hvilke planterne optager næringsstofferne. I modsat fald er der risiko for, at basisopløsningens sammensætning ændres så meget og så hurtigt, at det bliver nødvendigt med hyppige udskiftninger af basisopløsningen. Derfor sammensættes suppleringsopløsningen ud fra kemiske analyser af salgsfærdige salatplanter af god kvalitet. Rødderne bør medtages i den prøve, som skal analyseres, selv om roden kun udgør 5–10% af den salgsfærdige salatplantens samlede vægt. Det skyldes, at en stor del af plantens natrium, jern og mangan er placeret i eller på roden.

Også basisopløsningens mikroorganismer optager næringsstoffer, men som regel i ringe omfang sammenlignet med planternes optagelse.

Plantens behov og forbrug af hvert enkelt næringsstof i forhold til de andre næringsstoffer ændres med plantens alder og udvikling. Dette gælder dog kun i ringe grad for salat på grund af dens rent vegetative vækst uden udvikling af blomster og frugter. Der er derfor ikke behov for at ændre

suppleringsopløsningens sammensætning i løbet af en salatkultur.

Også årstiden, de klimatiske forhold i øvrigt og basisopløsningens sammensætning har betydning for næringsstofforbruget. Det gælder især basisopløsningens koncentration af ammonium. Jo højere koncentrationen er, des større er optagelsen af ammonium, og des mindre er optagelsen af K, Ca, Mg, P og S i forhold til den samlede N-optagelse, som vist i Meddelelse nr. 1830. Dette er der taget hensyn til i tabel 1 og 2.

Forskellige sorter af hovedsalat optager formodentlig næringsstofferne i lidt forskellige forhold. Det skønnes imidlertid, at sortsforskellene er små, og at man kan benytte samme suppleringsopløsning til alle gængse sorter af almindelig hovedsalat.

Suppleringsopløsninger er som regel koncentrerede opløsninger, hvor koncentrationen af N er i størrelsesordenen 10.000–20.000 ppm, dvs. en koncentration ca. 100 gange højere end i basisopløsningen. For at undgå udfældninger af kalciumfosfater og kalciumsulfat (gips) fordeler man næringsstofferne på 2 sammenhørende suppleringsopløsninger i de tilfælde, hvor kalksalpeter tilsættes. Dertil kommer, at man kan regulere basisopløsningens pH ved at anvende 2 suppleringsopløsninger, som er forskellige med hensyn til indhold af syre og/eller ammonium; pH sænkes eller hæves efter behov ved at vælge den ene eller den anden suppleringsopløsning. I praksis benytter man derfor 2, 3 eller 4 forskellige suppleringsopløsninger.

I tabellerne 1 og 2 er der for hovedsalat givet forslag til suppleringsopløsningers sammensætning. Forslagene er baseret på de forsøgsresultater, som er omtalt i Meddelelse nr. 1830. Det er resultater for sorten 'Ostinata'. Opløsningernes anvendelse fremgår af tabelteksterne.

*Tabel 1* er beregnet for salatkulturer, hvor der anvendes demineraliseret vand, regnvand eller råvand (ledningvand) med pH mindre end 6,0. Her reguleres basisopløsningens pH ved at variere tilførslen af ammonium i forhold til nitrat.

*Tabel 2* er beregnet for kulturer, hvor der anvendes råvand med pH større end 6,0. Råvands indhold af næringsstoffer kan være meget forskellig. Derfor omfatter tabel 2 fire forskellige forslag afhængig af råvandets indhold af Ca, Mg og sulfat-S.

Med råvandet tilføres stoffer som natrium, klorid, calcium, sulfat m.fl. og ofte i større mængder, end planterne har brug for. De ophobes derfor i den cirkulerende basisopløsning og udgør en

større og større del af ledningsevnen. Med en *fast ledningsevne*, som hidtil anvendt, falder koncentrationen af de øvrige næringsstoffer tilsvarende.

*Tabel 1.* Forslag til relativ sammensætning af *suppleringsopløsninger* (på vægtbasis, total N = 100) til hovedsalat ved anvendelse af *demineraliseret vand*, *regnvand* eller *råvand med pH mindre end 6,0*. – Basisopløsningens pH reguleres ved varierende tilførsel af ammonium i forhold til nitrat: Opløsningerne 1a + 1b benyttes, når pH er lavere end ønsket. 2a + 2b benyttes, når pH er højere. 1a og 1b eller 2a og 2b tilføres altid i lige store mængder. Tilførslen styres af basisopløsningens ledningsevne. Ved fald i denne tilføres et af de to sæt *suppleringsopløsninger*, indtil det ønskede ledningsevneniveau er nået.

	NO <sub>3</sub> -N	NH <sub>4</sub> -N	P	S	K	Ca	Mg	Fremstilles af
Opløsning 1a	95	5			187	31	1	NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub> , Ca(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> , KNO <sub>3</sub> og Mg(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> .
Opløsning 1b			20	9	25		7	KH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> , MgSO <sub>4</sub> og mikronæringsstofsalte.
Opløsning 2a	75	25			101	18	1	NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub> , Ca(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> , KNO <sub>3</sub> og Mg(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> .
Opløsning 2b			15	6	19		5	KH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> , MgSO <sub>4</sub> og mikronæringsstofsalte.

Relative koncentrationer af mikronæringsstoffer i hver af opløsningerne 1b og 2b:

1 Na, 2 Cl, 2 Fe, 0,3 Mn, 0,05 B, 0,1 Zn, 0,05 Cu og 0,03 Mo (evt. en højere koncentration af Cl for at mindske salatens indhold af nitrat ved høst).

*Tabel 2.* Forslag til relativ sammensætning af *suppleringsopløsninger* (på vægtbasis, total N = 100) til hovedsalat ved anvendelse af *råvand*. 4 råvandstyper er medtaget. De er forskellige med hensyn til indhold af Ca, Mg og sulfat-S, angivet i ppm. Der tilsættes mikronæringsstoffer til hver opløsning undtagen neutral opløsning a, i de samme forhold som nævnt i tabel 1, hvis råvandet ikke indeholder mikronæringsstoffer. I modsat fald udelades eller formindskes tilførslen af de pågældende mikronæringsstoffer. – Basisopløsningens pH reguleres med den sure opløsning. Denne tilføres, så snart pH stiger over det ønskede niveau. Der suppleres dernæst med den neutrale opløsning, hvis ledningsevnen i basisopløsningen er mindre end ønsket. De neutrale opløsninger a og b tilføres samtidig og i ens mængder. Basisopløsningen udskiftes efter behov, f.eks. hvis dens ledningsevne efterhånden bliver dobbelt så høj som ønsket.

	NO <sub>3</sub> -N	NH <sub>4</sub> -N	P	S	K	Ca	Mg	Relativ fordeling i syrer og salte
<i>Råvand, ppm</i>								
Neutral opl. a	90	10			169	25	2	20 N i form af NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub> , 17 N i Ca(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> , 61 N i KNO <sub>3</sub> og 2 N i Mg(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> .
Neutral opl. b			17	8	21		6	17 P i form af KH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> og 8 S i MgSO <sub>4</sub> .
Sur opløsning	90	10	17	8	120		8	17 P i H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub> , 35 N i HNO <sub>3</sub> , 20 N i NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub> , 43 N i KNO <sub>3</sub> , 2 N i Mg(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> og 8 S i MgSO <sub>4</sub> .
<i>Råvand, ppm</i>								
Neutral opl.	82	18	16	7	190		8	16 P i NH <sub>4</sub> H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> , 22 N i NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub> , 68 N i KNO <sub>3</sub> , 3 N i Mg(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> og 7 S i MgSO <sub>4</sub> .
Sur opløsning	95	5	16	7	120		8	16 P i H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub> , 44 N i HNO <sub>3</sub> , 10 N i NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub> , 43 N i KNO <sub>3</sub> , 3 N i Mg(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> og 7 S i MgSO <sub>4</sub> .
<i>Råvand, ppm</i>								
Neutral opl.	80	20	16	6	190		4	16 P i NH <sub>4</sub> H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> , 25 N i NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub> , 68 N i KNO <sub>3</sub> og 6 S i MgSO <sub>4</sub> .
Sur opløsning	95	5	16	6	120		4	16 P i H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub> , 47 N i HNO <sub>3</sub> , 10 N i NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub> , 43 N i KNO <sub>3</sub> og 6 S i MgSO <sub>4</sub> .
<i>Råvand, ppm</i>								
Neutral opl.	80	20	16	>6	190	>25	>8	16 P i NH <sub>4</sub> H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> , 25 N i NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub> og 68 N i KNO <sub>3</sub> .
Sur opløsning	95	5	16		120			16 P i H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub> , 47 N i HNO <sub>3</sub> , 10 N i NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub> og 43 N i KNO <sub>3</sub> .

Der er ikke »plads« til dem, hvilket især gælder kalium.

Med opløsningerne i tabel 2 er det anderledes: Her styrer basisopløsningens pH tilførslen af den sure opløsning. pH stiger hver gang, der suppleres med råvand, på grund af råvandets indhold af bikarbonat. For at fastholde det ønskede pH-niveau i basisopløsningen tilføres derfor en vis mængde sur opløsning. Da en stor del af suppleringsopløsningernes næringsstoffer findes i den sure opløsning, vil pH-styringen, i takt med planternes vandforbrug, tilføre en stor del af de nødvendige næringsstoffer. Resultatet vil i mange tilfælde blive en *gradvis stigende ledningsevne* i basisopløsningen og en mindre risiko for utilstrækkelig tilførsel af kalium og andre næringsstoffer. Den neutrale opløsning tilføres kun, hvis doseringen af den sure opløsning ikke kan opretholde det ønskede ledningsevneniveau.

En total udskiftning af basisopløsningen vil også med denne metode være nødvendig med visse mellemrum, f.eks. når opløsningens ledningsevne er blevet dobbelt så høj som ønsket.

Risiko for nedsat væksthastighed eller forringet salatkvalitet som følge af den gradvise stigning i ledningsevnen indtil et valgt maksimumsniveau vil normalt være mindre end ved utilstrækkelig tilførsel af kalium m.fl.

#### Beregningseksempel

Et eksempel er medtaget for at illustrere, hvordan tabel 1 og 2 benyttes:

Til en kultur af hovedsalat benyttes råvand med følgende indhold angivet i ppm:

2 K, 124 Ca, 10 Mg, 15 Na, 36 sulfat-S, 31 Cl, 0,01 Cu, 0,5 Zn og 280 bikarbonat ( $\text{HCO}_3^-$ ); pH er 7,5 og ledningsevnen 0,6 mS/cm.

Med dette indhold i råvandet skal man bruge de 2 nederste opløsninger i tabel 2.

Vi vælger at fremstille suppleringsopløsninger med en koncentration af N på 10.000 ppm.

Mængden af *ammoniumfosfat* pr. 100 l neutral opløsning beregnes ved brug af formlen

$$\frac{a \times b}{10 \times c} \text{ g/100l: } \frac{10.000 \times 16}{10 \times 26,9} = 595 \text{ g/100l}$$

hvor

- a = den valgte koncentration af N i opløsningen (10.000 ppm),
- b = »relativ fordeling i syrer og salte« fra tabel 2 eller relativ mikronæringsstofkoncentration fra tabel 1 (i regneeksemplet 16 P),
- c = vedkommende salts eller syres procentiske indhold af det under b vedrørende næringsstof (i regneeksemplet 26,9% P; de procentiske indhold er vist nedenfor).

Mængden af de øvrige gødningssalte og syrer beregnes tilsvarende. Det samlede resultat, pr. 100 l suppleringsopløsning, bliver:

#### Neutral opløsning

- 595 g monoammoniumfosfat (12,2% N og 26,9% P)
- 714 g ammoniumnitrat (35% N)
- 4892 g kalisalpeter (38,7% K og 13,9% N)
- 222 g jernchelate (9% Fe)
- 12 g mangansulfat (24,6% Mn)
- 2,9 g borsyre (17,5% B)
- 1,6 g blåsten (25,5% Cu), dertil Cu i råvand
- 0,8 g natriummolybdat (40% Mo).

#### Sur opløsning

- 675 g eller 430 ml 75% teknisk fosforsyre (23,7% P, massefylde 1,57 g/cm<sup>3</sup>)
  - 3400 g eller 2470 ml 62% salpetersyre (13,8% N, massefylde 1,38 g/cm<sup>3</sup>)
  - 286 g ammoniumnitrat (35% N)
  - 3094 g kalisalpeter (38,7% K og 13,9% N)
- samt de vægtmængder mikronæringsstofsalte, som er angivet under den neutrale opløsning.

Eftertryk tilladt med kildeangivelse.

Abonnement på Meddelelser fra Statens Planteavlsvforsøg kan bestilles ved indsendelse af abonnementsbeløbet til bladets ekspedition, Statens Planteavlskontor, Kongevejen 83, 2800 Lyngby, postgiro 200 2299, tlf. (02) 85 50 57. Abonnementsprisen er for 1985 100,00 kr. årligt excl. moms. Adresseændring bedes meddelt bladets ekspedition. ISSN 0105-6514 Trykt i 6.000 eksemplarer.