

Statens Planteavlsforsøg

Meddelelse nr. 1623

83. årgang

17. september 1981

Udgivet af Statens Planteavlsudvalg

Havebrugscentret, Institut for Væksthuskulturer, 5792 Årslev

Tomat i vandkultur: Regulering af pH og tilførsel af næringsstoffer

Jens Willumsen

Ved dyrkning af tomat i vandkultur kan pH i den recirkulerende opløsning reguleres ved regelmæssig justering af forholdet mellem ammonium og nitrat i opløsningen. For at opnå et tilfredsstillende udbytte må tilførslen af ammonium-kvælstof imidlertid ikke overstige 20 pct. af den samlede kvælstoftilførsel.

Regulering af pH med syre har vist sig at være lige så god en metode.

For tomat gives anvisninger på suppleringsopløsningers relative indhold af makronæringsstoffer til såvel unplantestadiet som det frugtbærende stadium.

I de senere år har dyrkning af tomat i vandkultur været en realistisk mulighed i danske og udenlandske gartnerier. En praktisk udformning og anvendelse af metoden er gennemført bl.a. i England og Israel. Her benyttes recirkulerende næringsstofopløsning, hvilket muliggør en hurtig og effektiv fordeling af ilt og næringsstoffer i rodzonen. Der er samtidig mulighed for en hurtig regulering af opløsningens pH, temperatur og indhold af næringsstoffer.

Forsøg med tomat i vandkultur

På Institut for Væksthuskulturer blev der i 1977 udført forsøg med tomat i vandkultur med støtte fra Statens Jordbrugs- og Veterinærvidenskabelige Forskningsråd. Det var hensigten bl.a. at undersøge, i hvor stor udstrækning det er muligt at regulere den recirkulerende vandkulturopløsningens pH gennem regelmæssig justering af forholdet mellem ammonium og nitrat i opløsningen. Denne metode blev sammenlignet med den almindeligt anvendte, nemlig at styre pH ved til sætning af syre eller base.

I forsøget blev 3 hold tomatplanter af sorten 'Reverdan' sat ud i vandkultursystemer den 16.

februar, 29. marts og 10 maj, dvs. med 1½ måneds mellemrum. Væksttiden i vandkultur var henholdsvis 7½, 6 og 4½ måned, idet den blev afsluttet samtidigt i alle forsøgsled.

3 pH-niveauer i de cirkulerende opløsninger – de såkaldte *basisopløsninger* – blev sammenlignet: pH 4,5, 5,5 og 6,5.

I basisopløsningerne fandtes kvælstof som både nitrat og ammonium (type I). I et ekstra forsøgsled ved pH 5,5 i hold 2 fandtes kvælstof udelukkende som nitrat (type II).

Foruden mikronæringsstoffer indeholdt de to typer basisopløsning ved planternes udsætning følgende koncentrationer af makronæringsstoffer udtrykt i ppm (mg pr. l):

	NO ₃ -N	NH ₄ -N	P	S	K	Ca	Mg
Type I:	126	14	24	33	85	109	40
Type II:	126	0	24	33	93	119	43

Det blev tilstræbt at opretholde basisopløsningernes startkoncentrationer gennem forsøgsperioden. Dette skete ved daglig kontrol af opløsningernes elektriske ledningsevne og ved supplerende tilførsel af afioniseret vand og nærings-

stoffer, sidstnævnte i form af *suppleringsopløsninger*. Basisopløsningerne blev ikke udskiftet i forsøgsperioden.

pH i basisopløsningerne blev justeret dagligt ved større eller mindre tilførsel af ammonium. En undtagelse var den basisopløsning (type II), som ikke skulle indeholde ammonium. Her blev pH justeret ved tilførsel af salpetersyre.

Næringsstofoptagelse og pH

Inden omtalen af forsøgets resultater skal der kort redegøres for, hvordan bl.a. planterne påvirker en basisopløsningens pH.

Basisopløsningens koncentrationer af fosfat- og bikarbonat-ioner er sædvanligvis afgørende for pH-værdiens størrelse og for dens stabilitet. Bikarbonat har en svag basisk virkning, medens fosfater kan være både basiske og sure. Jo højere den samlede koncentration er af fosfater og bikarbonat, des mere stabil er pH.

Også de levende organismer i basisopløsningen, dvs. bakterier, svampe, alger og planter, påvirker pH gennem de stoffer, som de afgiver til opløsningen, og som er resultatet af deres stofskifte. Det gælder ikke mindst planterne, hvis rødder i forbindelse med næringsstofoptagelsen frigør brintioner (H^+), bikarbonationer (HCO_3^-) eller hydroxylioner (OH^-).

De sure brintioner frigøres, hvis rødderne optager flere af de positivt ladede næringsstofioner (K^+ , NH_4^+ , Na^+ , Ca^{++} , Mg^{++} m.fl.) end af de negativt ladede (NO_3^- , $H_2PO_4^-$, Cl^- , SO_4^{--} m.fl.), hvorved opløsningens pH falder. Hvis rødderne derimod optager flere negative end positive næringsstofioner, frigøres de basiske bikarbonationer og hydroxylioner, og pH stiger.

Kun ét næringsstof, kvælstof, kan optages af planterne som både en positiv og en negativ ion, nemlig som ammonium (NH_4^+) og som nitrat (NO_3^-). Ved at ændre tilførslen af ammonium i forhold til nitrat kan man derfor ændre den samlede optagelse af positive ioner i forhold til de negative. Derved ændres røddernes frigørelse af brintioner, bikarbonationer og/eller hydroxylioner. Som følge heraf ændres pH i rodzonen og i hele den cirkulerende opløsning.

Hensigten med det foreliggende forsøg var som nævnt tidligere at undersøge, om disse biologiske

processer i praksis kan benyttes til styring af pH i den cirkulerende vandkulturopløsning.

Resultater

Udbytte og kvalitet

Figur 1 viser det samlede udbytte af modne frugter pr. plante som følge af pH-niveau og dyrkningsperiode. Figuren viser også udbytternes fordeling i 4 sorteringer.

Det ses af figuren, at de samlede udbytter kun i mindre grad varierede som følge af forskelle i pH-niveau og som følge af forskellige metoder til regulering af pH. De viste forskelle inden for hvert hold var ikke signifikant forskellige.

Derimod var vægtmængderne af frugter i 1. sortering signifikant forskellige. De var nærmest halveret ved pH 4,5 i forhold til pH 5,5 og 6,5. Det gælder alle tre hold planter.

pH i basisopløsningen

Det viste sig muligt nogenlunde at opretholde de

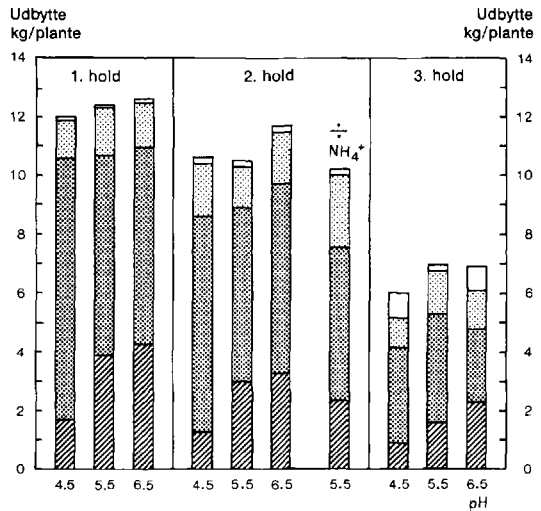
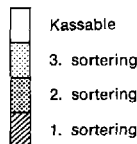


Fig. 1. Udbytte og kvalitet af modne frugter fra 3 hold planter, som er dyrket i vandkultur i perioderne 16/2-4/10, 29/3-4/10 og 10/5-4/10.

De 3 pH-niveauer i de cirkulerende opløsninger blev reguleret med ammonium/nitrat. 4. søjle i 2. hold viser udbytte og kvalitet, hvor kvælstof blev tilsat udelukkende som nitrat, og hvor pH 5,5 blev opretholdt ved tilsætning af salpetersyre.



ønskede pH-niveauer i basisopløsningerne ved dagligt at regulere tilførslen af ammonium. pH-reguleringen var dog mere nøjagtig, desto højere det ønskede pH-niveau var. Således varierede pH-niveauet 6,5 mellem pH 6,0 og 7,0, medens pH-niveauet 4,5 varierede mellem 4,0 og 6,0.

Regulering af pH med salpetersyre gav tilsvarende god styring af pH.

Planternes optagelse af næringsstoffer

Forbruget af næringsstoffer i hvert vandkultursystem er beregnet for henholdsvis ungplantestadiet og det frugt bærende stadium. Beregningerne er baseret på målinger af de tilsatte mængder suppleringsopløsning og målinger af de forekommende ændringer i basisopløsningens næringsstoffkoncentrationer.

Det således beregnede næringsstofforbrug omfatter derved ikke blot tomatplanternes, men også algers og andre mikroorganismers optagelse af næringsstoffer, og desuden eventuelle udfældninger af næringsstoffer i vandkultursystemet. Kemiske analyser af hele tomatplanter inkl. rødder, afpudsede blade og høstede frugter viste, at planternes optagelse af de enkelte makronæringsstoffer udgjorde mellem 65 og 100 pct. af forbruget afhængig af næringsstoffets art, men stort set uafhængig af pH-niveau. Det var dog ikke muligt at bestemme, hvor stor en del planternes optagelse af henholdsvis ammonium og nitrat udgjorde af ammonium- og nitratforbruget.

Figur 2 viser det relative forbrug af makronæringsstoffer i forhold til kvælstof for 2. hold tomatplanter, idet vægtmængden af forbrugt kvælstof er sat lig 100; det faktiske forbrug af kvælstof lå mellem 32 og 36 g pr. plante for hold 2. Tilsvarende relative tal for 1. og 3. hold planter afveg kun lidt fra de her viste.

Figur 2 viser følgende:

Forbruget – og ifølge planteanalyser også planternes optagelse – af næringsstofferne P, S, K og Ca var i forhold til N større i det frugt bærende stadium end i ungplantestadiet. Overgangen mellem de to stadier blev fastlagt som det tidspunkt, hvor den 1. frugts diameter oversteg 1 cm.

Det krævede 2–3 gange større tilførsel af ammonium at opretholde pH-niveau 4,5 sammenlignet med 6,5.

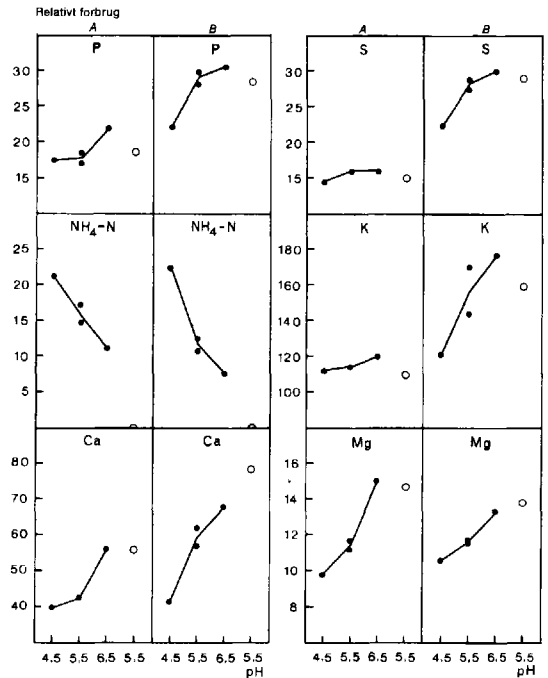


Fig. 2. Relativt næringsstofforbrug (total N = 100) ved forskellige pH-niveauer i basisopløsningen i ungplantestadiet, A (29/3–2/5), og i det frugt bærende stadium, B (2/5–4/10).

- pH reguleret med ammonium/nitrat.
- pH reguleret med salpetersyre.

Planternes optagelse af Ca og Mg blev fortrinsvis påvirket af ammoniumoptagelsen og kun i ringe grad af pH. Reguleringen af pH med salpetersyre gav således anledning til den største optagelse af Ca og Mg.

Konklusion og praktisk vejledning

pH-niveau

Ud fra de foreliggende resultater og i overensstemmelse med andres undersøgelser kan der til tomat anbefales et pH-niveau på omkring 6,0 i den cirkulerende basisopløsning.

Regulering af pH

Den forringede frugt kvalitet ved pH 4,5 skyldes planternes relativt store optagelse af ammonium og den samtidig mindre optagelse af Ca, Mg, K, P, og S. Ifølge forsøget må en regulering af basisopløsningens pH gennem regelmæssig justering af ammonium/nitrat forholdet i opløsningen derfor

begrænses til dyrkningsforhold, som betinger en tilførsel af ammonium-kvælstof på højst 20 pct. af den samlede kvælstoftilførsel for så vidt angår tomat. Denne betingelse opfyldes ved pH-niveauer på 5,5 og derover, når afioniseret vand benyttes (se fig. 2). Anvendes ledningsvand, må dettes pH justeres med syre til det ønskede pH-niveau, inden eller samtidig med vandets tilførsel til vandkulturanlægget.

Forsøget viste, at en regulering af basisopløsningens pH med salpetersyre må anses for at være lige så god som ovenstående metode. I stedet for salpetersyre kan benyttes en blanding af salpetersyre og fosforsyre (se meddelelse nr. 1259). Anvendes ledningsvand, hvis pH alligevel skal justeres med syre, så vil regulering af basisopløsningens pH med syre være den mest praktiske metode at benytte.

Basisopløsninger

Til planter i vandkultur kan koncentrationerne af basisopløsningens næringsstoffer varieres inden for et bredt område uden væsentlige ændringer af udbyttet. To eksempler på en brugbar basisopløsning til tomat er givet i omtalen af forsøget.

Suppleringsopløsninger

Suppleringsopløsningens kemiske sammensætning skal nogenlunde svare til de pågældende planters næringsstofforbrug. I modsat fald vil basisopløsningens sammensætning ændres så meget og så hurtigt, at det bliver nødvendigt med hyppige udskiftninger af basisopløsningen for ikke at forringe udbyttets størrelse og kvalitet.

På grundlag af forsøgets resultater er der nedenfor givet forslag til suppleringsopløsningers relative sammensætning af makronæringsstoffer, på vægtbasis, for unglantestadiet og det frugt bærende stadium hos tomat. Total N er sat nær 100. I praksis er suppleringsopløsningers koncentration af N ofte i størrelsesordenen 10.000–20.000 ppm.

Forslagene er beregnet på anvendelse af afioniseret vand, regnvand eller vand rensset ved omvendt osmose. Benyttes ledningsvand, skal værdierne reduceres, så vidt muligt svarende til næringsstofmængder, der tilføres med ledningsvandet.

For at undgå udfældninger af kalciumfosfater fordeles næringsstofferne som regel på 2 sammenhørende suppleringsopløsninger.

A. Ved regulering af pH med 2 forskellige ammonium/nitrat forhold i 2 sæt suppleringsopløsninger. Relative tal:

	NO ₃ -N	NH ₄ -N	P	S	K	Ca	Mg
Ungplantestadium							
1. sæt suppl.							
opl.:	75	5	20	16	120	50	13
2. sæt suppl.							
opl.:	95	25	20	16	120	50	13
Frugtbærende stadium							
1. sæt suppl.							
opl.:	85	5	30	29	170	65	13
2. sæt suppl.							
opl.:	105	25	30	29	170	65	13

Indholdet af ammoniumnitrat bliver eneste forskel mellem 1. og 2. sæt suppleringsopløsninger inden for hvert stadium. 1. sæt benyttes, når pH i basisopløsningen er lavere end det ønskede pH-niveau, medens 2. sæt benyttes, når pH er højere.

B. Ved regulering af pH med syre. Relative tal:

	NO ₃ -N	NH ₄ -N	P	S	K	Ca	Mg
Ungplantestadium							
Suppl. opl.							
+ syre:	90	10	19	15	125	55	15
Frugtbærende stadium							
Suppl. opl.							
+ syre:	95	5	30	29	170	75	14

Ved et pH-niveau 6,0 og ved brug af afioniseret vand skønnes 5–10% af nitraten at skulle tilsættes i form af salpetersyre.

Det bør bemærkes, at suppleringsopløsningerne indeholder en mindre mængde ammonium. Det er til delvis stabilisering af pH i den cirkulerende basisopløsning.

Eftertryk af tekstens fulde ordlyd tilladt med kildeangivelse. Ved uddrag skal skriftlig tilladelse indhentes.

Abonnement på meddelelser fra Statens Planteavlsvforsøg kan bestilles ved indsendelse af abonnementsbeløbet til bladets ekspedition, Statens Planteavlsvkontor, Kongevejen 83, 2800 Lyngby, postgiro 200 2299, tlf. (02) 85 50 57. Abonnementsprisen er for 1981 80,00 kr. årligt excl. moms. Adresseændring bedes meddelt bladets ekspedition.

ISSN 0105-6514

Trykt i 5.000 eksemplarer.