

Undersøgelser af vækstfaktorer ved produktion af potteplanter (*Hedera*) i væksthushus. I. Metoder og udbytter*)

Investigations on growth factors in the production of pot plants (Hedera) under glasshouse conditions. I. Methods and yields

Jens Willumsen og A. Magle Pedersen

Resumé

Forsøg med *Hedera canariensis* Willd. 'Gloire de Marengo' i potte blev udført i væksthushus i sommeren 1973 og vinteren 1973-74. Til forsøgene blev udviklet et lukket undervandingssystem med en konstant cirkulerende næringsstofopløsning.

Dette undervandingssystem med relativ god fordeling af næringsstoffer i og uden for potterne muliggjorde store udbytter i form af frisk- og tørvægt ved forholdsvis lave koncentrationer af N og K, hhv. 50 og 30 ppm, både sommer og vinter.

Granuleret stenuld (vandabsorberende Grodan-uld) og enhedsjord (type P) blev benyttet som dyrkningsmedier. Enhedsjordens pH oversteg ikke 7 i løbet af forsøgsperioderne. Derimod lå pH-værdien i stenuld omkring 9 på trods af ugentlig udskiftning af næringsstofopløsningerne med nye opløsninger, hvis pH var ca. 7. Forbehandling af stenulden med fortyndet fosforsyre kunne kun i mindre grad modvirke den høje pH-værdi.

Planter dyrket i enhedsjord opnåede en større frisk- og tørvægt end planter i granuleret stenuld. Med stigende P-tilsætning ved forbehandling med fosforsyre og stigende fosfatkoncentration i næringsstofopløsningen var der tendens til stigende udbytter i stenuld, men ikke til samme niveau som for planterne i enhedsjord. Væksten af *Hedera* i granuleret stenuld har sandsynligvis i alle tilfælde været begrænset af fosfaternes ringe tilgængelighed for planterne ved de høje pH-værdier.

Nøgleord: Næringsstofkoncentrationer – dyrkningsmedier – *Hedera canariensis*

Summary

An experiment with *Hedera canariensis* Willd. 'Gloire de Marengo' was carried out in a glasshouse in the summer 1973 and the winter 1973-74. A closed system with a constant circulating solution, supplying the pots from below with water and nutrients, was developed and used in the experiments.

The watering system allowed a fairly even distribution of nutrient elements in- and outside the pots. This made it possible to obtain large yields of fresh- and drymatter both summer and winter at relatively low concentrations of N and K, 50 and 30 ppm, respectively.

Granulated rockwool (water-absorbing Grodan-wool) and unit-soil (Fruhstorfer-Erde, type P, a mixture of peat, clay and fertilizers) were used as growing media. pH in the unit-soil did not exceed 7 during the growth periods. pH in the rockwool remained about 9 in spite of weekly renewal of the nutrient solutions with neutral solutions with an initial pH about 7. Pretreatment of the rockwool with diluted phosphoric acid could only to a lesser degree prevent the high pH-value.

*) Publikation nr. 11 fra projektet: Vækstfaktorer til Styring af Optimal Potteplanteproduktion (VSOP).

The fresh and dry matter yields were larger for plants grown in unit-soil than for plants grown in granulated rockwool. Increasing addition of P through pretreatment with phosphoric acid and increasing phosphate concentration in the nutrient solution tended to increase yields of plants in rockwool, but not to the same level as in unit-soil. Growth of *Hedera* in granulated rockwool was probably in all cases limited by the small amount of phosphate available for the plants at the high pH-values.

Key-words: Nutrient concentrations – growing media – *Hedera canariensis*.

1. Indledning

Dyrkning af potteplanter i væksthuse undergår stadige forandringer. De varierende økonomiske, tekniske og ressourcemæssige muligheder samt kravet til større og bedre udbytte nødvendiggør en fortsat udvikling af dyrkningsmetodikken. Dette sker bl.a. ved anvendelse af automatisk registrering og styring af et stigende antal vækstfaktorer. Planternes varierende behov for de enkelte faktorer tilfredsstilles derved uden forsinkelser, hvilket fremmer en ensartet og sikker produktion.

Til maksimal udnyttelse af et kostbart produktionsapparat er det en væsentlig fordel at fastlægge dyrkningsprogrammer for hver plantekultur på grundlag af kendskab til optimale dyrkningsbetingelser. Ved optimale dyrkningsbetingelser forstås her, at alle kontrollable vækstfaktorer tilføres i de bedst mulige mængder og sammensætninger gennem hele vækstperioden, afhængig af de ukontrollable vækstfaktorer, dvs. lysfaktoren og deraf afledede faktorer.

Yderligere er det en fordel med et indgående kendskab til planternes reaktioner på ændringer i omgivelserne. En ændring af én vækstfaktor vil i så godt som alle tilfælde øve indflydelse på virkninger af andre vækstfaktorer, hvilket vil kunne påvirke det endelige produkts kvantitet og kvalitet. Således er virkningerne af vandtilførsel, næringsstofftilførsel og dyrkningsmedium i høj grad afhængige af hinanden. Hertil kommer, at vækstfaktorerne øver indflydelse på eventuelle sygdomsangreb.

En sammenhængende undersøgelse af en række vækstfaktorer er derfor påkrævet som grundlag for fastlægnings af et dyrkningsprogram. Dette er i det foreliggende tilfælde opnået gennem dannelsen af en projektgruppe (VSOP) omfattende

medarbejdere fra Den kgl. Veterinær- og Landbohøjskole og Statens Planteavlsvforsøg.

2. Formål

Projektets formål er gennem undersøgelser af væsentlige vækstfaktorer at skabe det nødvendige grundlag for en fastlægnings af optimale dyrkningsbetingelser, omfattende vanding, ernæring, dyrkningsmedium og klima, med henblik på standardiseret og automatiseret dyrkning af potteplanter i væksthuse.

3. Metodik

I sommeren 1973 og vinteren 1973–74 blev gennemført 2 forsøg på Statens Væksthusforsøg i Virum med *Hedera canariensis* som testplante. Til forsøgene blev udviklet et lukket undervandingssystem med en konstant cirkulerende næringsstofopløsning.

3.1. Forsøgsplan

3.1.1. Tidsplan

Datoer for sommer- og vinterforsøget er angivet i nedenstående skema.

| | Sommer | Vinter |
|----------------------|-----------|------------|
| Stikning | 28/3 1973 | 9/10 1973 |
| Forsøgets start | 1/5 1973 | 19/11 1973 |
| Planteudtagning 1 | 10/5 1973 | 29/11 1973 |
| Planteudtagning 2 | 24/5 1973 | 12/12 1973 |
| Planteudtagning 3 | | 10/ 1 1974 |
| Planteudtagning 4 | | 13/ 2 1974 |
| Forsøgets afslutning | 27/6 1973 | 5/ 4 1974 |

Samtidig med planteudtagningerne samt ved forsøgets start og afslutning foretoges prøveudtagninger af dyrkningsmedierne med henblik på kemisk analysering.

3.1.2. Næringsstofkoncentrationer

Forsøgsbehandlingen i sommer- og vinterforsøget var ens og omfattede 3 koncentrationer af både N, P og K i de cirkulerende opløsninger samt 2 dyrkningsmedier, granuleret stenuld (Grodan) og svensk enhedsjord (type P).

Valg af næringsstofopløsningernes koncentration og sammensætning bestemtes af ønsket om at opnå store udbytteforskelle og samtidig afprøve lave næringsstofkoncentrationer, hvilket var muligt ved den stadige fornyelse af opløsningen omkring rødderne i bunden af potterne.

N, P og K blev tilført som hhv. kalciumnitrat, fosforsyre og kaliumsulfat. Der var derfor også forskelle mellem opløsningerne mht. koncentrationen af Ca og S. Tabel 1 viser de koncentrationer af N, P, K, Ca og S, som fandtes i de forskellige næringsstofopløsninger. Disse koncentrationer blev kombineret således, at ialt 27 kombinationer af N, P og K blev afprøvet til planter i stenuld, mens 9 kombinationer blev afprøvet til planter i enhedsjord. Til sidstnævnte planter blev kun anvendt opløsninger med en P-koncentration på 10 ppm.

Tabel 1. Næringsstofkoncentrationer i de cirkulerende opløsninger. De med * mærkede P-koncentrationer blev ikke givet til planter i enhedsjord

*Concentrations of nutrient elements in the circulated solutions. The P concentrations marked with * were not applied to plants in unit-soil*

N₁: 25 ppm (Ca: 121 ppm)
N₂: 50 ppm (Ca: 157 ppm)
N₃: 100 ppm (Ca: 228 ppm)

P₁: 5 ppm*
P₂: 10 ppm
P₃: 20 ppm*

K₁: 30 ppm (S: 60 ppm)
K₂: 55 ppm (S: 70 ppm)
K₃: 105 ppm (S: 91 ppm)

De cirkulerende opløsningers koncentration af øvrige næringsstoffer var 50 ppm Mg, 20 ppm Na, 40 ppm Cl, 1,8 ppm Fe, 0,30 ppm Mn, 0,5 ppm B, 0,12 ppm Cu, 0,09 ppm Zn og 0,03 ppm Mo.

Jern blev tilført som jernchelat (natrium-ferri-hydroxydiamin-polyacetat), de øvrige næ-

ringsstoffer som syre, handelsgødninger eller uorganiske salte af teknisk kvalitet.

Ledningsvand blev benyttet til fremstilling af opløsningerne og bidrog med 5 ppm K, 85 ppm Ca, 20 ppm Mg, 20 ppm Na, 10 ppm S, 40 ppm Cl, 0,3 ppm B og 0,02 ppm Cu.

Disse tal er inkluderet i de angivne næringsstofkoncentrationer.

3.1.3. Dyrkningsmedier

Et kemisk inaktivt dyrkningsmedium til potterne var ønskeligt, og valget faldt på granuleret stenuld (vandabsorberende Grodan-uld). Som reference valgtes svensk enhedsjord (type P), der erfaringsmæssigt er velegnet til *Hedera canariensis*. Stenuldens granuler består af stenfibre med en diameter på ca. 5 µm.

Enhedsjorden fremstilles af spagnum og kalkfrit ler. Spagnumandelen udgør 1/4 og leret 3/4 af enhedsjordens vægt. Kalk og næringsstoffer er tilsat. Reaktionstallet i enhedsjord er 5,4, når den leveres fra fabrikken.

Tilvanding af potter fandt sted inden stikningen i begge forsøg. Potter med enhedsjord blev tilvandet med ledningsvand, hvis indhold af næringsstoffer er angivet i afsnit 3.1.2. Potter med stenuld blev tilvandet med overskud af næringsstofopløsning N₃P₃K₃, se tabel 2.

Tabel 2. Næringsstofkoncentrationer i opløsninger anvendt ved tilvanding og syrebehandling af stenuld inden stikning. P blev tilført som fosforsyre

Concentrations of nutrient elements in the solutions used for acidifying rockwool with phosphoric acid prior to insertion of cuttings (supplementary winter experiment). P was applied as phosphoric acid only

| Opløsning | N ppm | P ppm | K ppm | Ca ppm | S ppm |
|--|----------|----------|----------|-----------|----------|
| N ₃ P ₃ K ₃ | 100 | 20 | 105 | 228 | 91 |
| N ₃ P ₄ K ₃ | 100 | 520 | 105 | 228 | 91 |
| N ₁ P ₅ K ₁ | 25 | 1005 | 30 | 121 | 60 |
| N ₃ P ₅ K ₃ | 100 | 1020 | 105 | 228 | 91 |

I vinterforsøget indgik 3 ekstra parceller med fosforsyrebehandlet, granuleret stenuld som dyrkningsmedium. Syrebehandlingen blev udført ved at tilvande potterne med en næringsstofop-

løsning tilsat mere fosforsyre end opløsning N_3/P_3K_3 . Forskellige koncentrationer af fosforsyre og næringsstoffer blev benyttet ved tilvandingen af de 3 parcellers pletter (tabel 2), men senere efter udsætningen i forsøgsparcellerne den 19. november blev der anvendt ens koncentrationer til de 3 parceller (N_3 , P_3 og K_3 , se tabel 1).

3.1.4. Parcellernes placering og størrelse

36 forsøgsparceller var fordelt systematisk på 4 borde i 2 væksthuse med 2 borde i hvert rum og lige mange parceller på hvert bord. Hvert rum var 6×10 m. Bordene var anbragt parallelt med tremplerne, i nord-sydgående retning.

Af de 36 parceller blev 27 benyttet til planter i stenuld og 9 til planter i enhedsjord. I hver bordende fandtes én eller flere værneparceller. I vinterforsøget blev 3 af disse anvendt som forsøgsparceller til planter i fosforsyrebehandlet stenuld. Der var ingen fællesparceller.

Parcelstørrelsen var $1,12 \times 0,84 \text{ m}^2 = 0,94 \text{ m}^2$ med 48 planter i hver parcel. Planter, som i forsøgsperioden blev udtaget til analysering, blev erstattet af reserveplanter. Disse indgik ikke i den endelige opgørelse.

3.2. Tilførsel af vand og næringsstoffer

En betingelse for gennemførelse af de ønskede undersøgelser var udvikling af en undervandingsmetode, der foruden at sørge for ensartet fordeling og tilstrækkelig forsyning af planterne med vand og næringsstoffer muliggjorde løbende målinger af evapotranspiration og næringsstofforbrug i hver parcel gennem vækstperioden. Det førte til udvikling af et lukket system med kontinuerligt cirkulerende næringsstofopløsning på vandtætte borde.

Hver parcel blev tilsluttet sit eget cirkulationsanlæg (figur 1), hvor cirkulationshastigheden var ca. 250 liter opløsning pr. time. Et anlæg (opsamlingskar, slanger og stenuldsmatte i bunden af parcellen) rummede ca. 100 liter opløsning. Systemet er beskrevet udførligt af Hejndorf (1974).

Opsamlingskarrene blev efterfyldt til samme volumen hver dag kl. 10⁰⁰ med de i tabel 1 angivne næringsstofopløsninger. En gang om ugen blev opløsningerne udskiftet, dog ikke den del, som

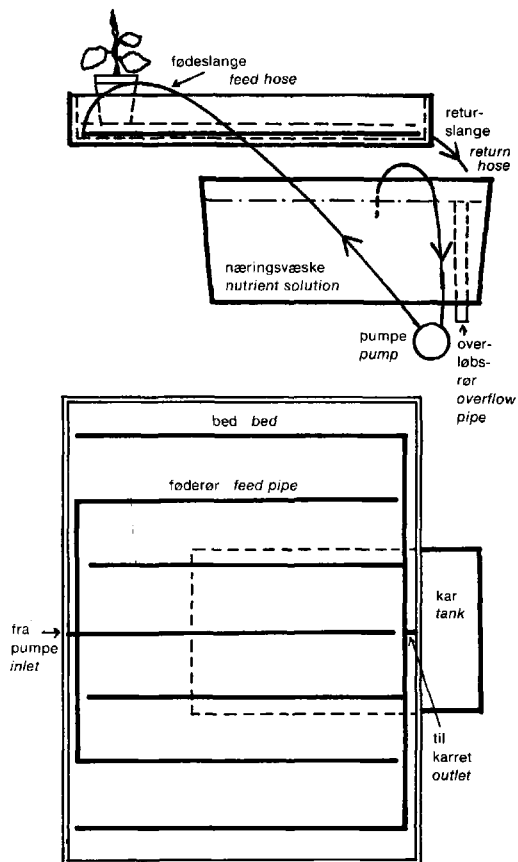


Fig. 1. Schematisk fremstilling af det lukkede undervandingsystem med konstant cirkulerende næringsstofopløsning (Hejndorf, 1974).

Diagram of the closed watering system with a constant circulating nutrient solution for supplying the pots from below with water and nutrients.

blev tilbageholdt af pletterne og af den 2,3 cm tykke stenuldsmatte, som fandtes i bunden af hver parcel.

3.3. Planter

Som forsøgsplante blev valgt *Hedera canariensis* Willd. 'Gloire de Marengo', dels på grund af plantens rent vegetative vækst, dels på grund af den viden, som foreligger om planten (Christensen, 1971).

Planterne blev formeret ved stikning med én ledstikling i hver plastpotte af typen 10A. Stiklin-

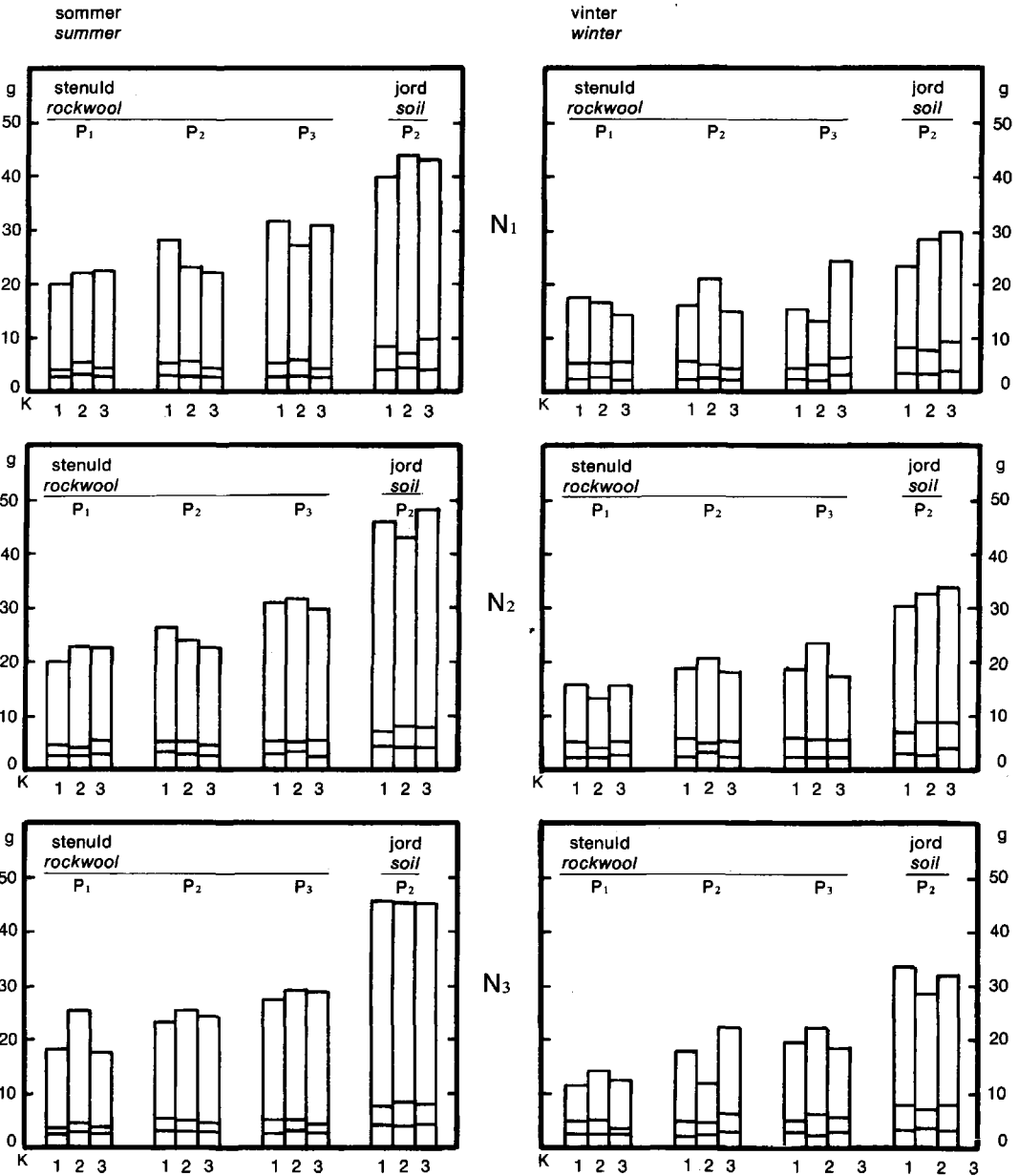


Fig. 2. Friskvægt pr. plante af overjordiske dele af planter dyrket i stenuid og enhedsjord ved forskellige koncentrationer af N, P og K (tabel 1). Vandrette streger i søjlerne angiver friskvægt for datoerne 10/5, 24/5 og 27/6 i sommerforsøget og 10/1, 13/2 og 5/4 i vinterforsøget.

Fresh matter yield per plant (aerial parts) of plants grown in rockwool and unit-soil and at varying concentrations of N, P and K (table 1) on 10/5, 24/5 and 27/6 (summer experiment) and 10/1, 13/2 and 5/4 (winter experiment) indicated by horizontal lines.

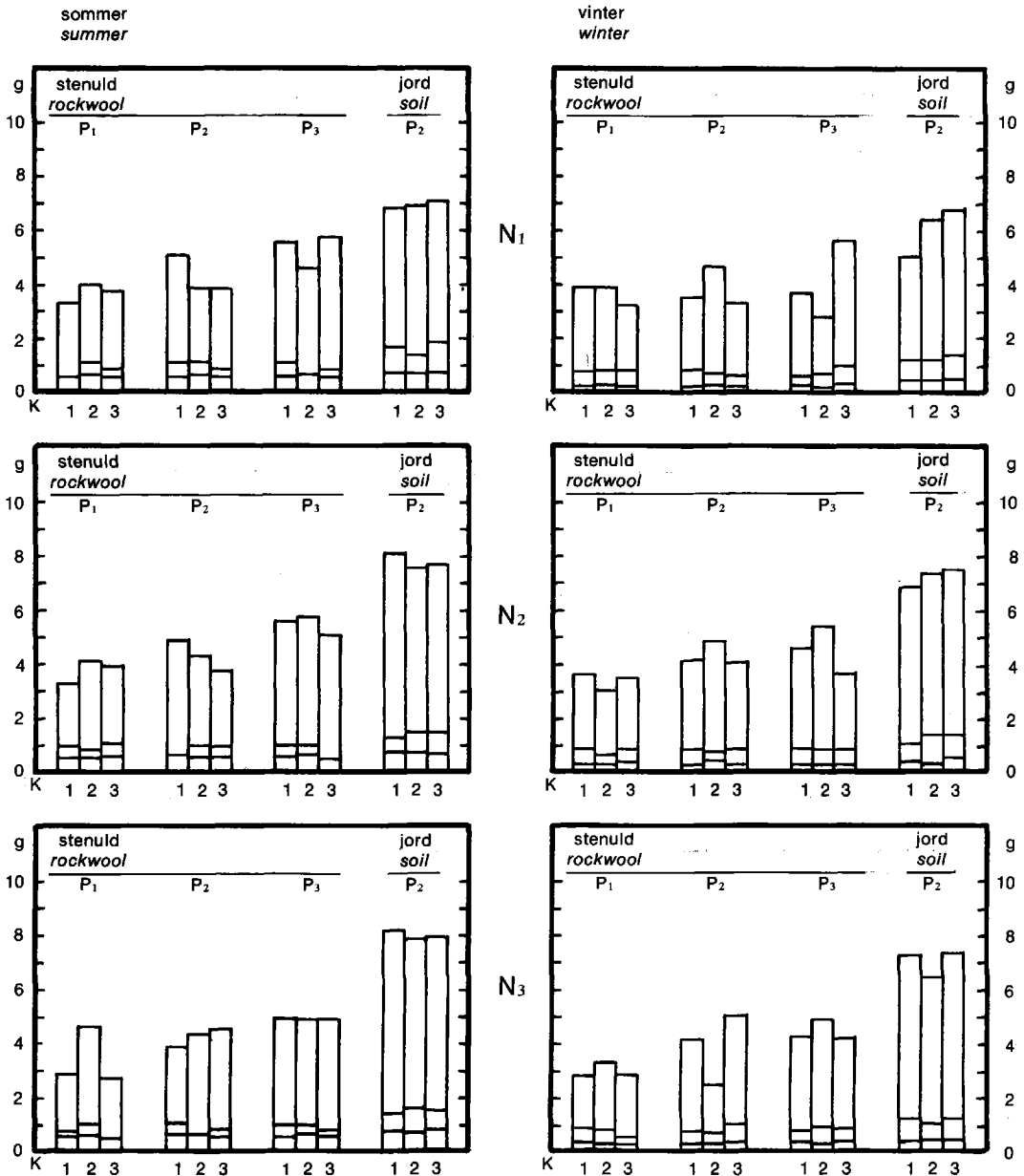


Fig. 3. Tørstof pr. plante af overjordiske dele af planter dyrket i stenuid og enhedsjord ved forskellige koncentrationer af N, P og K (tabel 1). Vandrette streger i søjlerne angiver tørstof for datoerne 10/5, 24/5 og 27/6 i sommerforsøget og 10/1, 13/2 og 5/4 i vinterforsøget. Enkelte resultater fra den 24/5 er udeladt.

Dry matter yield per plant (aerial parts) of plants grown in rockwool and unit-soil and at varying concentrations of N, P and K (table 1) on 10/5, 24/5 and 27/6 (summer experiment) and 10/1, 13/2 and 5/4 (winter experiment) indicated by horizontal lines. A few results from the date 24/5 are not shown.

gerne var tilskåret 1,5 cm under bladfæstet. Tiltrækningen fandt sted i væksthuse under hvid plastfolie ved en temperatur mellem 20 og 24°C.

3.4. Dyrkningsbetingelser

Det blev tilstræbt at holde en lufttemperatur døgnet rundt på mindst 18°C. Luftvinduene åbnede ved 24°C.

Lufttemperaturen blev målt med et tørt modstandstermometer samt med et fugtigt modstandstermometer med henblik på beregning af den relative luftfugtighed.

Målingerne skete hvert 10. minut i perioden 29/5–27/6 i sommerforsøget og 12/12–22/1 i vinterforsøget.

Resultatet af målingerne blev en gennemsnitlig lufttemperatur i sommer- og vinterforsøget på hhv. 25,1 og 23,0°C. I de to forsøg var døgnet maksimumstemperatur i gennemsnit hhv. 3,1 og 0,7° over døgnet gennemsnitstemperatur, mens

døgnet minimumstemperatur lå hhv. 2,7 og 0,6° under.

Den relative luftfugtighed igennem døgnet varierede i gennemsnit mellem 57 og 81% i sommerforsøget og mellem 63 og 71% i vinterforsøget. Den relative luftfugtighed var gennemgående højest om natten i den målte sommerperiode og højest om dagen i den målte vinterperiode.

En let skygning af væksthuse fandt sted i sommerforsøget.

Planterne fik CO₂-tilskud 6 timer daglig, fordelt med 3 timer om morgenen og 3 timer om aftenen. Der blev givet CO₂-tilskud til en koncentration på 1000 ppm.

4. Resultater

4.1. Frisk- og tørvægt

For både sommer- og vinterforsøget er de overjordiske plantedeles frisk- og tørvægt vist i figur 2 og 3, dels ved forsøgenes afslutning, dels ved de

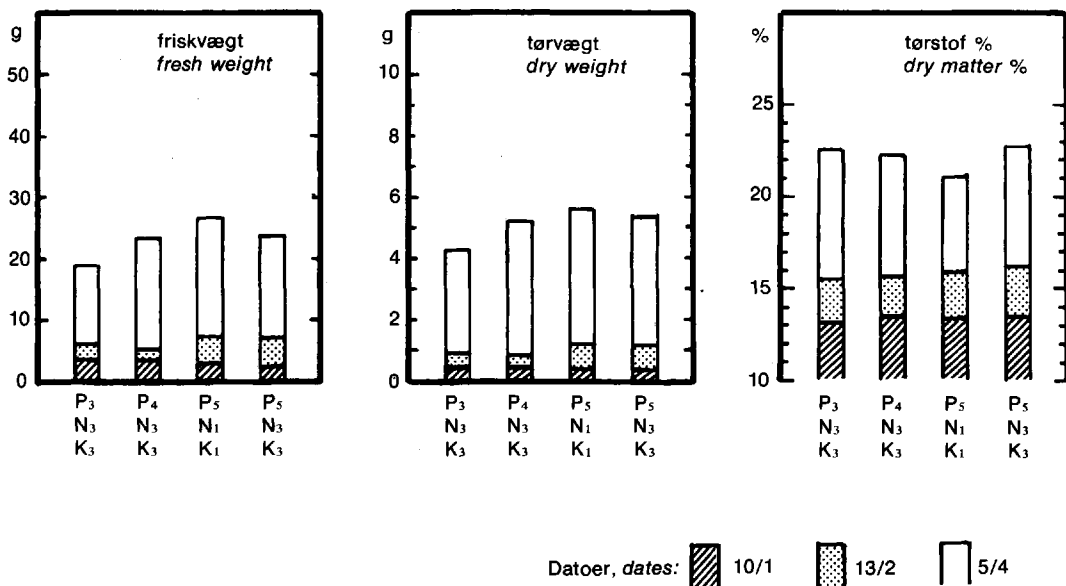


Fig. 4. Frisk- og tørvægt pr. plante samt tørstofprocent af overjordiske dele af planter dyrket i stenuld tilvandet før stikning med forskellige koncentrationer af fosforsyre og næringsstoffer (tabel 2) og høstet på datoerne 10/1, 13/2 og 5/4 (supplerende vinterforsøg).

Fresh and dry matter yields per plant and per cent dry matter (aerial parts) of plants grown in rockwool, pretreated with varying concentrations of phosphoric acid and nutrients (table 2), and harvested on 10/1, 13/2 and 5/4 (supplementary winter experiment).

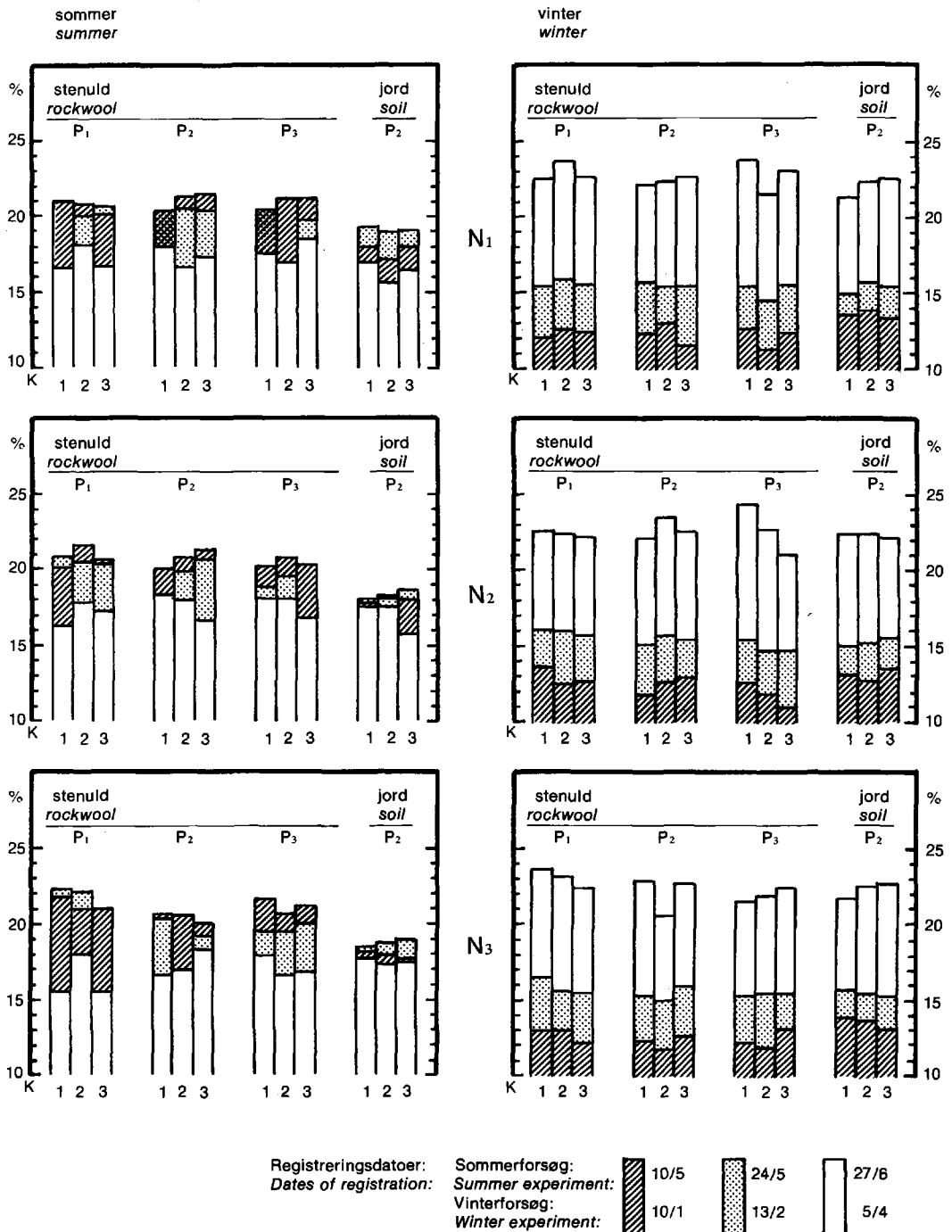


Fig. 5. Tørstofprocent i overjordiske dele af planter dyrket i stenuld og enhedsjord ved forskellige koncentrationer af N, P og K (tabel 1), bestemt på forskellige tidspunkter af vækstperioden i sommer- og vinterforsøget. Enkelte resultater fra den 24/5 er udeladt.

Per cent dry matter of plants (aerial parts) grown in rockwool and unit-soil and at varying concentrations of N, P and K (table 1) at different dates of the summer and winter experiment. A few results from the date 24/5 are not shown.

foregående udtagninger af forsøgsplanter. 8 planter pr. parcel blev benyttet til hver frisk- og tørvægtsbestemmelse. Planterne blev udvalgt systematisk. Tørvægt blev bestemt efter tørring af plantematerialet ved 100°C i 1 time og 80°C i 24 timer.

Figurene viser en tydeligt større frisk- og tørvægt for planterne i enhedsjord end for planterne i granuleret stenuld. For planterne i stenuld viser figurene desuden en tendens til øget frisk- og tørvægt med stigende P-koncentration i den cirkulerende opløsning. – Tilsætning af stigende mængder fosforsyre til den næringsstofopløsning, hvormed den granulerede stenuld blev opvandet inden stikningen, forøgede friskvægten og tørvægten, som vist i figur 4, hvor forsøgsled N_3P_3/K_3 er vist som reference.

Bortset fra en gennemgående større friskvægt af overjordiske plantedele i sommerforsøget end i vinterforsøget var de væsentligste udbytteforskelle mellem behandlingerne overensstemmende i begge forsøg. Dette gælder både frisk- og tørvægtsresultater. Den længere kulturtid om vinteren gav ved forsøgets afslutning nogenlunde samme mængde tørstof pr. plante som ved sommerforsøgets afslutning.

4.2. Tørstofprocent

De overjordiske plantedeles indhold af tørstof i procent af den tilsvarende friskvægt er vist i figur 5 for både sommer- og vinterforsøg.

Figuren viser, at tørstofprocenten var lavere for planterne i enhedsjord end for planterne i stenuld den 10. og 24. maj i sommerforsøget. Ved forsøgets afslutning var der ingen sikre forskelle. Forskelle i næringsstofkoncentrationer i de cirkulerende opløsninger påvirkede ikke planternes tørstofprocent i påviseligt omfang.

I vinterforsøget var det ikke muligt at påvise forskelle i tørstofprocenten som følge af behandlingerne. Som det fremgår af figur 4, gælder dette også syrebehandlingerne af stenuld inden planternes stikning. Ingen tydelige forskelle blev fundet.

4.3. pH (H_2O) i dyrkningsmedier

Målinger af pH blev foretaget gennem vækstpe-

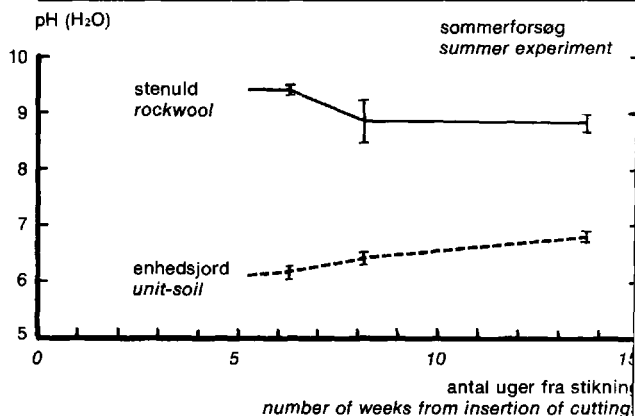


Fig. 6. pH i granuleret stenuld og enhedsjord igennem vækstperioden i sommerforsøget. Standardafvigelser er angivet.

pH-values of granulated rockwool and unit-soil during the growth period of the summer experiment. Standard deviations are shown.

rioden i vandige opslemninger med dyrkningsmedium og vand i vægtforholdet 1:2,5. I figur 6 og 7 er vist gennemsnitsresultater af pH-målinger fra hhv. sommer og vinterforsøg. Kurvepunkterne for stenuld, fosforsyrebehandlet stenuld og enhedsjord angiver gennemsnit af hhv. 27, 3 og 9 måleresultater for prøver fra et tilsvarende antal parceller. Kurverne i begge figurer fremviser væsentlige forskelle mellem dyrkningsmedierne. Den granulerede stenulds pH var betydeligt højere end enhedsjordens i både sommer- og vinterforsøg. En opvanding af stenulden med fortyndet fosforsyre inden planternes stikning gav en vedvarende, men relativ lille sænkning af pH i forhold til stenuld, der ikke var opvandet med fosforsyre.

5. Diskussion

De koncentrationer og sammensætninger af næringsstoffer, som blev benyttet i forsøgene, blev valgt ud fra ønsket om at opnå store udbytter ved lave næringsstofkoncentrationer muliggjort ved den vedvarende cirkulation af næringsstofopløsningen fra reservoir til dyrkningsbord og retur. Denne dyrkningsteknik sikrede en stadig fornyelse af opløsningen omkring basis af potterne. Da den nedre del af mediet i samtlige potter gennem huller i pottébunden konstant stod i forbindelse med en fri vandoverflade i samme højde, var det

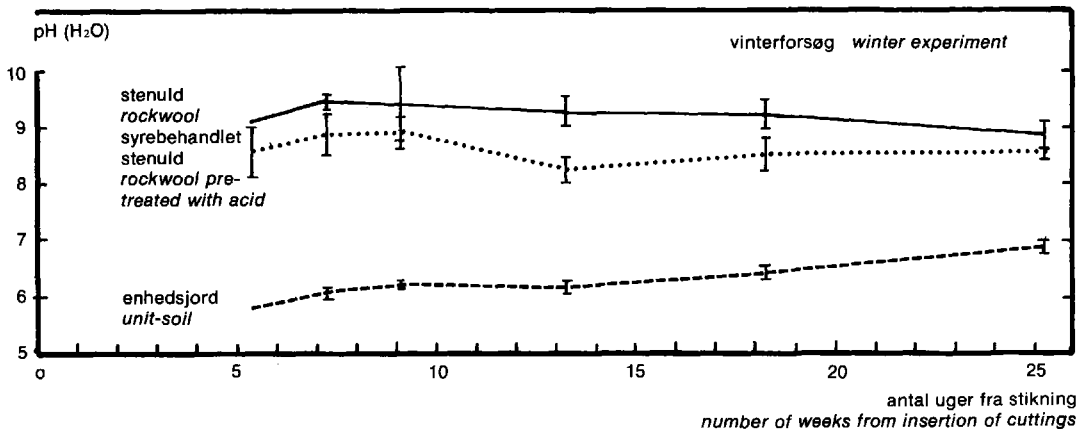


Fig. 7. pH i granuleret stenuld og enhedsjord igennem vækstperioden i vinterforsøget. Standardafvigelser er angivet.

pH-values of granulated rockwool and unit-soil during the growth period of the winter experiment. Standard deviations are shown.

relative vandindhold i potterne stort gennem hele forsøgsperioden. Dette gav mulighed for en relativ hurtig og stadig diffusion og fordeling i dyrkningsmedierne af tilførte næringsstoffer. Tilsvarende kunne overskud af salte forholdsvis hurtigt diffundere ud af medier og potter, som vist af Eriksson (1976) og Willumsen (1976), sammenlignet med potteplanter dyrket på afdrænet underlag og med periodisk vandtilførsel.

Ønsket om at benytte lave næringsstofkoncentrationer skyldes to forhold. For det første er lavere koncentrationer ensbetydende med et lavere osmotisk tryk i opløsningen, hvilket formindsker risikoen for nedsat transpiration og netofotosyntese ved stomatalukning på tidspunkter, hvor luftens mætningsdeficit er stor omkring bladene (Jensen, 1975). For det andet vil lave koncentrationer nedsætte risikoen for forurening af omgivelserne med overskudssalte, især hvis udskiftning af den cirkulerende opløsning er nødvendig gentagne gange under kulturen.

Orienterende forsøg med *Hedera* (Pedersen, 1974) viste med hensyn til den cirkulerende næringsvæske, at der med den omtalte dyrkningsmetode ikke kræves højere koncentrationer af N, P og K end hhv. 100, 15 og 100 ppm, forudsat at dyrkningsmediet i potterne er opgødet ved kultu-

rens begyndelse. Til sommer- og vinterforsøget blev dette koncentrationsniveau valgt som det maksimale. Udbytteresultaterne i figur 2 og 3 viser, at koncentrationen af N og K kunne nedsættes yderligere til hhv. 50 og 30 ppm uden udbyttenedgang. Dette gjaldt sommerforsøget såvel som vinterforsøget og planter i både stenuld og enhedsjord. De lave koncentrationer af N og K øger imidlertid kravet til regeneration af den cirkulerende opløsning på grund af en mindre kapacitet af N og K, dog afhængig af dyrkningsmediets evne til at binde og afgive næringsstoffer. I forsøgene blev alle opløsninger udskiftet én gang om ugen.

Med stigende P-koncentration i den cirkulerende opløsning blev der i begge forsøg for planterne i stenuld fundet en tendens til øget frisk- og tørvægt af de overjordiske plantedele, men i næsten alle tilfælde en mindre frisk- og tørvægt end for planterne i enhedsjord. Sammenholdes dette med pH-kurverne i figur 6 og 7, synes det sandsynligt, at de høje pH-værdier i stenulden, på omkring 9, har været årsag til, at fosfaterne kun i begrænset omfang har været tilgængelige for planterne i stenuld (Pedersen & Friis-Nielsen 1974). Når pH er ca. 9, vil størstedelen af fosfaterne findes som sekundære fosfater og i større eller

mindre grad udfældet som tungtopløselige fosfater, bl.a. CaHPO_4 , $2\text{H}_2\text{O}$ og $\text{Ca}_4\text{H}(\text{PO}_4)_3$, $3\text{H}_2\text{O}$, eller bundet til stenuldens fibre (Willumsen, 1974).

Alle cirkulerende opløsninger blev hver uge udskiftet med nye opløsninger, hvis pH var ca. 7. Til trods for dette blev der kun registreret et ringe fald i stenuldens pH i løbet af forsøgsperioderne. Dette er i overensstemmelse med undersøgelser af Willumsen (1974), som i forsøg med potte-*Chrysanthemum* i granuleret stenuld fandt, at stenulden i en tre måneders kulturperiode til stadighed nedbrydes under frigørelse af OH^- eller HCO_3^- . Willumsen målte stigninger i pH fra 6 til 8 og kunne påvise, at omkring halvdelen af basefrigørelsen stammede fra stenuldens nedbrydning, og at den resterende del blev frigjort af planterne som reaktion på, at N blev tilført udelukkende som nitrat. Det gjaldt for planter i god vegetativ vækst. Også for mange andre plantearter er det fundet, at planten frigiver HCO_3^- eller OH^- , når nitrat er eneste kvælstofkilde (Kirkby & Mengel, 1967). I nærværende forsøg var nitrat ligeledes eneste kvælstofkilde. Sandsynligvis har det været en medvirkende årsag til de registrerede pH-stigninger i stenuld og enhedsjord, men målinger til påvisning af dette er ikke foretaget.

Figur 7 viser, at en fosforsyrebehandling af stenulden inden stikning påvirkede stenuldens pH i nedadgående retning, til pH-værdier mellem 8 og 9, og at dette kunne registreres igennem hele forsøgsperioden. Behandlingen havde yderligere den effekt, at stenuldens fosfatindhold blev væsentlig forøget i forhold til ubehandlet stenuld, især i begyndelsen af vækstperioden. Alligevel var fosforsyrebehandlingen ikke tilstrækkelig til at hæve planternes frisk- og tørvægt til samme niveau som for planterne i enhedsjord. Årsagen må være, at det tilførte fosfat og måske også mangan kun i ringe grad var tilgængelig for planterne ved pH-værdier mellem 8 og 9.

Hvad angår de i figur 4 og 5 viste tørstofprocenter, blev der kun fundet små forskelle mellem de forskellige behandlinger, hvorfor tørstofprocenterne kun i ringe omfang kan underbygge de udbytteforskelle, som er vist i figur 2, 3 og 4. Dog giver de højere tørstofprocenter for planterne i

stenuld i forhold til planterne i enhedsjord den 10. og 24. maj, men ikke den 27. juni, en formodning om, at hæmningen af plantevæksten i stenuld fortrinsvis fandt sted inden juni måned i sommerforsøget. Baggrunden er, at en højere tørstofprocent som regel viser et mindre optimalt samspil af vækstfaktorerne. Dette gælder dog ikke lysfaktoren, d.v.s. ens lysforhold er en forudsætning, når tørstofprocenter sammenlignes efter denne regel (Brouwer, 1962). Det er derfor vanskeligt at sammenligne sommer- og vinterforsøgets tørstofprocenter.

6. Konklusion

De udførte forsøg med *Hedera canariensis* viste, at anvendelsen af et undervandingssystem med en konstant cirkulerende næringsstofopløsning giver mulighed for at opnå store udbytter ved lave koncentrationer af N og K i den cirkulerende opløsning i både en sommer- og en vinterkultur. Med det anvendte undervandingssystem var 50 ppm N og 30 ppm K tilstrækkelig ved dyrkning af *Hedera*. Det er en forudsætning for opnåelse af store udbytter ved lave næringsstofkoncentrationer, at de tilførte næringsstoffer ikke udfældes eller bindes til dyrkningsmediet.

Forsøgsresultaterne bekræfter, at den granulerede stenuld langsomt nedbrydes i kulturperioden under afgivelse af basiske forbindelser. Disse forøger pH i rodzonen, hvilket kan være årsag til udfældninger af næringsstoffer, først og fremmest fosfat, og nedgang i udbytte. – En tilvanding af den granulerede stenuld med fosforsyre i koncentrationerne 500 eller 1000 ppm fosforsyre-P, inden planterne stikkes, kan kun i mindre grad modvirke pH-stigningen i rodzonen i den efterfølgende kulturperiode.

7. Erkendtlighed

Projektet har været udført med støtte fra Statens jordbrugs- og veterinærvidenskabelige Forskningsråd (journ. nr. 513–5035). Det måle- og dataindsamlingsapparat, som har været anvendt, er tidligere bevilget til Frank Hejndorf af Statens almindelige Videnskabsfond (journ.nr. J 5/67). Væksthus og medhjælp har været stillet til rådighed af Statens Væksthusforsøg. Kemiske analy-

ser er udført af Statens Planteavlslaboratorier i Lyngby og Vejle, og EDB af forsøgsresultater er udført af Dataanalytisk Laboratorium. Projektgruppen takker de nævnte institutioner for deres betydelige hjælp og medvirken.

8. Litteratur

- Brouwer, R.* (1962): Distribution of dry matter in the plant. *Neth.J.agric.Sci.* 10:361-376.
- Christensen, O. Voigt* (1971): Standardiseret dyrkning af potteplanter. I. *Hedera canariensis* Willd. 'Gloire de Marengo'. *Tidsskr.f.Planteavl* 75:322-336.
- Eriksson, L.* (1976): Ledningstal och pH-bestämning. Duplik.rapport, Lantbrukshögskolan, LBT, Lund, 2pp.
- Hejndorf, F.* (1974): Undervanding af planter i lukket system. VSOP rapport 2. *Gartner Tidende* 90:233-235.
- Jensen, C.R.* (1975): Effects of salinity in the root medium. II. Photosynthesis and transpiration in relation to superimposed water stress from change of evapo-

orative demands and of root temperature for short periods. *Acta Agriculturae Scandinavica* 25:72-80.

Kirkby, E.A. & K. Mengel (1967): Ionic balance in different tissues of the tomato plant in relation to nitrate, urea, or ammonium nutrition. *Plant Physiol.* 42:6-14.

- Pedersen, A. Magle* (1974): Næringsstoffers indflydelse på plantevækst. b. orienterende VSOP-undersøgelse. VSOP rapport 7. *Gartner Tidende* 90:374-375.
- Pedersen, A. Magle & B. Friis-Nielsen* (1974): Vandingsmetodik og udbytter i *Hedera*. VSOP rapport 9. *Gartner Tidende* 90:458-459.
- Willumsen, J.* (1974): Plantens vækst og næringsstofindhold som funktion af næringsopløsningens koncentration og tilførselshastighed på forskellige udviklingsstadier af *Chrysanthemum morifolium* Ram. Licentiatafhandling, Væksthusafd., Den kgl. Vet.- og Landbohøjsk. København, pp. 131 m. 48 bilag.
- Willumsen, J.* (1976): Mindre risiko for saltophobning. *Gartner Tidende* 92:149.

Manuskript modtaget 16. maj 1977.