

Undersøgelser af vækstfaktorer ved produktion af potteplanter (*Hedera*) i væksthush. II. Årstidsbestemte variationer i vækst, næringsstofoptagelse og tørstof/friskvægt forhold ved varierende tilførsel af N, P og K*

*Investigations on growth factors in the production of pot plants (*Hedera*) under glasshouse conditions. II. Seasonal variations in growth, uptake of nutrient elements and in dry to fresh weight ratio with varying supplies of N, P and K*

Bodil Friis-Nielsen

Hydroteknisk Laboratorium. Den kgl. Veterinær- og Landbohøjskole

Resumé

Enhedsjord (Fruhstorfer Erde) og vandabsorberende granuleret stenuld anvendtes som dyrkningsmedier for *Hedera canariensis* Willd. 'Gloire de Marengo' i potter undervandet med konstant cirkulerende næringsstofopløsninger i et sommer- og et vinterforsøg med samme tilførsler af N, P og K i forskellige kombinationer.

I enhedsjord opnåedes maksimale udbytter både sommer og vinter med koncentrationerne 25 ppm først og 50–100 ppm N senere i vækstperioden, 10 ppm P og 50–100 ppm K gennem hele vækstperioden.

I granuleret stenuld forsinkede fosforbinding den tidlige P-optagelse og derved planternes væksthastighed, og den største koncentration af P, 20 ppm, var utilstrækkelig til opnåelse af de samme maksimale udbytter som i enhedsjorden. Trods forsinkelsen i P-optagelse og vækst syntes de bedste planter i stenuld efterhånden at vinde ind på planterne i enhedsjord som vist ved ændringer gennem vækstperioden i fordoblingstid, d.v.s. den tid i dage, der medgår til fordobling af stofproduktion eller næringsstofoptagelse.

I vinterforsøget, sammenlignet med sommerforsøget, var fordoblingstiden for tørstofproduktion og N-optagelse i sidste halvdel af vækstperioden omkring 50 procent, men for friskvægtproduktion og P-optagelse omkring 100 procent længere. Fordoblingstiderne var næsten konstante gennem planternes udvikling.

I løbet af en vækstperiode på 58 dage om sommeren og 137 dage om vinteren opnåedes næsten samme tørstofproduktion og samme optagelse af næringsstoffer ved identiske forsøgsbehandlinger, mens friskvægtproduktionen var betydeligt større i sommer- end i vinterforsøget med tilsvarende store forskelle i tørstof/friskvægt forhold (tørstofprocenter).

Ligeledes fandtes store variationer i tørstof/friskvægt forhold på forskellige tidspunkter eller i forskellige perioder i begge forsøg; men på samme tidspunkt eller i den samme periode var tørstof/friskvægt forholdene af samme størrelsesorden uanset forsøgsbehandling.

Tørstof/friskvægtforholdene afspejlede således klimatiske betingelser, i særlig grad virkningen af indstråling. Ligheder i tørstof- og forskelle i friskvægtproduktionen og i planternes morfologi sommer og vinter indikerer, at tørstofproduktionen i vinterperioder er afhængig af den akkumulerede indstråling, mens friskvægtproduktionen er afhængig af lysintensitet.

Relationerne mellem plantehøjde og stofproduktion viste, at plantehøjde kan være en brugbar udbytteparameter for planter dyrket i en given periode. Derimod er plantens alder, højde og friskvægt-

* Publikation nr. 12 fra projektet: Vækstfaktorer til styring af optimal potteplanteproduktion. (VSOP).

udbytte i modsætning til tørstofudbytte utilstrækkelige udtryk for planteudviklingstrin, når planter dyrket i forskellige perioder sammenlignes.

Referenceværdier, kendetegnende en »ideel« plante, blev beregnet på grundlag af de opnåede maksimumværdier for væksthastighed, tørstof- og friskvægtproduktion og optagelse af N, P, K, Ca og Mg i planternes overjordiske dele. Referenceværdierne omfattede den daglige tilvækst og totaludbytter i friskvægt og tørstof og den daglige og den totale optagelse af de nævnte næringsstoffer tilligemed deres indbyrdes mængdeforhold for N = 100.

Nøgleord: Vækst- og optagelseshastigheder, fordoblingstider, referenceværdier. »Idealplanten«.

Summary

Unit soil (Fruhstorfer Erde) and water-absorbing granulated rockwool (Grodan) were used as growth media for *Hedera canariensis* Willd. 'Gloire de Marengo' in pots watered from below with constant circulating nutrient solution and with the same variations in concentrations of N, P and K in a summer and a winter experiment.

In the unit soil maximum yields of fresh and dry matter and of N, P and K were obtained in both experiments at concentrations of 25 ppm first and 50–100 ppm N later in the growth period, of 10 ppm P and 50–100 ppm K all the time (Table 1 and Figs. 1, 2, 4, 5, and 6).

In the granulated rockwool P fixation retarded early P uptake and hence growth rate, and the largest concentration of P, 20 ppm, was insufficient to produce the same high yields as in the unit soil (Table 1 and 3). Despite the delay in P uptake and in growth rate the best plants in the rockwool, however, eventually seemed to gain on those in unit soil indicated by changes during the growth period in doubling time (the time in days required for doubling dry or fresh matter production or uptake of nutrient elements) (Table 2 and Fig. 7).

In both unit soil and in rockwool the doubling times for the best plants in the last part of the growth period were prolonged in the winter experiment by about 50 per cent for dry matter production and N uptake and by about 100 per cent for fresh matter and P uptake compared with those in the summer experiment (Table 2). The doubling times were almost constant throughout the growth period.

With identical treatments almost the same dry matter production and the same uptake of nutrient elements were obtained for a growth period of 58 days in the summer and of 137 days in the winter experiment. The fresh matter production, however, was considerably larger in the summer than in the winter experiment with corresponding large differences in dry to fresh matter ratios (Tables 1, 5 and 7).

Large variations in dry to fresh matter ratios were further found at different times and for different periods in both experiments whereas treatments hardly affected the ratios when compared at a given time or for a given period (Table 5). Thus the dry to fresh matter ratios reflected effects of climatic conditions, especially that of light.

The similarity in dry matter and the differences in both fresh matter production and the morphology of the plants in summer and winter (Fig. 4 and Table 4) indicate, that the production of dry matter in winter depends on the accumulated radiation, whereas the production of fresh matter depends on light intensity.

The relations between height and production of dry and fresh matter showed that height can be used as a parameter for yield for plants grown in a given period. (Fig. 8). On the other hand, age, height and fresh matter weight contrary to dry matter weight, are inadequate expressions of stage of plant development in comparison between plants grown in different periods.

Reference values characterizing an 'ideal' plant were based on the obtained maximum values of growth rate, dry and fresh matter production and of uptake of N, P, K, Ca, and Mg in the arial parts of the plants. The estimations included daily increases in and total yields of dry and fresh matter

production and daily increases in uptake and the total yields of the above nutrient elements together with the chemical composition related to $N = 100$ (Fig. 9 and Tables 6 and 7).

The results indicate close and generally valid relationships between dry matter production and growth factors, implying the possibility to control optimal plant production according to the same and relatively simple principles, applicable for a number of plant species.

Key words: Rates of growth and uptake. Doubling times. Reference values. The 'ideal' plant.

Indledning

Hedera canariensis Willd. 'Gloire de Marengo' blev anvendt som testplante ved undersøgelser af kontrollerede og registrerede vækstfaktorer indflydelse på udbytter og næringsstofoptagelse ved produktion af potteplanter i væksthush. Planterne blev dyrket i potter med 1 plante i hver potte og i to dyrkningsmedier, enhedsjord (Fruhstorfer Erde, type P) og vandabsorberende granuleret stenudd (Grodan) i en sommerperiode fra 1/5 til 27/6 1973 og i en vinterperiode fra 19/11 1973 til 5/4 1974. Planterne var anbragt på måtter på borde med 48 stk. pr. m² og blev forsynet med vand og næringsstoffer ved undervanding med konstant cirkulerende næringsstofopløsninger (Hejndorf 1974) af varierende koncentration og sammensætning. Virkninger af lave næringsstofkoncentrationer ønskedes undersøgt, og den kraftige cirkulation af næringsstofopløsningerne gjorde dette muligt.

Forsøgsmetodik og virkninger af dyrkningsmedier og varierende næringsstofkoncentrationer på udbytter i friskvægt og tørstof er detaljeret behandlet af Willumsen og Pedersen (1977).

Formålet med undersøgelserne er at klarlægge principper for styring af optimal potteplanteproduktion i væksthush, og en nødvendig forudsætning herfor er at etablere referenceværdier, der karakteriserer den ideelle plante. Denne må søges virkeliggjort ved dyrkning af planter under tilstræbt optimale vækstbetingelser og er i nærværende arbejde identificeret med de planter, der gav maksimalt udbytte.

Arbejdet omfatter fremstilling af vækstkurver og optagelseskurver til bestemmelse af væksthastighedens og næringsstofoptagelsens afhængighed af vækstperiode, dyrkningsmedium og næringsstofftilførsel.

Målinger af morfologiske karakteristika er anvendt til beskrivelse af vækstperiodens indflydelse på planternes morfologi.

Metodik

Næringsstofftilførsel og symboler

En fuldstændig oversigt over anvendte næringsstofkoncentrationer i de cirkulerende opløsninger er givet af Willumsen og Pedersen (1977).

Her skal blot gentages, at:

N₁, N₂ og N₃ symboliserer konc. 25, 50 og 100 ppm N
P₁, P₂ og P₃ symboliserer konc. 5, 10 og 20 ppm P
K₁, K₂ og K₃ symboliserer konc. 30, 55 og 105 ppm K

I stenudd anvendtes samtlige 27 kombinationer af de tre næringsstoffer. I enhedsjord anvendtes alle kombinationer ved 10 ppm P (P₂), der derfor udelades i det følgende ved symbolisering af kombinationerne.

Kemiske planteanalyser

Efter tørring af de overjordiske plantedele ved 100°C i 1 time og ved 80°C i 24 timer blev der analyseret for total N, P, K, Ca, Mg og Na ved Statens Planteavls-Laboratorium i Vejle. Følgende analysemetoder blev anvendt:

N: Vådforaskning med brintoverilte og svovlsyre, derefter spektrofotometrisk bestemmelse med basisk fenol og natriumhypoklorit.

P: Tørforaskning ved 550°C. Spektrofotometrisk bestemmelse med ammoniummolybdat og ammoniumvanadat.

K og Na: Tørforaskning ved 550°C. Bestemmelse ved flammeemission på flammefotometer med intern lithiumstandard.

Ca og Mg: Tørforaskning ved 550°C. Bestemmelse ved atomabsorption efter tilsætning af strontiumnitrat.

Tabel 1. Udbytter i friskvægt og tørstof samt optagelse af N, P og K af planter (overjordiske dele) i stenuld og enhedsjord på forskellige tidspunkter af vækstperioden. Resultaterne er gennemsnitsværdier ved forskellige kombinationer af forsøgsbehandlingerne, som er ordnet efter stigende endelige udbytter i sommerforsøget. *Yields of fresh and dry matter and corresponding uptake of N, P, and K of plants (aerial parts) in granulated rockwool and unit soil at various times of the growth period. Means of results obtained from various combinations of treatments arranged in order of increasing final yields in the summer experiment.*

Behandling <i>Treatment</i>	Tid* <i>Time*</i>	Højde <i>Height</i> cm		Friskvægt <i>Fresh weight</i> g/plt.		Tørstof <i>Dry matter</i> g/plt.		N mg/plt.		P mg/plt.		K mg/plt.			
		S	V	S	V	S	V	S	V	S	V	S	V		
Stenuld															
Rockwool															
P ₁	N ₃	1	10	14	2,60	2,76	0,55	0,35	9	9	0,7	0,8	12	15	
		2	18	26	3,60	4,56	0,83	0,74	14	16	0,9	1,2	18	31	
		3	50	61	18,0	12,4	2,81	2,87	40	41	2,8	2,3	56	73	
	N _{1, 2}	1	11	13	2,85	2,72	0,59	0,35	10	9	0,8	0,9	13	16	
		2	23	29	4,70	5,41	0,94	0,86	16	18	1,2	1,6	23	36	
		3	59	66	21,7	15,8	3,72	3,60	48	52	3,4	3,3	72	88	
	P ₂	N _{1, 2, 3}	1	11	12	2,97	2,74	0,62	0,34	11	9	0,9	1,0	14	15
			2	24	28	5,04	5,50	1,02	0,86	18	20	1,4	1,8	24	37
			3	62	68	24,5	18,2	4,27	4,11	59	66	4,6	4,5	84	96
P ₃	N ₃	1	11	13	2,91	3,00	0,62	0,38	11	11	0,8	1,3	13	17	
		2	23	29	4,80	6,03	0,95	0,93	17	22	1,5	2,2	23	40	
		3	66	70	28,6	20,4	4,90	4,50	76	81	7,7	6,5	104	105	
P ₃	N _{1, 2}	1	11	12	2,89	2,74	0,60	0,33	11	9	0,9	1,2	13	15	
		2	25	27	5,25	5,71	1,03	0,87	19	21	1,7	2,3	24	36	
		3	69	63	30,5	18,9	5,40	4,37	82	82	8,9	7,1	109	96	
Enhedsjord															
Unit soil															
	N ₁	1	16	15	4,20	3,75	0,74	0,52	16	15	2,6	2,9	19	21	
		2	31	37	8,63	8,71	1,66	1,34	33	35	5,3	5,4	44	53	
		3	82	89	42,4	27,6	6,97	6,14	97	82	13,9	12,7	156	142	
	N _{2, 3}	1	17	15	4,30	3,63	0,78	0,49	17	14	2,8	2,9	19	20	
		2	30	36	8,00	8,28	1,48	1,28	31	34	5,0	5,3	39	51	
		3	82	94	45,7	32,0	7,90	7,18	134	126	14,8	14,5	160	148	

S: sommer (summer)

* 1 S: 10/5; V: 10/1

V: vinter (winter)

2 S: 24/5; V: 13/2

3 S: 27/6; V: 5/4

Resultater

Næringsstofførsel og udbytter

I tabel 1 er der gjort nærmere rede for næringsstofførsels indflydelse på friskvægt- og tørstofproduktion og på optagelsen af N, P og K i planterne i både stenuld og enhedsjord og fra både sommer- og vinterforsøg.

Forsøgsbehandlingerne er ordnede i rækkefølge efter deres indflydelse på størrelsen af de endelige udbytter i sommerforsøget såvel med hensyn til friskvægt og tørstof som til næringsstoffoptagelse. Alle resultater af K tilførsler indgår i gruppernes gennemsnitsværdier. Forskellene fra

gruppe til gruppe var gennemgående signifikante på 0.05-niveauet.

For planter i stenuld fandtes stigende udbytter med stigende P-tilførsel uanset tilførslen af N og K. P_1 - og P_3 -grupperne er dog yderligere delt op i to grupper med N_3 tilførsel i den ene og med $N_{1,2}$ tilførsel i den anden, da N_3 tilførsel sammenlignet med lavere N tilførsler syntes at reducere udbytterne både sammen med P_1 - og P_3 tilførsler. En undtagelse var forsøgsled $N_3P_1K_2$, der både i sommer- og vinterforsøget gav udbytter af samme størrelsesorden som i P_2 -gruppen. Dette forsøgsled er udeladt i beregningerne.

For planter i enhedsjord er kun opstillet to grupper med N_1 tilførsel i den ene og $N_{2,3}$ tilførsel i den anden.

Betragtes resultaterne ved endelig høst af planter i stenuld og enhedsjord i sommerforsøget, ses

en tydelig stigning i udbytter og optagelse af N, P og K efter denne gruppering af forsøgsbehandlingerne, og det samme er tilfældet i vinterforsøget på nær nogle få undtagelser. For planter i stenuld gav P_3 -gruppen således større udbytter sammen med N_3 end med $N_{1,2}$ -tilførsel. Standardafvigelserne inden for grupperne var omkring dobbelt så store som i sommerforsøget.

På grundlag af de store forskelle i lysforhold og i vækstperiodernes længde er det bemærkelsesværdigt at finde så store overensstemmelser mellem de ensbehandlede sommer- og vinterplanter med hensyn til tørstof- og næringsstofindhold ved endelig høst.

Det kan konkluderes ud fra tabel 1, at fosfor har været en afgørende mangelfaktor i stenuld, mens kvælstof har været en afgørende mangelfaktor i enhedsjord.

g friskvægt pr. plante
g fresh weight per plant

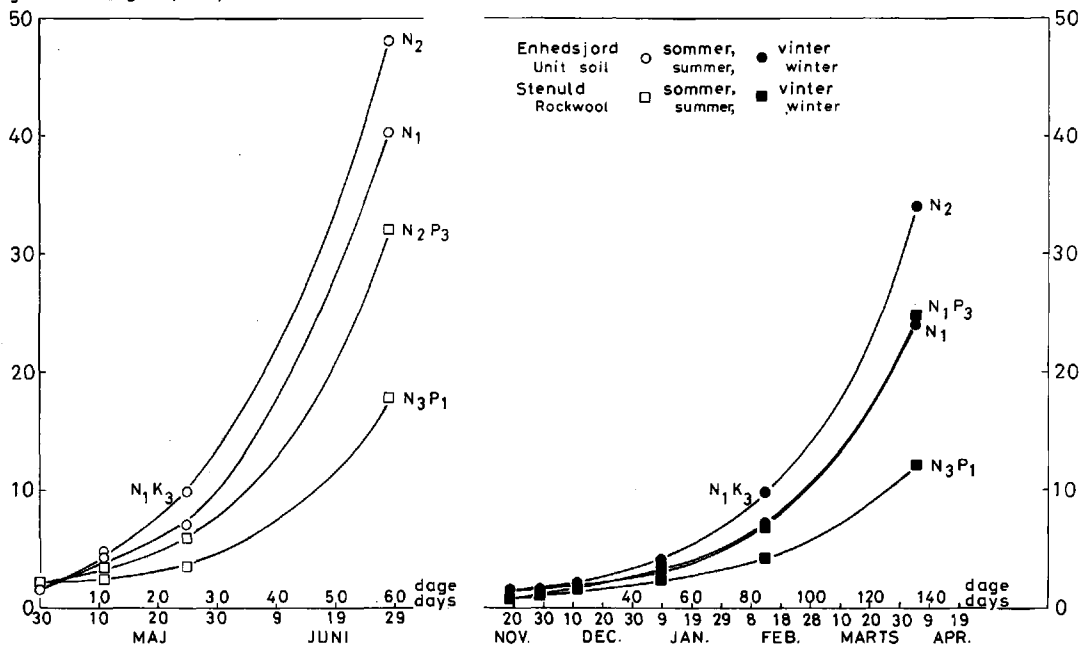


Fig. 1. Maksimum og minimum friskvægtudbytte som funktion af væksttid angivet som datoer og som antal dage fra forsøgets begyndelse. (Abscissenheden i sommerforsøget dobbelt så stor som i vinterforsøget).

Maximum and minimum yield of fresh matter as function of time set out as dates and number of days from the start of the experiment. (The unit of the abscissa referring to the summer experiment twice that referring to the winter experiment).

g tørstof pr. plante
g dry matter per plant

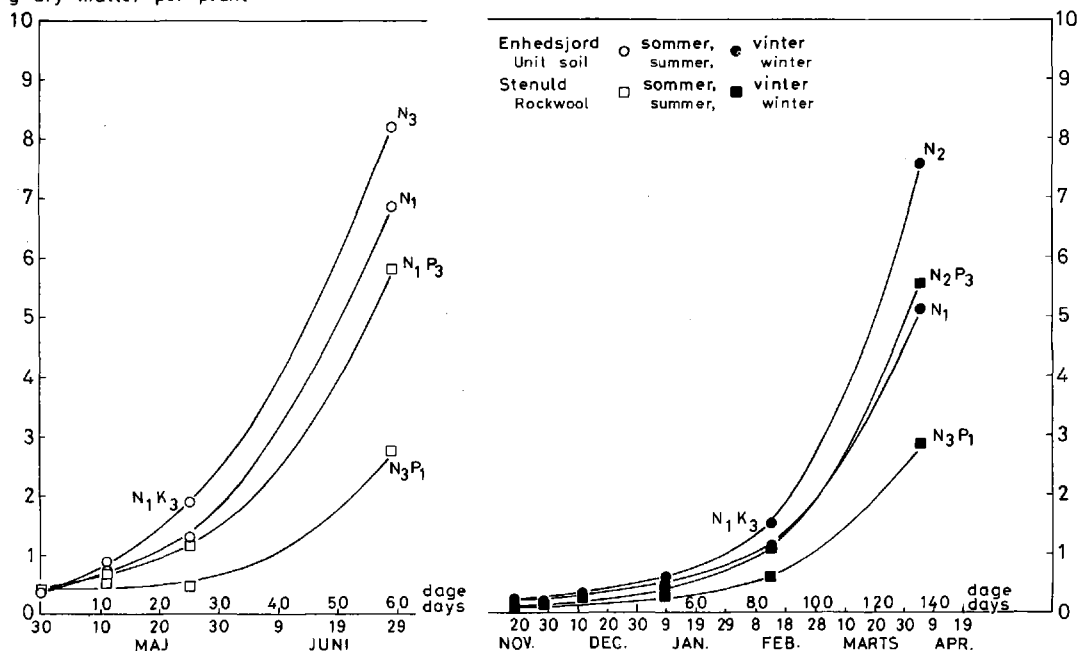


Fig. 2. Maksimum og minimum tørstofudbytte som funktion af væksttid angivet som datoer og som antal dage fra forsøgets begyndelse. (Abscisseenheder som i fig. 1).

Maximum and minimum yield of dry matter as function of time set out as dates and number of days from the start of the experiment. (Units of abscissa as in Fig. 1).

Vækstkurver

Figurerne 1, 2 og 3 viser udbytter af overjordiske plantedele i henholdsvis friskvægt og tørstof i g pr. plante, samt plantehøjde i cm som funktion af tidspunkt eller antal dage i de to vækstperioder. Skalaenheden på abscissen (1 dag) er af praktiske grunde valgt dobbelt så stor i sommerforsøget som i vinterforsøget, nogenlunde svarende til, at sommerperioden var omkring halvt så lang som vinterperioden, henholdsvis 58 og 137 dage.

Vækstkurverne for henholdsvis enhedsjord og stenuld er baseret på højeste og laveste udbytter af planter ved hvert udtagningsstidspunkt, således at de øvrige opnåede resultater ligger mellem kurverne. For udvalgte data er de udslagsgivende næringsstoffer angivet ved deres symboler.

Figurerne viser:

1) gennemgående større udbytter i frisk- og tør-

vægt af planter i enhedsjord end i stenuld uanset næringsstoffertilførsel både i sommer- og vinterperioden (Fig. 1 og 2).

- 2) næsten samme endelige maksimum tørstofproduktion sommer og vinter for hver af de to dyrkningsmedier – i enhedsjord ved tilførsel af kombinationer med N_2 og N_3 – og i stenuld med P_3 (Fig. 2). For stenuld næsten samme endelige minimum tørstofproduktion sommer og vinter, men for enhedsjord væsentlig lavere minimum tørstofproduktion om vinteren end om sommeren (N_1).
- 3) mindre endelig friskvægtproduktion om vinteren end om sommeren (Fig. 1) svarende til en højere tørstofprocent i vinterforsøget (22–24%) end i sommerforsøget (16–18%).
- 4) almindeligvis største plantehøjder i enhedsjord både sommer og vinter og gennemgående

større plantehøjder i vinterperioden end i sommerperioden både i stenuld og enhedsjord (Fig. 3).

Optagelseskurver

Optagelseskurverne i fig. 4, 5 og 6 viser optagne mængder af N, P og K i mg pr. plante som funktion af tidspunkt eller antal dage i de to vækstperioder. Samme abscisseenheder er anvendt som for vækstkurverne, og ligesom for disse er optagelseskurverne baseret på højeste og laveste udbytter af de tre næringsstoffer gennem tiden for henholdsvis stenuld og enhedsjord, således at de øvrige opnåede resultater ligger mellem kurverne. For udvalgte data er de udslagsgivende næringsstoffer angivet ved deres symboler.

Figurerne viser i analogi med beskrivelsen af vækstkurverne:

- 1) større optagelse af de tre næringsstoffer for planter i enhedsjord end i stenuld uanset næringsstoftilførsel både sommer og vinter med få undtagelser for N og K, men ikke for P.
- 2) for hver af de to dyrkningsmedier næsten samme endelige maksimum optagelse af de tre næringsstoffer sommer og vinter – i enhedsjord ved tilførsel af kombinationer med enten N_2 og N_3 – og i stenuld ved tilførsel af kombinationer med P_3 . For stenuld næsten samme endelige minimum optagelse af N og P sommer og vinter, men for enhedsjord lavere minimum optagelse af N, P og K – svarende til den lavere minimum tørstofproduktion om vinteren end om sommeren (N_1).

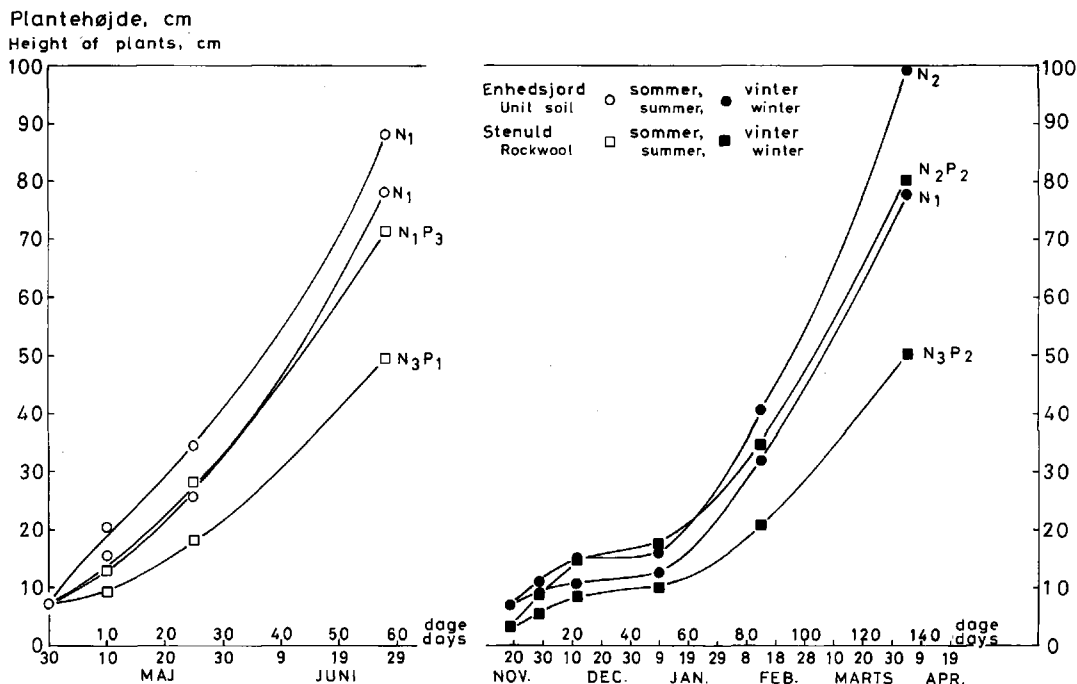


Fig. 3. Maksimum og minimum plantehøjde som funktion af væksttid angivet som datoer og som antal dage fra forsøgets begyndelse. (Abscisseenheder som i fig. 1).

Maximum and minimum height of plant as function of time set out as dates and number of days from the start of the experiment. (Units of abscissa as in Fig. 1).

Diskussion

Fordoblingstider og forsinkelser i vækst og næringsstofoptagelse

Vækstkurver (Fig. 1, 2 og 3) og optagelseskurver (Fig. 4, 5 og 6) følger det samme mønster: stigende vækst og stigende næringsstofoptagelse pr. tidsenhed med planternes udvikling. Forskelle i kurvernes form sommer og vinter (obs. forskellen i abscisseenhed) viser lysets indflydelse på planteproduktionen. Først efter den 13. februar, næsten 3 måneder efter vinterforsøgets begyndelse, kom der gang i plantevæksten, mens sommerforsøgets planter fik en hurtig start.

Vækst- og optagelseskurverne viser betydningen af en hurtig start for opnåelse af et stort udbytte på kortest mulig tid, og viser i hvor høj grad denne start både i sommer- og vinterforsøget var

afhængig af dyrkningsmedium og af næringsstofforforsel og -optagelse.

Planterne i stenuld gav både sommer og vinter og i alle vækstperioder laveste udbytter ved laveste P koncentration (P_1). Disse planter udviklede sig særligt langsomt. I sommerforsøget kom tørstofproduktion (Fig. 2) og optagelsen af N og P (Fig. 4 og 5) således ikke i gang før efter omkring 25 dages forløb. Også i vinterforsøget forsinkedes udviklingen yderligere ved den lave P tilførsel selv om hovedårsagen til den langsomme start her var lysmangel.

Planterne i enhedsjord klarede sig således bedre fra begyndelsen og fik derved et forspring i forhold til planterne i stenuld.

Efter kurverne at dømme ser det imidlertid ud til, at de bedste planter i stenuld var på vej til at

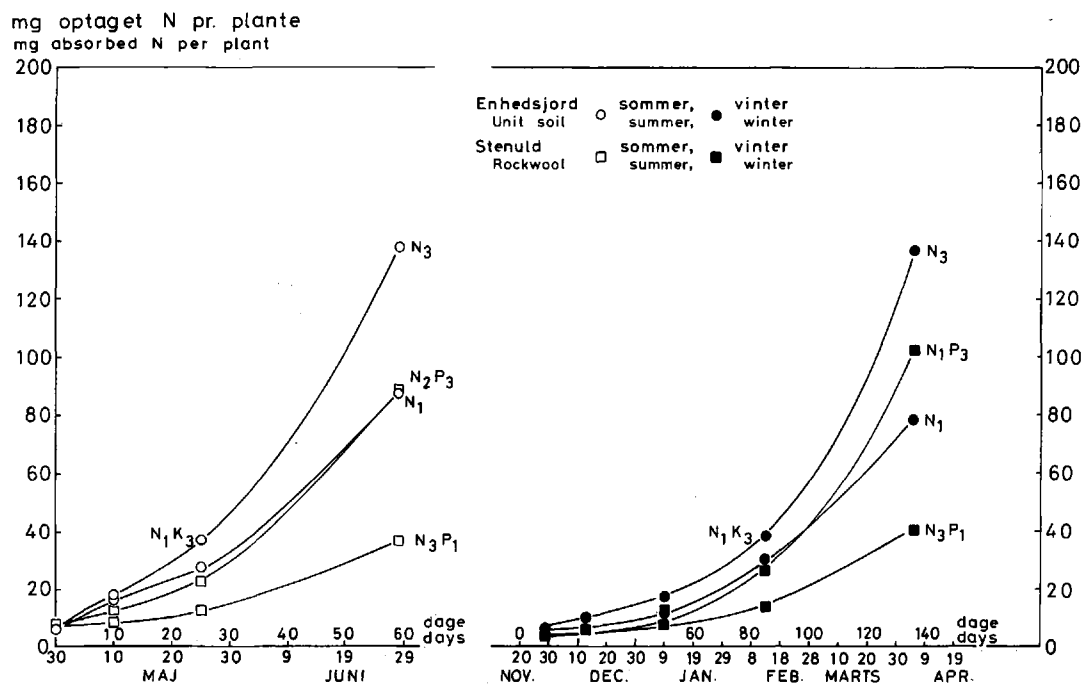


Fig. 4. Maksimum og minimum optagelse af N som funktion af væksttid angivet som datoer og som antal dage fra forsøgets begyndelse. (Abscisseenheder som i fig. 1).

Maximum and minimum uptake of N as function of time set out as dates and number of days from the start of the experiment. (Units of abscissa as in Fig. 1).

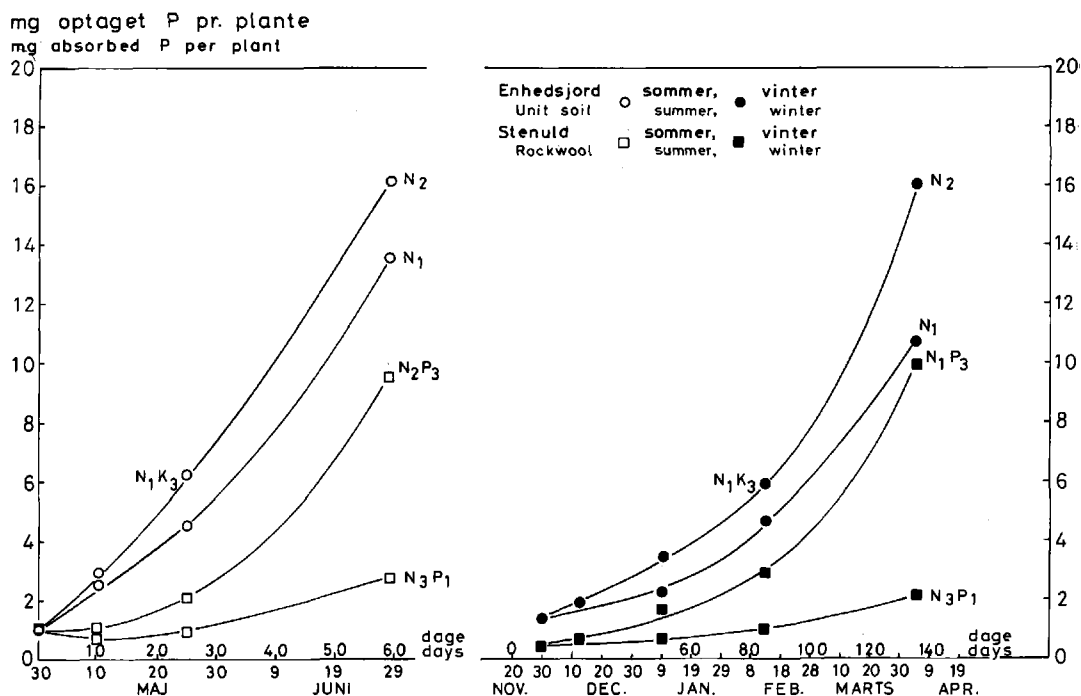


Fig. 5. Maksimum og minimum optagelse af P som funktion af væksttid angivet som datoer og som antal dage fra forsøgets begyndelse. (Abscisseenheder som i fig. 1).

Maximum and minimum uptake of P as function of time set out as dates and number of days from the start of the experiment. (Units of abscissa as in Fig. 1).

indhente de bedste planter i enhedsjord med hensyn til stofproduktion og næringsstofoptagelse. Fortolkninger baseret på sammenligninger mellem de fremstillede kurver må dog tages med forbehold, da de »sande« kurver kan se anderledes ud end de forhåndenværende data er i stand til at beskrive.

Der er således mulighed for, at planterne i enhedsjord nåede et stadium, hvor væksthastigheden aftog på grund af indbyrdes konkurrence, og at det var grunden til, at planterne i stenuld med stadig stigende væksthastighed og næringsstofoptagelse tilsyneladende på kort tid kunne have opnået samme udbytter som planterne i enhedsjord.

Ved at anvende en logaritmisk ordinat ved fremstillingen af udbytter og næringsstofoptagelse som funktion af væksttid opnås næsten lineære sammenhænge som vist i fig. 7, hvor udbytter i tørstof er anvendt som eksempel.

Denne fremstillingsmåde blev anvendt for at finde »fordoblingstid« og »forsinkelse«. Ved fordoblingstid forstås den tid, der bruges af planten til at fordoble sin vægt af tørstof, friskvægt eller næringsstof. Ved forsinkelse forstås den mærtid, som planter med ringere vækstvilkår bruger for at nå en given produktion eller næringsstofoptagelse i sammenligning med planter under bedre betingelser.

I tabel 2 er for både sommer- og vinterforsøget vist fordoblingstider i dage for planter i enhedsjord og stenuld, og forsinkelser i dage for planter i stenuld i forhold til planter i enhedsjord. Der er anvendt middeltal af de højeste udbytter fra flere forsøgsbehandlinger, hvilket er årsag til afvigelser ved sammenligning med vækst- og optagelseskurverne i fig. 1, 2, 4 og 5, der hver især kun repræsenterer maksimale og minimale enkeltresultater. Tallene i parentes i tabel 2 er bestemt

ved ekstrapolationer af kurverne og er derfor behæftet med ret stor usikkerhed. Resultaterne i tabel 2 viser som ventet stor forskel på fordoblingstider sommer og vinter.

I sommerforsøget viste fordoblingstider for planterne i enhedsjord en tendens til at stige, og i særlig grad hvad angår P-optagelsen, mens de for planterne i stenuld viste tendens til at falde med planternes udvikling. Væksten i enhedsjord synes således at blive bremset, mens den forøgedes i stenuld med tiden. Som før nævnt kan det skyldes indbyrdes konkurrence mellem de hurtigt udviklede planter i enhedsjord, men der er også mulighed for, at højere temperatur i stenuld (gns. 2°C gennem hele væksttiden) kan have medvirket til øget vækst og næringsstofoptagelse i stenuldsplanterne (Willumsen, 1978).

I vinterforsøget aftog fordoblingstiderne med planternes udvikling både i enhedsjord og stenuld

og afspejler derved den samtidige forbedring i lysforhold. Da fordoblingstider – undtagen for tørstofproduktion – aftog relativt mest for planterne i stenuld i forhold til planterne i enhedsjord, aftog forsinkelserne for planterne i stenuld, og i særlig grad for P-optagelsen, med planternes udvikling.

Fordoblingstiderne og tidlige forsinkelser i væksten giver anledning til overvejelser med hensyn til udnyttelsen af væksthushold og energi. Under gode lysforhold tog det således ikke meget længere tid at producere fra 2,0 til 8,0 g end at producere fra 0,5 til 2,0 g tørstof pr. plante. Når denne tidlige periode i plantens udvikling yderligere forlænges på grund af uhensigtsmæssige dyrkningsforhold, som kan være vanskelige at konstatere, når der mangler referenceværdier, kan de økonomiske konsekvenser blive alvorlige. Under dårlige lysforhold kan den tidlige periode i

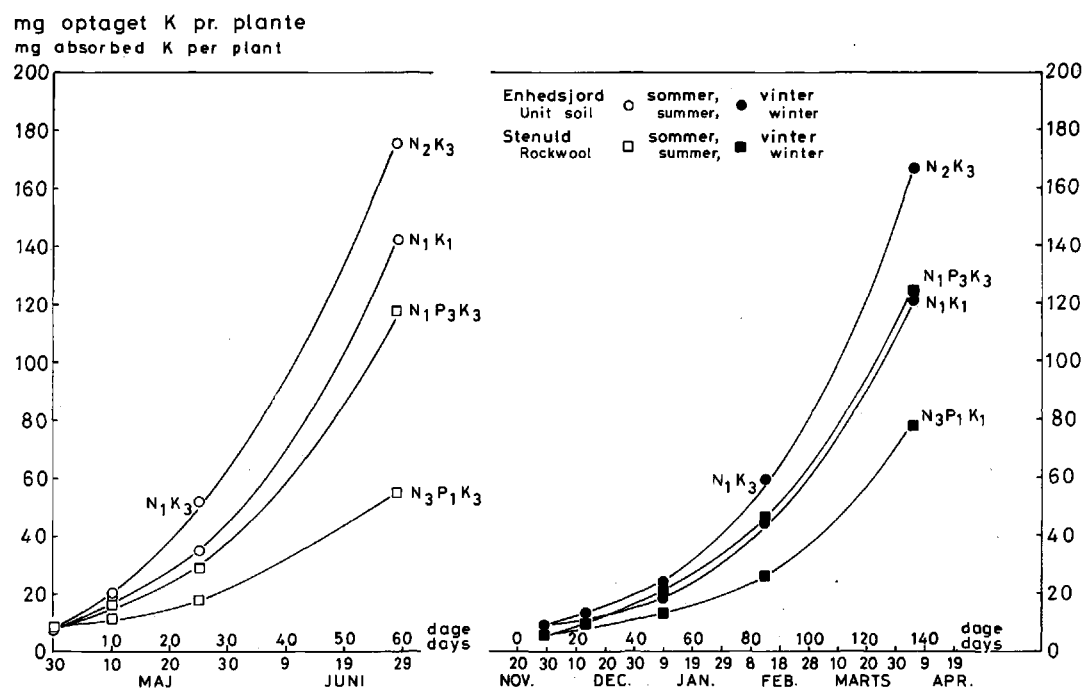


Fig. 6. Maksimum og minimum optagelse af K som funktion af væksttid angivet som datoer og som antal dage fra forsøgets begyndelse. (Abscissenheder som i fig. 1).

Maximum and minimum uptake of K as function of time set out as dates and number of days from the start of the experiment. (Units of abscissa as in Fig. 1).

Tabel 2. Antal dage brugt af de bedste planter i enhedsjord og stenuld til fordobling af udbytter i friskvægt og tørstof og til fordobling af optagelse af N og P gennem vækstperioden, samt det yderligere antal dage (forsinkelser), planterne i stenuld skulle bruge i forhold til planterne i enhedsjord for at opnå et givet udbytte eller en given optagelse af N og P.

Number of days required by the best plants in unit soil and rockwool for doubling yields in fresh and dry matter and uptake of N and P during the growth period, and the days in excess (time lag) the plants in rockwool compared with those in unit soil required in order to reach a given yield or uptake of N and P.

Fordobling af vægttrin <i>Doubling of weight level</i>		Fordoblingstid, dage <i>Doubling time, days</i>				Forsinkelser, dage <i>Time lag, days</i>		
		Sommer <i>Summer</i>		Vinter <i>Winter</i>		Vægttrin <i>Weight level</i>	Sommer <i>Summer</i>	Vinter <i>Winter</i>
		Enhedsjord <i>Unit soil</i>	Stenuld <i>Rockwool</i>	Enhedsjord <i>Unit soil</i>	Stenuld <i>Rockwool</i>	g/plt.	i stenuld <i>in rockwool</i>	
Friskvægt <i>Fresh weight</i>	g/plt.					2	-2	17
	2- 4	7	17	30	32	4	7	19
	4- 8	12	16	31	29	8	11	17
	8-16	14	13	29	26	16	10	14
	16-32	14	13	28	(26)	32	9,5	(13)
	32-64	(14)	(13)			64	(8)	
Tørstof <i>Dry matter</i>	g/plt.					0,5	0	11
	0,5-1,0	12	19	24	26	1,0	9	12
	1,0-2,0	12	14	23	21	2,0	8,5	9
	2,0-4,0	14	14	21	21	4,0	7,5	10
	4,0-8,0	14	14	(21)	(21)	8,0	(7)	(10)
N	mg/plt.					10	(8)	(16)
	10- 20	(14)	(18)	(27)	28	20	12	18
	20- 40	15	16	27	25	40	13	15
	40- 80	16	15	25	24	80	12	14
	80-160	(17)	(15)	(25)	(24)	160	(10)	(13)
P	mg/plt.					2	(28)	(55)
	2- 4	(16)	14	(45)	33	4	25	42
	4- 8	20	14	40	30	8	20	32
	8-16	23	14	34	(30)	16	(11)	(27)

plantens udvikling blive urimelig lang. Der tiltrænges yderligere undersøgelser med hensyn til relationerne mellem den årstidsbestemte lysmængde og produktionen (Friis-Nielsen, 1977).

Skal koncentrationer af tilførte næringsstoffer varieres gennem vækstperioden?

Da det ikke lykkedes i de to forsøg at opnå resultater i stenuld på højde med de største udbytter i enhedsjord, er der grund til at sammenligne med tilsvarende resultater fra et orienterende forsøg med samme *Hedera* varietet i stenuld og enhedsjord og med samme vandingsteknik, hvor lige

store udbytter blev opnået i de to dyrkningsmedier (Magle Pedersen og Friis-Nielsen, 1974). Forsøgsperioden var fra 18/4 til 27/6 og var derved næsten identisk med forsøgsperioden i nærværende arbejdes sommerforsøg. Koncentrationerne af tilførte næringsstoffer var imidlertid højere: for N, P og K henholdsvis 200, 30 og 200 ppm.

De maksimale udbytter fra planter i enhedsjord og stenuld er vist i tabel 3. Tørstofudbytterne er meget lig de maksimale udbytter i de to hovedforsøg, mens friskvægtudbytterne ligger midt imellem, muligvis forårsaget af den højere næringsstofkoncentration.

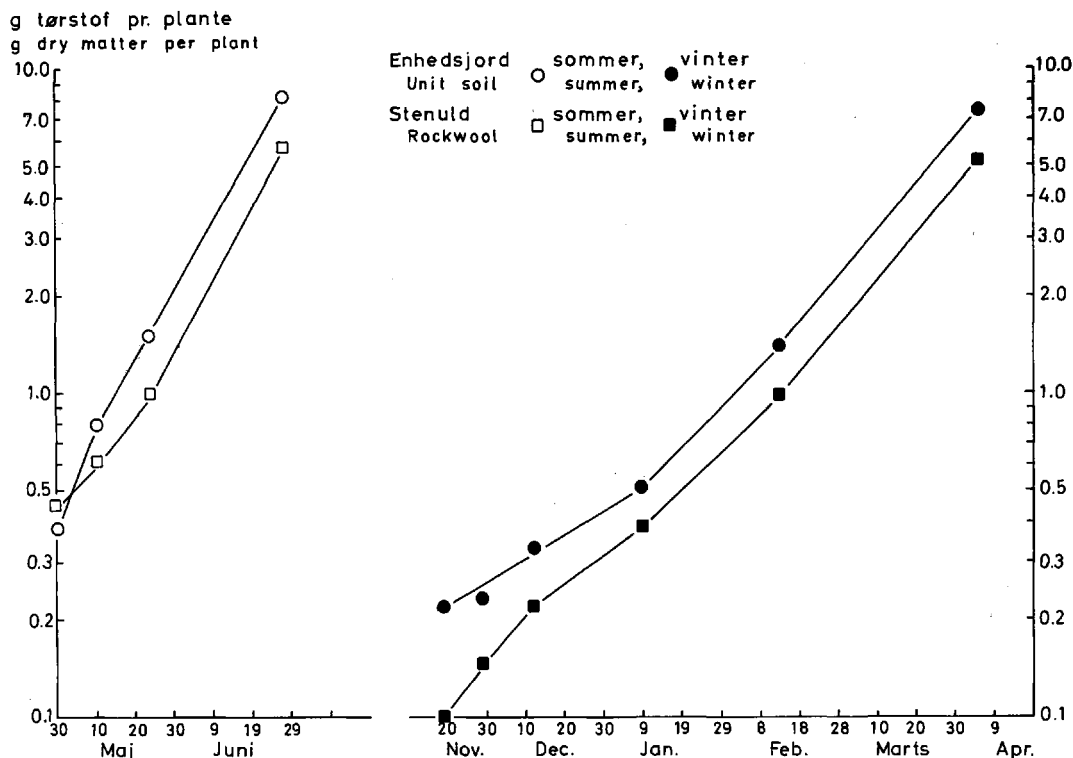


Fig. 7. Semilogaritmisk fremstilling af gennemsnitlige værdier af tørstofudbytter af de bedste planter i stenuld og enhedsjord som funktioner af væksttid.

Semilogarithmic representation of mean dry matter yields of the best plants in rockwool and unit soil as functions of time.

Næringsstofindholdet i planter med maksimalt udbytte dyrket i enhedsjord i sommerforsøget og i stenuld i det orienterende forsøg, i begge tilfælde høstet den samme dato med et års mellemrum,

var forbavsende ensartet hvad angår N og K (se tabel 1). Den store P-optagelse i planterne i stenuld i det orienterende forsøg må have været bestemmende for udbyttets størrelse. Optagelsen af

Tabel 3. Maksimaludbytter i friskvægt og tørstof samt tilsvarende optagelse af N, P og K i overjordiske dele af *Hedera* i granuleret stenuld og enhedsjord. Orienterende forsøg fra 18/4–27/6 1972. Tilførsel af N, P og K var henholdsvis 200, 30 og 200 ppm.

Maximum yields of fresh and dry matter and corresponding uptake of N, P and K in Hedera in rockwool and unit soil (aerial parts). Preliminary experiment from April 18th to June 27th 1972. Applications of N, P and K were respectively 200, 30 and 200 ppm.

	Friskvægt Fresh weight g/plt.	Tørstof Dry matter g/plt.	N mg/plt.	P mg/plt.	K mg/plt.
Stenuld (Rockwool)	35,6	7,62	139	17	176
Enhedsjord (Unit soil)	37,3	8,12	148	17	190

På betydeligt over P-indholdet i planterne i stenuld i hovedforsøgene og var også større end i planterne dyrket i enhedsjord i disse forsøg.

Der kan derfor næppe være tvivl om, at den højeste P-koncentration i hovedforsøgene, 20 ppm, ikke har været tilstrækkelig til at forsyne planterne i stenuld med tilstrækkeligt tilgængeligt fosfor.

Dette synes dog kun at have været tilfældet i den første del af vækstperioderne. For det første, fordi stofproduktion og P-optagelse i planterne i stenuld, iflg. diskussionen i det foregående afsnit, i den sidste del af vækstperioderne øgedes mere end i planterne i enhedsjord, og for det andet, fordi 30 ppm P anvendt i det orienterende forsøg ikke gav større maksimum tørstofproduktion end i hovedforsøgene trods en større endelig P-optagelse.

En relativ høj koncentration af P synes således at være nødvendig i begyndelsen af en vækstperiode ved dyrkning af planter i granuleret stenuld for at sikre, at vækstprocesserne kommer i gang, mens den fortsatte vækst kan klare sig ved lavere koncentrationer. Denne fortolkning af resultaterne er i overensstemmelse med, at fosfat bindes i stenuld i forbindelse med meget høje pH-værdier i dette dyrkningsmedium, når det foreligger i granuleret tilstand (Willumsen, 1974 og 1978). En mætning med tiden af stenuldens kapacitet for fosfatbinding kan forklare den stærke stigning i P-optagelse og i tilvækst i den sidste del af vækstperioderne til trods for vedvarende høje pH-værdier, omkring 9, i dette dyrkningsmedium (Willumsen og Pedersen, 1977).

I enhedsjord, hvor kvælstof var den afgørende mangelfaktor, synes omvendt den laveste N-tilførsel, N_1 , at have været tilstrækkelig i de første vækstperioder, men utilstrækkelig i den sidste periode. Den varierende kvælstoftilførsel gav kun små afvigelser i udbytter og næringsstofoptagelse på de tidligste tidspunkter i vækstperioderne, og kombinationen N_1K_3 gav både den 24/5 i sommerforsøget og den 13/2 i vinterforsøget de højeste udbytter og den største næringsstofoptagelse som vist i figurene 1, 2, 4, 5 og 6.

Planternes friskvægtudbytte var på disse to tidspunkter meget lig hinanden, fig. 1.

Ved den fortsatte næringsstofoptagelse og vækst var den laveste N-tilførsel imidlertid utilstrækkelig, mens 50 ppm var tilstrækkelig til produktion af maksimale udbytter.

Plantevækst og morfologi

Fig. 3 viser planternes maksimum- og minimum-højder, opnået i henholdsvis stenuld og enhedsjord i sommer- og vinterforsøget som funktion af tidspunkt eller vækstperiodens længde i antal dage.

Sammenlignet med forløbet af vækstkurverne for friskvægt og tørstof er forløbet af vækstkurverne for plantehøjde i vinterforsøget ejendommeligt. I de første 20 dage voksede planterne omkring 10 cm, men gik så omtrent i stå i de følgende 30 dage, hvorpå en stærkt stigende tilvækst begyndte. Åbenbart har der været tale om en strækningsvækst uden samtidig forløbende tørstofproduktion og senere en svag tørstofproduktion uden længdevækst.

Plantehøjde var ikke på samme måde som tør- og friskvægtproduktion afhængig af forsøgsbehandlingerne sommer og vinter. De salgstjenlige planter opnåede de største højder i vinterforsøget, og i sommerforsøget fandtes både største og mindste plantehøjde i disse planter ved den laveste kvælstoftilførsel (Fig. 3).

Umiddelbart synes der således ikke at være nogen sammenhæng mellem plantehøjde og stofproduktion, men forholdene kompliceres af de klimatiske faktorerens varierende indflydelse på produktionen af tørstof og friskvægt.

Dette er søgt klarlagt i fig. 8, hvor data fra tabel 1 er anvendt til fremstilling af relationerne mellem plantehøjde og henholdsvis tørstof- og friskvægtproduktion sommer og vinter. De bagved liggende kausale faktorer er tid og forsøgsbehandlinger. Af sidstnævnte var N- og P-tilførsler afgørende for udbytternes størrelse i henholdsvis enhedsjord og granuleret stenuld og er derfor angivet ved de relevante data.

Af kurverne i koordinatsystemet til venstre fremgår, at vinterplanterne var højere end sommerplanterne ved givne tørstofvægttrin og ved samme forsøgsbehandling (lodrette stiplede linier).

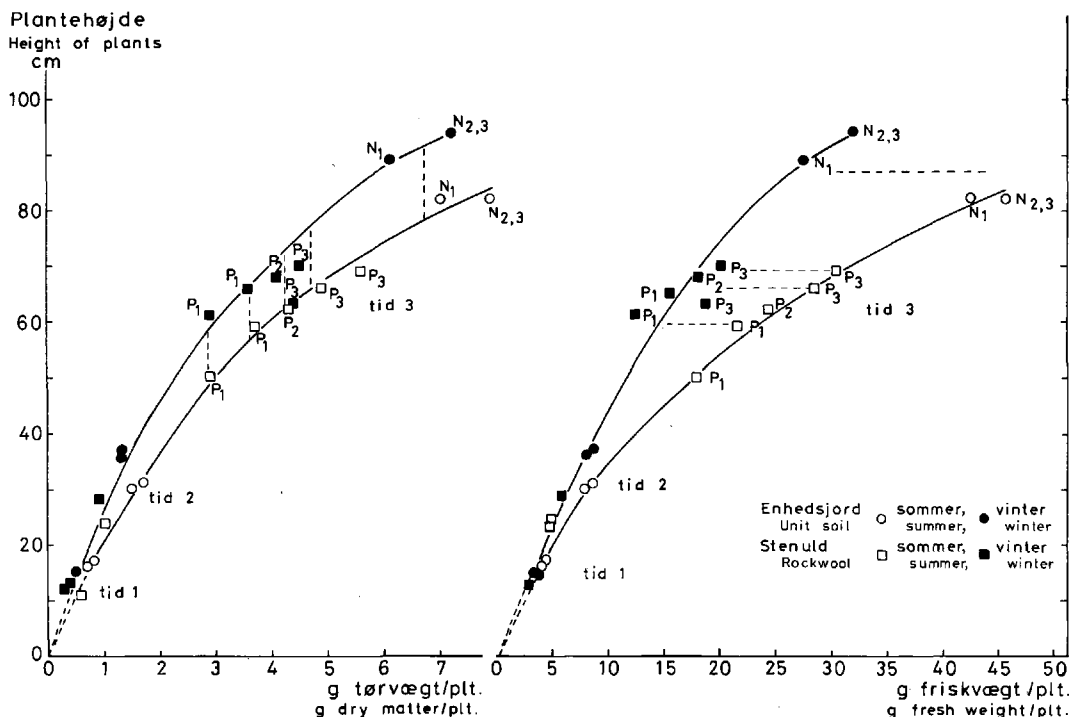


Fig. 8. Planthøjde som funktion af tørstof- og friskvægtudbytte med tid og næringsstoftilførsel som kausale faktorer.

Height of plant as function of dry and fresh matter yield with time and nutrient application as causal factors.

Relationerne var mere indviklede mellem forsøgsbehandling, højde og friskvægtproduktion som vist i koordinatsystemet til højre. Også her var der en højdeforskel mellem sommer- og vinterplanter ved givne vægttrin af friskvægt, men da samme forsøgsbehandling gav betydeligt større friskvægtudbytter om sommeren end om vinteren, udlignedes højdeforskellen i relation til udbytteforskellen (vandrette stiplede linier).

Når disse forhold tages i betragtning, viser den tydelige sammenhæng mellem plantehøjde og stofproduktion, at plantehøjde kan være en værdifuld udbytteparameter for planter dyrket i en given periode.

Samtidig viser relationerne, at hverken plantens alder, dens højde eller friskvægtudbytte var brugbare udtryk for dens udviklingstrin anvendt som basis for sammenligninger mellem planter

dyrket på forskellig tid og som basis for fortolkninger af resultater af forsøgsbehandlinger. Som foreslået af Nielsen (1973) er 'tørstofvægttrin' derimod et veldefineret udtryk for udviklingstrin hvilket bekræftes af resultaterne i den foreliggende undersøgelse ved forsøgenes afslutning, hvor samme tørstofmængde var knyttet til samme forsøgsbehandling i sommer- og vinterforsøget.

I tabel 4 er givet gennemsnitsværdier omfattende resultater for alle næringsstoftilførsler til stenuld og enhedsjord af målinger af forskellige morfologiske plantekarakteristika gennem vækstperioderne i sommer- og vinterforsøget.

Tabellen viser, at antallet af blade (med længde > 1 cm) pr. plante var større, og at de sad tættere i vinter- end i sommerforsøget uanset dyrkningsmedium.

Dette overraskende resultat gør det rimeligt

Tabel 4. Nogle morfologiske kendetegn for planterne i stenuld og enhedsjord på forskellige tidspunkter i sommer- og vinterforsøget. Gennemsnitværdier af alle forsøgsbehandlinger.

Some morphological characteristics of plants in rockwool and unit soil at various times in the summer and winter experiment. Means of all treatments.

Forsøg <i>Experiment</i>	Dato <i>Date</i>	Højde <i>Height</i>	Antal bl. <i>Number of</i> leaves > 1 cm pr. plt.	Inter- nodier <i>Inter- nodes</i>	Friskvægt <i>Fresh weight</i>			Tørstof <i>Dry matter</i>			Tørstof % <i>D.M. pct.</i>		Længde af <i>Length of</i>		Antal sideskud <i>Number of</i> axil. sh. > 1,5 cm pr. plt.	
					Blade <i>Leaves</i> g/plt.	Stængl. <i>Stems</i> g/plt.	Bl./st. <i>l/s</i>	Blade <i>Leaves</i> g/plt.	Stængl. <i>Stems</i> g/plt.	Bl./st. <i>l/s</i>	Blade <i>Leaves</i>	Stængl. <i>Stems</i>	5. blad <i>5. leaf</i> cm *	8. blad <i>8. leaf</i> cm *		
<i>Stenuld</i>																
<i>Rockwool</i>																
Sommer Summer	{	10/5	11,0	3,4	3,2									0	0	0
		24/5	23,5	5,7	4,1	3,17	1,70	1,9	0,71	0,27	2,6	22,4	15,9	4,8	0	0
		27/6	62,6	13,7	4,6	13,94	11,27	1,2	2,66	1,72	1,5	19,1	15,3	6,0	6,7	2,2
Vinter Winter	{	10/1	12,7	5,5	2,3									4,7	(3,9)	0
		13/2	27,8	8,4	3,3	3,65	1,86	2,0	0,62	0,24	2,6	17,0	12,9	6,8	5,1	0
		5/4	65,8	16,7	3,9	10,30	7,21	1,4	2,43	1,54	1,6	23,6	21,4	6,5	7,0	0
<i>Enhedsjord</i>																
<i>Unit soil</i>																
Sommer Summer	{	10/5	16,6	4,2	4,0									(5,0)	0	0
		24/5	30,4	7,1	4,3	5,72	2,47	2,3	1,16	0,38	3,1	20,3	15,4	7,4	(5,2)	0,2
		27/6	82,0	16,5	5,0	23,04	17,15	1,3	4,24	2,75	1,5	18,4	16,0	7,2	7,6	7,8
Vinter Winter	{	10/1	14,7	6,3	2,4									5,2	(4,6)	0
		13/2	36,2	10,0	3,6	5,73	2,69	2,1	0,95	0,35	2,7	16,6	13,0	7,1	6,1	0
		5/4	92,2	19,6	4,7	17,97	12,55	1,4	4,22	2,61	1,6	23,5	20,8	8,1	8,0	0

* Beregnet fra det øverste blad, når dette var > 1 cm.

Tal i parentes omfatter de få planter med 5 eller 8 blade på tidspunktet for målingen.

Counted from the uppermost leaf when this was > 1 cm.

Figures in brackets refer to the few plants with 5 or 8 leaves when measured.

nærmere at undersøge forskelle i fordelingen af friskvægt og tørstof i blade, stængler og sideskud sommer og vinter.

Den 24/5 og den 13/2 fandtes næsten samme friskvægt, men noget lavere tørstof i vinterplanternes blade og stængler. Dette gjaldt begge dyrkningsmedier. Forskelle mellem blad/stængel forhold var ubetydelige.

Ved høsttidspunkterne den 27/6 og 5/4 fandtes små forskelle i tørstof, men store forskelle i friskvægt både i blade og stængler. Største værdier fandtes om sommeren. Blad/stængel forholdet tenderede til at være størst om vinteren, hvilket betyder, at en noget større del af sommerplanternes friskvægt og tørstof fandtes i stænglerne i forhold til bladene sammenlignet med fordelingen i vinterplanterne. Hertil kommer, at sommerplanterne modsat vinterplanterne udviklede sideskud. For planter i enhedsjord udgjorde sideskuddenes friskvægt omkring 10% af den totale friskvægt og deres tørstof omkring 8% af den totale tørstofmængde.

Men tilbage bliver, at vinterplanternes blade i friskvægt kun udgjorde omkring 75% af sommerplanternes blade og fordelt på et større antal blade må den mindre mængde resultere i en reduktion af bladenes størrelse eller volumen. At dømme efter målte bladlængder på 5. og 8. blad fra toppen har vinterbladene ikke været kortere, men snarere længere, og det må derfor formodes – men blev ikke konstateret – at vinterbladene må have været tyndere end sommerbladene.

Disse observationer og antagelser er i overensstemmelse med plantefysiologiske undersøgelser, der viser, at bladfladetilvæksten øges ved skygning, og at lysblade er tykkere og indeholder mere friskvægt pr. arealenhed end skyggeblade (Müller, 1948, Evans 1972).

Forholdet mellem blade og stængler på vægtbasis aftog med tiden i overensstemmelse med, at et relativt stigende forbrug af stofproduktion er nødvendig til forstærkning af plantestruktur med plantens udvikling.

Tørstofprocenterne var større i blade end i stængler. Heraf følger, at forholdet mellem blade og stængler var større på tørstof- end på friskvægtbasis. Variationerne i tørstofprocenter gen-

nem vækstperioderne vil blive diskuteret i det følgende afsnit.

Tørstof/friskvægt forhold

I tabel 5 er givet tørstofprocenter beregnet på grundlag af henholdsvis akkumulerede udbytter og tilvækst i udbytter af friskvægt og tørstof på givne tidspunkter og i angivne perioder. Der er anvendt gennemsnit af resultater fra de samme forsøgsbehandlinger henholdsvis sommer og vinter som vist i tabel 1.

Tørstofprocenten ved tid 0 repræsenterer samtlige planter i henholdsvis sommer- og vinterforsøget, og resultaterne er derfor sat i parentes. Tørstofprocenterne var betydeligt højere i sommerplanterne end i vinterplanterne som en følge af de dårlige betingelser for fotosyntese på dette tidspunkt i vinterforsøget.

Ved den fortsatte tilvækst faldt tørstofprocenterne både sommer og vinter på grund af forholdsvis større tilvækst i friskvægt end i tørstof i de pågældende perioder. I de akkumulerede udbytter ved tid 1 var tørstofprocenterne derfor lavere i begge tilfælde end ved tid 0, men stadig med betydeligt højere tørstofprocenter i sommerplanterne end i vinterplanterne.

I næste vækstperiode forskubbedes balancen mellem friskvægt- og tørstofproduktion til fordel for den sidste, så tørstofprocenterne steg og især for vinterplanternes vedkommende. I de akkumulerede udbytter var tørstofprocenterne ved tid 2 derfor for opadgående i vinterplanterne og omtrent uændrede i sommerplanterne med tendens til fald i stenuddplanterne og stigning i planterne i enhedsjord.

I den sidste vækstperiode var forskellen mellem sommer- og vinterplanter betydelig. Sommerplanternes friskvægtproduktion steg på bekostning af tørstofproduktionen, mens det omvendte var tilfældet i vinterforsøgets planter, hvor lyset nu var tilstrækkeligt til en stor tørstofproduktion. Resultatet var et betydeligt fald i de akkumulerede udbytters tørstofprocenter i sommerforsøget og en tilsvarende tydelig stigning i vinterforsøget, således at tørstofprocenterne ved forsøgenes afslutning var størst i vinterplanterne.

Det kan ikke udelukkes, at fald i tørstofprocen-

Tabel 5. Tørstof/friskvægt forhold i planter i stenuld og enhedsjord på angivne tidspunkter baseret på summerede udbytter og i angivne perioder baseret på udbyttetilvækster.

Dry to fresh matter ratios in plants in rockwool and unit soil on given dates based on accumulated yields and for given periods based on yield increases.

		Dato* og periode		Sommer		Vinter				Dato* og periode		Sommer		Vinter	
		Date* and period		Summer		Winter				Date* and period		Summer		Winter	
		Yield		Udbytte		Udbytte				Yield		Udbytte		Udbytte	
		Sum		Tilvækst		Sum		Tilvækst				Sum		Tilvækst	
		Accum. Increase		Accum. Increase		Accum. Increase				Accum. Increase		Accum. Increase		Accum. Increase	
Stenuld								Enhedsjord							
Rockwool		0	(22,5)			(13,4)		Unit soil		0	(21,9)			(13,7)	
		0-1		16,6		11,6				0-1		14,3		14,2	
		1	21,2			12,7				1	17,6			13,9	
P ₁ N ₃		1-2		28,0		21,7		N ₁		1-2		20,8		16,5	
		2	23,1			16,2				2	19,2			15,4	
		2-3		12,7		27,2				2-3		15,7		25,4	
		3	15,6			23,1				3	16,4			22,2	
		0	(22,5)			(13,4)				0	(21,9)			(13,7)	
		0-1		16,5		12,0				0-1		15,3		13,1	
		1	20,7			12,9		N _{2,3}		1	18,1			13,5	
P ₁ N _{1,2}		1-2		18,9		19,0				1-2		18,9		17,0	
		2	20,0			15,9				2	18,5			15,5	
		2-3		16,4		26,4				2-3		17,0		24,9	
		3	17,1			22,8				3	17,3			22,4	
		0	(22,5)			(13,4)				0	(21,9)			(13,7)	
		0-1		17,5		10,9				0-1		15,3		13,1	
		1	20,9			12,4				1	18,1			13,5	
P ₂ N _{1,2,3}		1-2		19,3		18,8				1-2		18,9		17,0	
		2	20,2			15,6				2	18,5			15,5	
		2-3		16,7		25,6				2-3		17,0		24,9	
		3	17,4			22,6				3	17,3			22,4	
		0	(22,5)			(13,4)				0	(21,9)			(13,7)	
		0-1		18,7		11,8				0-1		15,3		13,1	
		1	21,3			12,7				1	18,1			13,5	
P ₃ N ₃		1-2		17,5		18,2				1-2		18,9		17,0	
		2	19,8			15,4				2	18,5			15,5	
		2-3		16,6		24,8				2-3		17,0		24,9	
		3	17,1			22,1				3	17,3			22,4	
		0	(22,5)			(13,4)				0	(21,9)			(13,7)	
		0-1		18,7		11,8				0-1		15,3		13,1	
		1	21,3			12,7				1	18,1			13,5	
		1-2		17,5		18,2				1-2		18,9		17,0	
		2	19,8			15,4				2	18,5			15,5	
		2-3		16,6		24,8				2-3		17,0		24,9	
		3	17,1			22,1				3	17,3			22,4	
		0	(22,5)			(13,4)				0	(21,9)			(13,7)	
		0-1		16,9		10,0				0-1		15,3		13,1	
		1	20,8			12,0				1	18,1			13,5	
P ₃ N _{1,2}		1-2		18,2		18,2				1-2		18,9		17,0	
		2	19,6			15,2				2	18,5			15,5	
		2-3		17,3		26,5				2-3		17,0		24,9	
		3	17,7			23,1				3	17,3			22,4	
		*	Dato	Sommer	Vinter										
			Date	Summer	Winter										
			0	30/4	12/12										
			1	10/5	10/1										
			2	24/5	13/2										
			3	27/6	5/4										

ter i sidste sommerperiode i nogen grad kan skyldes en bremsning af tørstofproduktionen på grund af lysoverskud i forbindelse med høje bladtemperaturer og/eller større respiration (*Friis-Nielsen, 1977*).

Ved afsluttende høst blev de laveste tørstofprocenter fundet ved laveste P-tilførsel i sommerplanterne dyrket i stenuld, og ved laveste N-tilførsel i planterne i enhedsjord. Afvigelserne mellem forsøgsbehandlingens resultater for samme tidspunkter eller inden for de enkelte perioder var ellers meget små både for sommer- og især for vinterplanterne. Variationer i lys gennem vækstperioden synes således at have været helt afgørende for variationer i tørstofprocenter.

Tørstofprocenterne i blade og stængler som vist i tabel 4 i det foregående afsnit følger det samme mønster som for den overjordiske totalplante: højeste tørstofprocenter ved tid 2 og laveste ved tid 3 i sommerplanterne, laveste tørstofprocenter ved tid 2 og højeste ved tid 3 i vinterplanterne. Ligeledes er der overensstemmelse mellem tørstofprocenterne i planter i de to dyrkningsmedier henholdsvis sommer og vinter.

Tørstofprocenterne synes således at have afspejlet de varierende klimaforhold og hovedsagelig lysfaktoren, da andre klimafaktorer inkl. vandfaktoren er søgt holdt ensartede og optimale i de to forsøg.

Da lysmængden integreret over vækstperioden om vinteren var tilstrækkelig til at producere en tørstofmængde – men ikke en friskvægtmængde – af samme størrelsesorden som i sommerforsøget, synes lysintensitet eller daglængde at have været afgørende for friskvægtproduktionen.

Da morfologiske forskelle mellem blade i sommer- og vinterforsøget var i overensstemmelse med forskelle mellem lys- og skyggeblade på samme plante eller på forskellige planter inden for samme vækstperiode, må det være lysintensiteten og ikke daglængden, der var den afgørende faktor for friskvægtproduktionen.

En fortsat klarlæggelse af betingelserne for friskvægtproduktion i relation til tørstofproduktion er meget ønskelig, ikke mindst inden for afgrøder, hvor det er friskvægtproduktionen, der er bestemmende for det økonomiske udbytte.

En vurdering og fortolkning af tørstofprocenter vil altid være forbundet med usikkerhed på samme måde som fortolkningen af næringsstofkoncentrationer i planten. I begge tilfælde drejer det sig om forholdet mellem to parametre, der varierer mere eller mindre uafhængigt af hinanden. Men trods vanskelighederne forbundet med fortolkningen, bekræfter resultaterne i de to hovedforsøg, at tørstofprocenten kan være et værdifuldt indeks for vækst og vækstbetingelser (*Evans, 1972; Friis-Nielsen, 1973*).

Referenceværdier

I jo højere grad, kravene til plantedyrkning stiger både med hensyn til effektivitet og med hensyn til kvalitet, bliver det nødvendigt at finde frem til referenceværdier, der kendetegner den »ideelle« plante gennem hele vækstperioden.

Den ideelle plante er og forbliver en teoretisk abstraktion (*Nielsen og Friis-Nielsen, 1976*), men det er muligt at finde frem til tilnærmede værdier, der må betragtes som tilfredsstillende, indtil bedre dyrkningsmetoder eller genetisk bedre planter foreligger.

Planterne dyrket i enhedsjord med tilstrækkelig tilførsel af kvælstof var tilfredsstillende ud fra handelsmæssige kriterier, når der ses bort fra, at der af forsøgstekniske grunde kun blev anvendt 1 plante mod almindeligvis 6 planter pr. potte. De gav bestandigt de største udbytter på den korteste tid og blev derfor anvendt til bestemmelse af brugbare referenceværdier.

Ved hjælp af maksimalvækstkurver og de tilsvarende optagelseskurver for en række næringsstoffer er den daglige tilvækst i friskvægt og tørstof og den daglige næringsstofoptagelse i den »ideelle« plante bestemt ved differentiering.

Resultaterne er samlet i fig. 9, hvor man for hver dag i de to vækstperioder kan finde den til dato svarende produktion i friskvægt og tørstof i g m^{-2} , samt optagelse af N, P, K, Ca og Mg i mg m^{-2} .

Optagelsen af P, K, Ca og Mg på forskellige dage i sommer- og vinterforsøget er på vægtbasis sat i forhold til N optagelsen ($N = 100$). Resultaterne er vist i tabel 6. P- og K-optagelsen faldt gennem vækstperioderne i forhold til N-optagel-

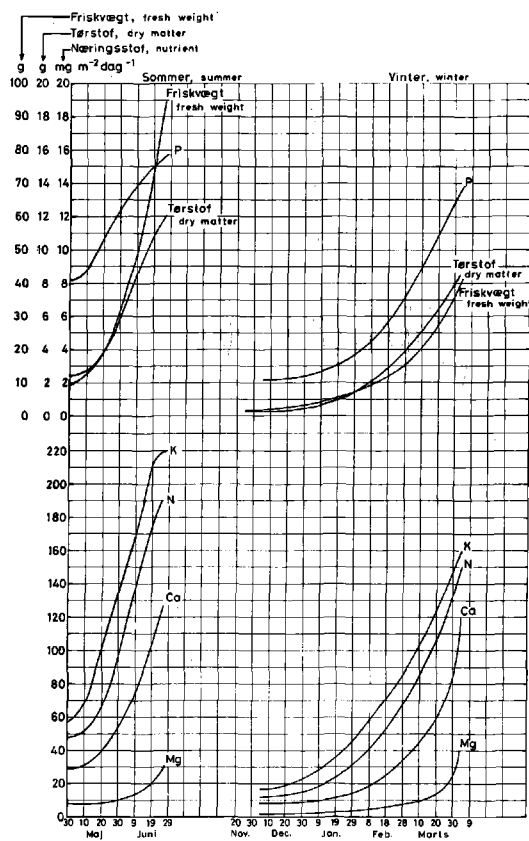


Fig. 9. Daglig tilvækst i tørstof og friskvægt og daglig optagelse af N, P, K, Ca og Mg i overjordiske dele af den »ideelle« plante som funktioner af tidspunkt i vækstperioden.

Daily increase in yield of dry and fresh matter and daily uptake of N, P, K, Ca and Mg in aerial parts of the 'ideal' plant as functions of time.

sen, mens Ca- og Mg-optagelsen først faldt og derpå steg efter en periode med ret konstante værdier.

I tabel 7 er den »ideelle« og salgstjenlige *Hedera* plantes endelige produktion i friskvægt og tørstof samt optagelsen af N, P, K, Ca og Mg i g m^{-2} angivet for de to forsøgsperioder. Tallene i parentes viser forholdet på vægtbasis mellem næringsstofferne for N = 100, og de repræsenterer således det integrerede resultat af den varierende relative næringsstofsammensætning gennem

vækstperioden som eksemplificeret af resultater i tabel 6.

Det er i en tidligere rapport (Friis-Nielsen, 1974) anført, at næsten samme forhold mellem P og K for N = 100, som fundet i *Hedera* ved endelig høst, er fundet i så forskellige plantearter som agurk, tomat, rug og kål på forskellige tidspunkter af deres udvikling.

For alle 5 næringsstoffer var den relative sammensætning i 110 dage gamle, højtydende tomatplanter (totale overjordiske dele) 100:12:133:62:16 for henholdsvis N, P, K, Ca og Mg, og for ikke tidsangivne pelargonier 100:13:123:57:13 (Hansen, 1976) helt modsvarende de foreliggende resultater i *Hedera*. Samme forfatter fandt imidlertid betydelige variationer i kationforhold hos plantearter som *Beloperone*, *Crossandra*, *Dieffenbachia*, *Ficus* og *Philodendron*, men fremhæver, at disse planter ikke var dyrket under optimale betingelser, og i det tilfælde er en umiddelbar sammenligning med referencelværdier ikke mulig. Dette illustreres af resultater fra det ovennævnte tomatforsøg, hvor den

Tabel 6. Optagne næringsstoffer relativ til N = 100 i den »ideelle« plantes overjordiske dele på forskellige datoer.

The uptake of various nutrient elements relative to N = 100 in aerial parts of the 'ideal' plant on given dates.

	Dato Date	P	K	Ca	Mg
Sommer Summer	10/5	16	133	59	15
	20/5	16	153	59	13
	30/5	13	140	56	10
	9/6	10	123	54	10
	19/6	9	121	59	12
	27/6	8	115	67	16
Vinter Winter	9/1	16	165	59	12
	19/1	14	160	52	13
	29/1	12	150	47	13
	8/2	11	142	45	11
	18/2	11	135	47	11
	28/2	11	125	49	11
	10/3	11	121	52	11
	20/3	10	117	56	12
	30/3	10	111	64	18
	5/4	9	107	80	27

Tabel 7. Totale udbytter i friskvægt og tørstof samt totale næringsstofoptagelser i overjordiske dele af den »ideelle« plante. Tallene i parentes angiver forholdet mellem de optagne næringsstoffer for N = 100.
Total yields of fresh and dry matter and total uptake of various nutrient elements in aerial parts of the 'ideal' plant. Figures in brackets denote uptake of the various nutrients relative to N = 100.

Vækstperiode <i>Growth period</i>	Friskvægt <i>Fresh weight</i>	Tørstof <i>Dry matter</i>	N	P	K	Ca	Mg
		g m^{-2}			g m^{-2}		
30/4–27/6	2333	393	6,6 (100)	0,8 (12)	8,4 (127)	3,9 (59)	0,8 (12)
19/11–5/4	1627	363	6,5 (100)	0,8 (12)	8,0 (123)	3,7 (57)	0,9 (14)

relative sammensætning i kvælstofmanglende planter var 100:29:261:89:24. Variationer i den relative sammensætning for en art kan være af samme størrelsesorden som mellem arter.

Det er bemærkelsesværdigt, at referenceværdierne for tørstofproduktion og for relativ næringsstofsammensætning i *Hedera* var identiske sommer og vinter til trods for store forskelle i vækstperiodernes længde. Dette bekræfter rigtigheden af den antagelse, at et givet tørstofvægttrin, som allerede nævnt, udtrykker et veldefineret udviklingsstadium (Nielsen, 1973), og af den hypotese, at næringsstofindholdet i den »ideelle« plante ved givne tørstofvægttrin kun varierer inden for snævre grænser (Nielsen og Friis-Nielsen, 1976).

Sammenfattende kan fastslås, at sammenligninger mellem plantearters relative næringsstofsammensætning må baseres på veldefinerede udviklingstrin og på planter dyrket under de bedst mulige vilkår.

Konklusioner

Varierende vekselvirkninger mellem dyrkningsmetodik og mere eller mindre kontrollerbare vækstfaktorer understreger nødvendigheden af et nøje kendskab til alle led i kæden af dyrkningsprocesser, herunder metodik og dyrkningsmedier, og til følgerne af ændringer i de enkelte led.

De foreliggende undersøgelser viste således, at det var muligt at opnå tilfredsstillende udbytter ved tilførsel af næringsstoffer i svage koncentrationer, men disse resultater må ses i forbindelse med den anvendte undervandingsteknik med konstant cirkulerende næringsstofopløsning, der

sikrede en konstant koncentration af næringsstoffer omkring plantens rødder.

Undersøgelserne viste også, at det ikke var muligt at opnå maksimale udbytter i planter dyrket i granuleret stenuld sammenlignet med planter i enhedsjord, men disse resultater må ses i forbindelse med en fosfatbinding i stenuld og derfor i det foreliggende tilfælde en utilfredsstillende fosforforsyning til planterne i dette dyrkningsmedium.

Vækst- og optagelseskurver, der gav oplysning om plantens reaktioner på omgivelser og behandlinger gennem hele vækstperioden, viste sig værdifulde til bestemmelse af a) vækst- og optagelseshastigheder og b) referenceværdier, der kendetegner den »ideelle« plante.

De næsten konstante fordoblingstider (den tid, der medgår til fordobling af vækst eller næringsstofoptagelse i løbet af plantens udvikling) og de store forsinkelser i vækst og næringsstofoptagelse på grund af uheldige vækstvilkår indebærer ud fra økonomiske hensyn en nøje overvejelse af forholdene mellem energiforbrug, arbejdsindsats samt investering og tidspunkter for start af en kultur, planteafstande på forskellige udviklingstrin og vækstvilkår.

Referenceværdier, der kendetegner den »ideelle« plante gennem vækst og udvikling, vil være uundværlige som bedømmelsesgrundlag ved kontrol og styring af plantevækst. En fortsat udredning af de lovmæssigheder, der kendetegner den enkelte plantearts stofproduktion og næringsstofoptagelse i forhold til klimafaktorer, herunder i særlig grad indstråling, og i forhold til koncentration og sammensætning af næringsstoftilførsler, vil derfor være nødvendig.

Den ensartede tørstofproduktion og næringsstofoptagelse i *Hedera canariensis* sommer og vinter ved hver enkelt forsøgsbehandling og de tidligere fundne overensstemmelser i relativ næringsstofsammensætning mellem forskellige plantearter under tilstræbt optimale dyrkningsforhold tyder på meget faste og generelt gældende sammenhænge mellem tørstofproduktion og vækstfaktorer. Dette indebærer gode muligheder for kontrol med og styring af optimal planteproduktion efter samme og relativt enkle principper på forskellige årstider og anvendelige for en række plantearter.

Erkendtlighed

VSOP projektet, hvortil det foreliggende arbejde hører, har modtaget støtte fra Statens Jordbrugs- og Veterinærvidenskabelige Forskningsråd (J. nr. 513-1550 og 513-5035).

Litteratur

- Evans, G.C., 1972: Studies in Ecology, vol. 1. The quantitative analysis of plant growth. - Univ. California Press. Berkeley and Los Angeles, pp 734.
- Friis-Nielsen, B., 1973: Growth, water and nutrient status of plants in relation to patterns of variations in concentrations of dry matter and nutrient elements in base-to-top leaves 1. Distribution of contents and concentrations of dry matter in tomato plants under different growth conditions. Plant and Soil 39: 661-673.
- Friis-Nielsen, B., 1974. Næringsstofoptagelse og udbytter, VSOP rapport 10. Gartner Tidende 90: 520-530.
- Friis-Nielsen, B., 1977. Undersøgelser af vækstfaktorer ved produktion af potteplanter (*Hedera canariensis* Willd.) i væksthush. III. Vækstperiodens længde i relation til lysmængde og lystid. - Tidsskr.f.Pl.avl 81: 431-438.
- Hansen, M., 1976: Forskellige potteplanter næringsoptagelse belyst ved planteanalyser. - Gartner Tidende 92: 158-160.
- Hejndorf, F., 1974: Undervanding af planter i lukket system. VSOP rapport 2. Gartner Tidende 90:233-235.
- Müller, D., 1948: Plantefysiologi. - København, pp 303.
- Nielsen, J. Møller, 1973: Kornplanter ernæringstilstand vurderet og reguleret ud fra planternes kemiske sammensætning. - Disputats. DSR-forlag, Den kgl. Vet.- og Landbohøjskole, København, pp 247.
- Nielsen, J. Møller og B. Friis-Nielsen, 1976: Evaluation and control of the nutritional status of cereals. II. Pure-effect of a nutrient. - Plant and Soil 45: 339-351.
- Pedersen, A. Magle og B. Friis-Nielsen, 1974: Vandingsmetodik og udbytter i *Hedera*. VSOP rapp. 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. - Lic.afhandling, Væksthusafd., Den kgl. Vet.- og Landbohøjskole, København, pp 131 med 48 bilag.
- Willumsen, J., 1978: Undersøgelser af vækstfaktorer ved produktion af potteplanter (*Hedera*) i væksthush. Dyrkningsmedier. - Tidsskr. f. Pl.avl 82 (under udarbejdelse).
- Willumsen, J. og A. Magle Pedersen, 1977: Undersøgelser af vækstfaktorer ved produktion af potteplanter (*Hedera*) i væksthush. I. Metoder og udbytter. - Tidsskr. f. Pl.avl 81: 397-408.

Manuskript modtaget den 25. maj 1977.