

**Undersøgelser af vækstfaktorer ved produktion af  
potteplanter (*Hedera*) i væksthushus  
V. Introduktion af et kvantitativt gødskningsystem  
til væksthushuskulturer<sup>1)</sup>**

*Investigations on growth factors in the production of pot plants (*Hedera*)  
under glasshouse conditions.*

*V. A quantitative fertilization system introduced to glasshouse crops*

**Jens Møller Nielsen<sup>2)</sup> og Jens Willumsen**

INDHOLDSFORTEGNELSE	Side
Resumé .....	260
Summary .....	260
1. Indledning .....	260
2. Gødskningsystemet .....	261
2.1. Vurderings- og reguleringsmetoder .....	261
2.2. Vurderings- og reguleringsmodeller .....	261
2.3. Gødskningssystemets anvendelse .....	262
3. Materialer og metoder .....	262
4. Resultater .....	262
4.1. Udbyttekurver .....	262
4.2. Koncentrationskurver .....	263
4.3. Tørstofvægttrin .....	263
4.4. Korrektionsmodel .....	265
4.5. P-diagnosemodel .....	265
4.6. P-terapimodel .....	273
5. Diskussion .....	273
5.1. Modellernes anvendelsesmåde .....	273
5.2. P-diagnosemodel .....	277
5.3. P-terapimodel .....	277
5.4. Modellernes videreudvikling .....	278
6. Konklusion .....	278
7. Erkendtlighed .....	278
8. Litteratur .....	278

1) Publikation nr. 16 fra projektet: Vækstfaktorer til Styling af Optimal Potteplanteproduktion (VSOP).  
2) Afdelingen for Planternes Ernæring, Den kgl. Veterinær- og Landbohøjskole.

## Resumé

Som led i projektet »Vækstfaktorer til Styring af Optimal Potteplanteproduktion (VSOP)« introduceres et kvantitativt gødskningsystem, udviklet for markafgrøder, til væksthushkulturer.

Gødskningsystemet, der omfatter vurdering og regulering af planters ernæringstilstand ud fra den unge plantes kemiske sammensætning, er søgt overført til *Hedera helix ssp. canariensis* 'Gloire de Marengo' på basis af et sommer- og et vinterforsøg med varieret NPK-tilførsel udført på Statens Væksthushforsøg, Virum, i 1973–74. Herved er der fremstillet modeller til: 1) Korrektion af analyseresultaterne for den unge plantes kemiske sammensætning til et fastlagt tørstofvægttrin, og da kun tilførsel af P gav udslag i udbytte, 2) Diagnose af ernæringstilstanden for P og 3) P-terapi.

De samme mønstre for relationerne mellem udbytte og plantens kemiske sammensætning, baseret på definerede udviklingstrin og renvirkning af fosfor, blev fundet for *Hedera* som i tidligere undersøgelser med kornafgrøder, hvilket støtter hypotesen om systemets almengyldighed.

For øjeblikket arbejdes der på at videreudvikle gødskningsystemet for såvel *Hedera helix ssp. canariensis* som for andre potteplantearter.

**Nøgleord:** Diagnose, ernæringstilstand, gødskningsystem, *Hedera helix ssp. canariensis*, kemisk sammensætning, korrektionsmodel, renvirkning, terapi, tørstofvægttrin.

## Summary

A quantitative fertilization system based on the chemical composition of young plants has been developed and successfully applied to field crops. As such a system is considered particularly advantageous for plants grown under controlled conditions, the possibility of introducing the system to greenhouse crops with *Hedera helix ssp. canariensis* 'Gloire de Marengo' as a test plant was investigated. Results from a summer and a winter experiment with NPK application were used in developing models for 1) Correction of the chemical composition of the young plant to a fixed DM-weight level and, as yield only responded to P application, 2) Diagnosis of the nutritional status of the plant with regard to P, and 3) Therapy with regard to P.

Patterns of relationships between yield and the chemical composition of the plant based on well-defined stages of plant development (fixed DM-weight levels) and pure-effects of P on yield were obtained for *Hedera helix ssp. canariensis* similar to those previously found for cereals thus supporting the hypothesis of the general validity of the fertilization system.

Further experiments have been started with the aim of developing models of the fertilization system including other nutrient elements and other pot plant species.

**Key words:** Chemical composition, correction model, diagnosis, dry matter weight level, fertilization system, *Hedera helix ssp. canariensis*, nutritional status, pure-effect, therapy.

## 1. Indledning

Styring af planternes ernæringstilstand ved gødskningsmæssig justering af deres kemiske sammensætning (Møller Nielsen, 1974) indgår som en del af et forskningsarbejde, der sigter på kontrol med vækstfaktorer til opnåelse af optimal produktion af potteplanter i væksthush.

En sådan styring forudsætter kendskab til sammenhængene mellem den unge plantes kemiske sammensætning og på den ene side næringsstoffilførslen og på den anden side slutproduktets kvantitet og kvalitet.

Disse sammenhænge er i de senere år blevet intensivt studeret for frilandsafgrøder dyrket un-

der vore himmelstrøg og i troperne. Det gælder således for vørsæd (Møller Nielsen, 1973), vinterhvede (Skriver, 1975, 1978 og 1979 a) og æble (Sumalee & Vang-Petersen) samt ris (Møller Nielsen et al., 1979; Sumitra & Møller Nielsen, 1979), soyabønne (Murali & Møller Nielsen, 1979) og majs (Kumar & Møller Nielsen).

For samtlige nævnte afgrøder viste det sig, at sammenhænge var tydelige og reproducerbare. De kunne derfor danne grundlag for udformningen af et kvantitativt gødskningssystem til vurdering og regulering af planternes ernæringstilstand ud fra den unge plantes kemiske sammensætning.

## 2. Gødskningssystemet

### 2.1. Vurderings- og reguleringsmetoder

Gødskningssystemet omfatter i sin fuldstændige udformning følgende metoder til:

- 1) Vurdering af den unge plantes ernæringstilstand ud fra dens kemiske sammensætning med hensyn til:
  - a) de enkelte næringsstoffer betragtet hver for sig – *diagnose* – og
  - b) alle næringsstoffer i sammenhæng, med kvantiteten af det endelige produkt som kendetegn for ernæringstilstanden – *udbytteprognose*.

I denne vurdering indgår altså både en bestemmelse af mangel og overmål af de enkelte næringsstoffer – *diagnose* – og af den samlede ernæringstilstand – *udbytteprognose* – (Møller Nielsen & Friis-Nielsen, 1976 c). Desuden kan der indgå en vurdering af kvaliteten af det endelige produkt – *kvalitetsprognose* (Møller Nielsen, 1979 b).

- 2) Regulering af den unge plantes ernæringstilstand ved påvirkning af dens kemiske sammensætning gennem næringsstofftilførsel: – *terapi* – med henblik på opnåelse af
  - a) et stort udbytte – *udbytteterapi* – og
  - b) en ønskværdig kemisk sammensætning af det endelige produkt – *kvalitetsterapi*.

Ved reguleringen af den unge plantes ernæringstilstand ved eftergødskning sigtes der først og fremmest mod et højt udbytte – *udbytteterapi* – (Møller Nielsen, 1979 a) og dernæst inden for dets rammer en ønsket ke-

misk sammensætning – *kvalitetsterapi* (Møller Nielsen, 1979 b).

- 3) Vurdering af den unge plantes ernæringstilstand ud fra slutproduktets størrelse og kemiske sammensætning, dvs. en bestemmelse af slutproduktets ernæringsmæssige oprindelse – *trofogenese*.

En sådan vurdering foretages med henblik på forbedring af næringsstofforsyningen til den efterfølgende afgrøde (Møller Nielsen, 1980).

Ved udviklingen af gødskningssystemet for diverse frilandsafgrøder er hovedvægten hidtil lagt på at udforme metoderne: *Diagnose*, *udbytteprognose* og *udbytteterapi*.

### 2.2. Vurderings- og reguleringsmodeller

Brugen af metoderne er baseret på modeller, som er opbygget ud fra resultaterne af gødningsforsøg udført i kar og/eller mark. Modellernes grundlag er

- a) næringsstofkoncentrationer ved en *fastlagt tørstofvægt* for hver afgrøde,
- b) *renvirkning* på planteudbytte af hvert enkelt næringsstof.

Når fastlagte tørstofvægttrin anvendes, opnås en god definition af den unge plantes udviklingsstadium samt en delvis eliminering af vejr- og jordbundsfaktorenes indflydelse på koncentrationerne af næringsstofferne i relation til stofproduktionen (Møller Nielsen, 1973; Møller Nielsen & Friis-Nielsen, 1976 a; Sumalee & Vang-Petersen).

Ved *renvirkning* af et næringsstof forstås virkningen af koncentrationen i planten af dette næringsstof på udbyttet, når alle andre næringsstoffer optræder i de dertil svarende optimale koncentrationer (Møller Nielsen, 1973; Møller Nielsen & Friis-Nielsen, 1976 b). *Renvirkninger* af hvert næringsstof giver derfor velegnede referenceværdier ved bestemmelse af næringsstofmangler og -overmål. En sådan fejler næring (positive og negative næringsstofmangler) bestemmes ud fra vurderingsmodeller – *diagnosemodeller* – og udtrykkes som: *absolut koncentrationsmangel* for det næringsstof, der er stærkest mangel på – *det dominerende næringsstof* – og: *relative koncentrationsmangler* for de øvrige

næringsstoffer (Møller Nielsen, 1973; Møller Nielsen & Friis-Nielsen, 1976 c; Sumalee & Vang-Petersen). På basis af denne vurdering af ernæringsstilstanden bestemmes den supplerende tilførsel af de manglende næringsstoffer ud fra reguleringsmodeller – terapimodeller (Møller Nielsen, 1979 a og b).

### 2.3. Gødskningsystemets anvendelse

Modellerne viser så god en overensstemmelse for diverse landbrugsafgrøder og dyrkningsforhold, at de fundne sammenhænge tydeligt udtrykker lovmæssigheder. Overensstemmelsen forenkler overførslen af metoderne fra en afgrøde til en anden, hvilket opfordrer til at inddrage stadig flere afgrøder – og herunder også havebrugsafgrøder – i undersøgelserne.

Afprøvningen under forskellige landbrugsforhold har vist gødskningsystemets velegnethed som grundlag for en rationel næringsstofftilførsel, og det anbefales nu til brug ved bygdyrkingen i dansk landbrugspraksis (Skriver, 1979 b, og Gosvig, 1980).

Udbytteprognoser såvel som virkningen af de tilførte næringsstoffer på udbyttet bliver desto sikrere jo bedre kontrollen er med klimafaktorerne. De bedste resultater i landbrugspraksis er således opnået, hvor der er anvendt kunstig vanding, som det kan være tilfældet ved korn dyrking i Danmark, og som det er reglen ved risdyrking i Asien. Under væksthushold, hvor kontrollen med klimafaktorerne kan gøres næsten fuldstændig, skulle diagnose- og terapimetoden især virke effektivt. I VSOP-gruppens arbejde indgår derfor udvikling af metoder til kvantitativ vurdering og regulering af planternes ernæringsstilstand og næringsstofbehov som en væsentlig del. De foreløbigt opnåede resultater for *Hedera helix ssp. canariensis* gives i det følgende.

### 3. Materialer og metoder

I sommeren 1973 (1. maj –27. juni) og vinteren 1973–74 (19. november–5. april) blev der gennemført 2 forsøg på Statens Væksthushold i Virum med *Hedera helix ssp. canariensis* Willd. 'Gloire de Marengo' som testplante. Planterne blev dyrket under væksthushold i 10 cm plast-

potter med granuleret stenuld (vandabsorberende »Grøn Grodan-uld«) eller svensk enhedsjord, type P (en blanding af tørv og ler tilsat kalk og næringsstoffer). Der var én plante (stikling) i hver potte. Et lukket undervandingssystem med en konstant cirkulerende næringsstoffopløsning for hver enkelt parcel sørgede for tilførsel af vand og næringsstoffer i forsøgsperioderne. En fuldstændig omtale af det benyttede undervandingssystem, af væksthusholdet og de anvendte næringsstofkoncentrationer er givet af Hejndorf (1974) og Willumsen & Pedersen (1977). Her skal resumeres:

N<sub>1</sub>, N<sub>2</sub> og N<sub>3</sub> refererer til 25, 50 og 100 ppm N, P<sub>1</sub>, P<sub>2</sub> og P<sub>3</sub> refererer til 5, 10 og 20 ppm P og K<sub>1</sub>, K<sub>2</sub> og K<sub>3</sub> refererer til 30, 55 og 105 ppm K.

I stenuld anvendtes samtlige 27 kombinationer af de 3 næringsstoffers koncentrationer. I enhedsjord anvendtes alle kombinationer ved 10 ppm P, dvs. 9 kombinationer.

Planter blev udtaget til analysering 3 gange i sommerforsøget (10. maj, 24. maj og 27. juni ved forsøgets afslutning) og 5 gange i vinterforsøget (29. november, 12. december, 10. januar, 13. februar og 5. april ved forsøgets afslutning), hvoraf de 3 sidste udtagninger er anvendt i nærværende arbejde. De samlede overjordiske plantedele, bortset fra den oprindelige stikling, blev analyseret for total N, P, K, Na, Ca og Mg på Statens Planteavlslaboratorium i Vejle (Friis-Nielsen, 1977).

## 4. Resultater

### 4.1. Udbyttekurver

I hovedtabel 1 og 2\*) er anført udbytter opnået i henholdsvis sommer- og vinterforsøget for tilførslerne af både N, P og K til stenuld (Grodan) og N og K til enhedsjord.

I forsøgene med stenuld var der en tydelig og signifikant P-virkning, især i sommerforsøget, medens der ikke var nogen virkning af N og K og heller ingen vekselvirkning mellem de tilførte næringsstoffer. Den gennemsnitlige P-virkning for hvert af forsøgene er vist i figur 1, som også viser,

\*) Tabellerne kan rekvireres fra Statens Planteavlslaboratorium, Kongevejen 83, 2800 Lyngby.

at enhedsjorden gav et højere udbyttensniveau end stenulden. De varierede N- og K-tilførsler i enhedsjorden frembragte blot en svag N-virkning.

Eftersom der alene var en tydelig P-virkning i forsøgene, lægges hovedvægten ved udviklingen af gødskningsystemet for *Hedera helix ssp. canariensis* foreløbig på udformning af modeller til vurdering og regulering af plantens P-ernærings-tilstand.

Udbytte Yield  
g tørstof/pl. g DM/pl.

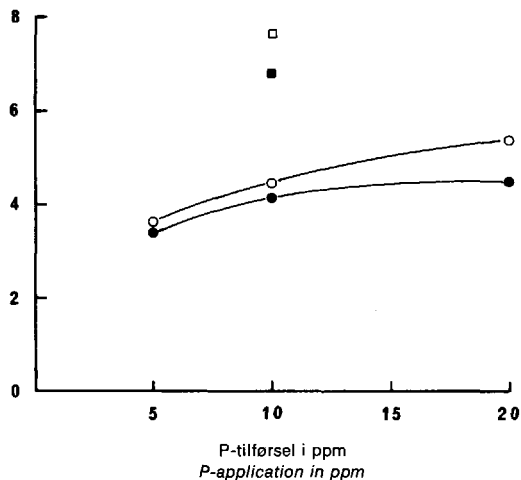


Fig. 1. P-udbyttekurver. Sommer- og vinterforsøg. Gns. af samtlige N og K tilførsler. P-yield curves. Summer and winter experiments. Average of all N and K applications.

	Sommer (Summer)	Vinter (Winter)
Enhedsjord (standard soil)	□	■
Stenuld (rockwool)	○	●

#### 4.2. Koncentrationskurver

For de tre prøveudtagninger af de samlede overjordiske plantedele viser tabellerne 1 og 2 tørstofvægt og koncentrationer af N, P, K, Na, Mg og Ca gennem vækstperioderne foranlediget af de forskellige næringsstofftilførsler og dyrkningssubstrater. Herudfra kan der for hvert forsøg omfattende stenuld og enhedsjord fremstilles 9 kurvesæt, som viser virkninger af 3 P-tilførsler ved 9 kombinationer af N og K. Et sådant kurvesæt er vist for vinterforsøget i figur 2.

Kurvesættet viser koncentrationsvariationen for hvert næringsstof ved den med udtagningstidspunkterne stigende tørstofvægt (logaritmisk abscisse) for stigende P-tilførsel ved niveauet  $N_2K_2$  i stenuld samt for  $N_2P_2K_2$  i enhedsjord.

Overensstemmende med de øvrige 8 kurvesæt viser figur 2 følgende: Koncentrationen af hvert enkelt næringsstof faldt med stigende tørstofvægt (fortyndingseffekt). Ved enhver tørstofvægt gav stigende P-tilførsel stigende P-koncentration i planten (næringsstoffeffekt) og desuden i vid udstrækning stigende koncentration af de øvrige næringsstoffer (synergisme). For samme P-tilførsel var P-koncentrationen i planten betydelig højere for enhedsjord end for stenuld.

Faldet i næringsstoffernes koncentration med stigende tørstofvægt er reglen for mange plantearter og dyrkningsforhold. Det er udtryk for, at næringsstofferne, som under de fleste dyrkningsomstændigheder især optages tidligt i vækstperioden, fortyndes i tørstoffet, efterhånden som dette produceres.

Stigning i P-koncentration ved en given tørstofvægt foranlediget af stigende P-tilførsel er forudsætningen for udvikling af modeller for P-diagnose og -terapi. Den samtidige variation (her klar tendens til stigning) i de øvrige næringsstoffers koncentrationer indebærer, at disse må inddrages i vurderingen og reguleringen af plantens P-ernærings-tilstand. Netop dette er påpeget for koncentrationerne af P og N (Lundegårdh, 1941, samt Prévot & Ollagnier, 1956). I øvrigt gælder det generelt, at vurdering og regulering af plantens ernærings-tilstand med hensyn til ét næringsstof må foretages på grundlag af samtlige næringsstoffers koncentrationer – plantens kemiske sammensætning (Møller Nielsen, 1973).

#### 4.3. Tørstofvægttrin

Forløbet af koncentrationskurverne indbyder til, og gør det desuden let, at bestemme næringsstoffernes koncentrationer ved et fastlagt tørstofvægttrin. Dette udvælges med henblik på tidlig terapi ved den laveste vægt (yngste planter), hvor koncentrationsforskellene er tydelige. Et sådant tørstofvægttrin er i figur 2 vist med en lodret linie ved 1 g tørstof pr. plante. Kurvernes skærings-

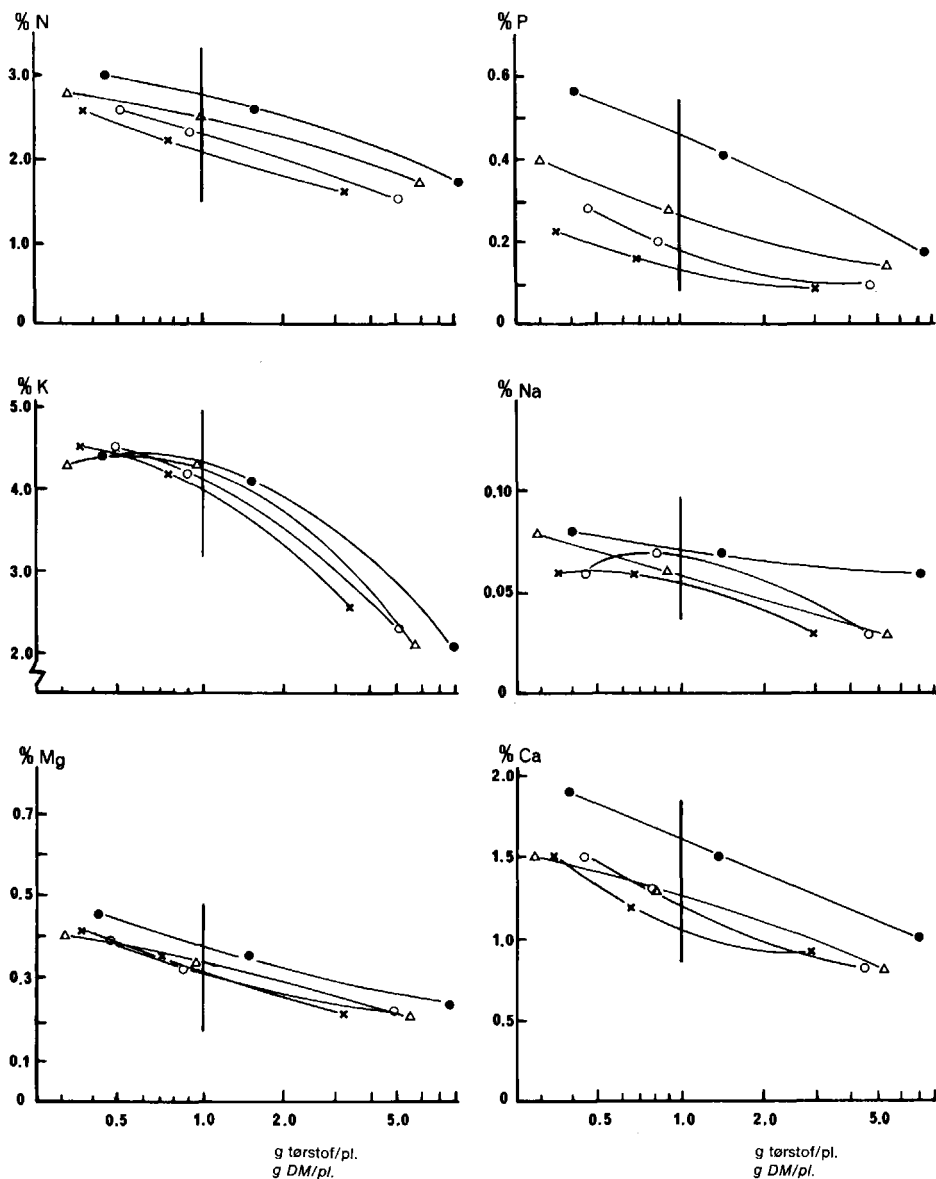


Fig. 2. P-effekt på plantens kemiske sammensætning og tørstofproduktion. Vinterforsøg.  
*P-effect on chemical composition of the plant and dry matter (DM) production. Winter experiment.*

tilført	N	P	K	applied
x	2	1 ( 5 ppm)	2	stenuld rockwool
O	2	2 (10 ppm)	2	
Δ	2	3 (20 ppm)	2	
●	2	2 (10 ppm)	2	enhedsjord standard soil

punkter med denne linie angiver således for de forskellige P-tilførsler, diverse næringsstoffers koncentrationer ved det fastlagte tørstofvægttrin. Denne grafisk bestemte kemiske sammensætning ved 1 g tørstof pr. plante, der er anført i tabellerne 1 og 2 for samtlige forsøgsled, danner grundlaget for opbygningen af modeller til P-diagnose og -terapi for *Hedera*. Det udvalgte tørstofvægttrin kaldes derfor *modelniveau*.

#### 4.4. Korrektionsmodel

Eftersom det ikke er muligt at udtage planteprover, netop når de vejer 1 g pr. plante, vil det ved den praktiske anvendelse af vurderings- og reguleringsmodeller for plantens ernæringsstilstand være nødvendigt at udforme en model til korrigerende af analyseresultaterne for den unge plantes kemiske sammensætning fra den udtagne prøves tørstofvægt til modelniveauet. Forudsætningen for udvikling af en sådan korrektionsmodel er, at ændringer i næringsstofferne koncentrationer med plantens stigende tørstofvægt danner tydelige mønstre. Hvorvidt dette er tilfældet for *Hedera*, ligesom for en række andre plantearter, undersøges i figur 3, hvor koncentrationskurverne for samtlige forsøgsled i vinterforsøget er fremstillet.

Kurverne for samtlige næringsstoffers koncentrationer følger mønstre, der er tilpas karakteristiske til at retfærdiggøre en generalisering af kurveforløbene, som det er vist i figur 4. En korrektionsmodel som denne, udformet på grundlag af resultaterne i vinterforsøget, blev på lignende vis fremstillet for sommerforsøget. Herved opnåedes en model, hvori mønstrene kun afveg fra den i figur 4 viste ved en lidt svagere fortyndingseffekt for N og P samt et lavere koncentrationsniveau for K. Resultaterne for dette forsøg understreger således næringsstofferne karakteristiske koncentrationsforløb og muliggør en justering samt en udvidelse af den i figur 4 viste korrektionsmodel ved sammenstilling af de to modeller. En sådan generalisering er foretaget i figur 5, hvorved der er opnået en korrektionsmodel, der inddrager samtlige opnåede resultater i *Hedera*-forsøgene. Denne korrektionsmodel kan, indtil yderligere forsøgsresultater for *Hedera* måtte foreligge, an-

vendes til korrektion af plantens kemiske sammensætning til modelniveauet.

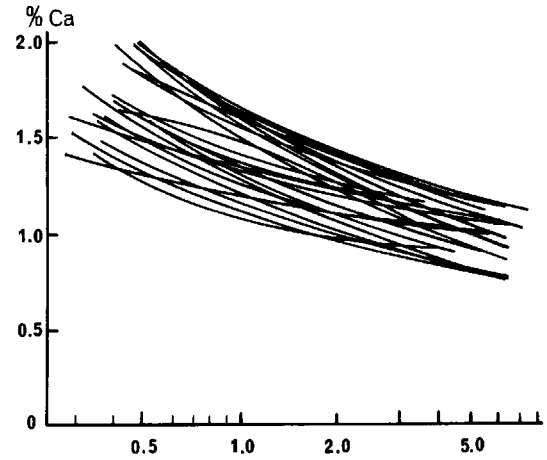
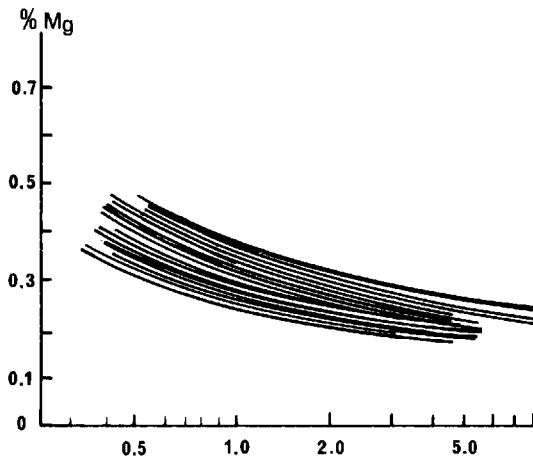
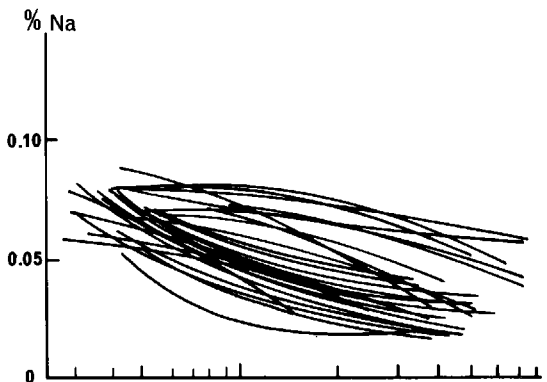
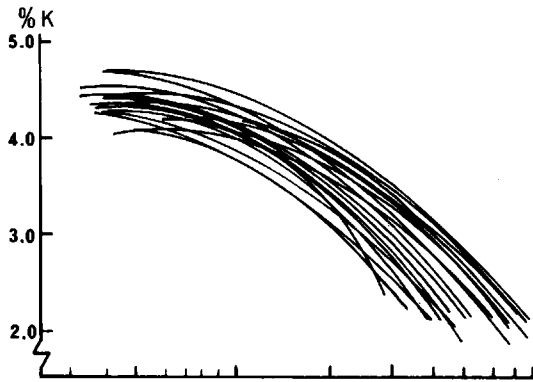
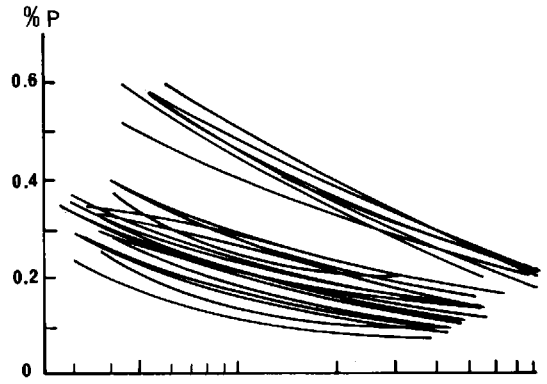
Der synes således opnået et nogenlunde veldefineret og reproducerbart grundlag både for udvikling af modeller til vurdering og justering af ernæringsstilstanden i den unge *Hedera*plante på basis af kurvesæt eksemplificeret i figur 2 og for evt. praktisk anvendelse af sådanne modeller ud fra korrektionsmodellen, figur 5.

#### 4.5. P-diagnosemodel

Fig. 6 viser på grundlag af resultaterne fra vinterforsøget for både stenuld og enhedsjord den færdige *Hedera*plantens udbytte, udtrykt i g tørstof pr. plante, som funktion af koncentrationer af N, P, K, Na, Mg og Ca ved tørstofvægttrinnet 1 g pr. plante. De med cirkler markerede punkter svarende til det højest opnåede udbytte refererer til den absolut optimale koncentration for hvert af næringsstofferne. Eftersom der kun var udbyttestigning for fosfortilførsel, underlægges den delfigur, som angiver udbyttet som funktion af P-koncentrationen, en særlig analyse, som indledes med en markering af arealet omkring de øvre randzonepunkter. Dette areal udskilles og vises i figur 7 tillige med de til randzonepunkterne svarende koncentrationer af N, K, Na, Mg og Ca som funktion af P-koncentrationen. Det førstnævnte og de øvrige arealer repræsenterer henholdsvis plantens varierende, rene P-ernæringsstilstand, dvs. rene virkninger af P, og de tilsvarende optimale koncentrationer af hvert af de andre næringsstoffer. Hvis arealerne er tilpas snævre, som det her er tilfældet, kan de reduceres til gennemsnitskurver midt igennem arealerne som vist i figur 7. På denne måde fremkommer en P-diagnosemodel baseret på vinterforsøgets resultater (figur 8).

Af figurerne 7 og 8 fremgår det, at det endelige udbytte steg, og at den unge plantes optimale koncentrationer af N, Na, Mg og Ca viste stigende tendens med den stigende P-koncentration, som var foranlediget af stigende P-tilførsel.

Ved at bearbejde og fremstille resultaterne fra sommerforsøget på lignende måde som vist for vinterforsøget blev der ligeledes udformet en P-diagnosemodel baseret på sommerforsøgets re-



g tørstof/pl.  
g DM/pl.

g tørstof/pl.  
g DM/pl.

Fig. 3. Grundlag for korrektionsmodel. Vinterforsøg.  
Basis of correction model. Winter experiment.



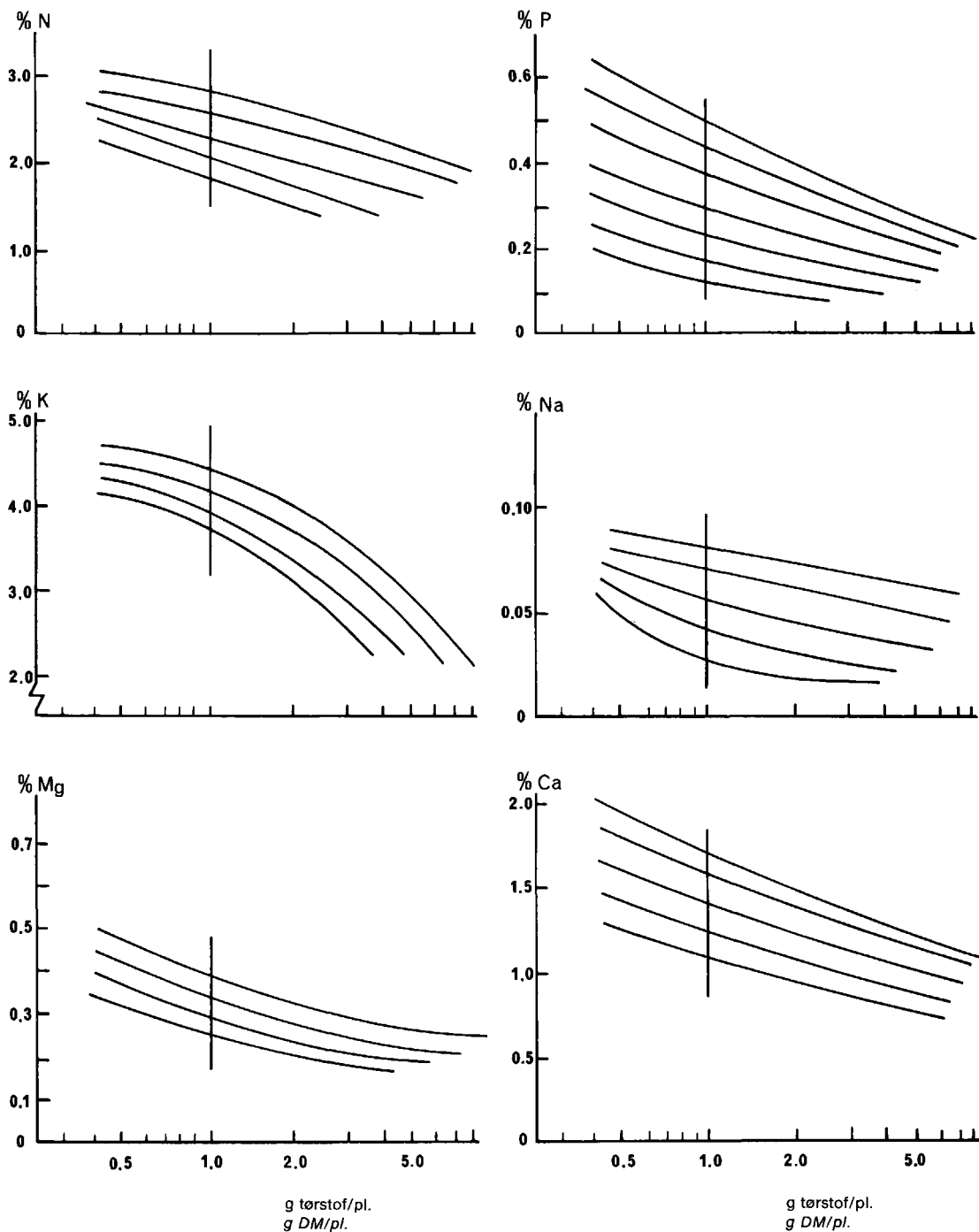


Fig. 4. Korrektionsmodel baseret på resultater fra vinterforsøget.  
*Correction model based on results from the winter experiment.*

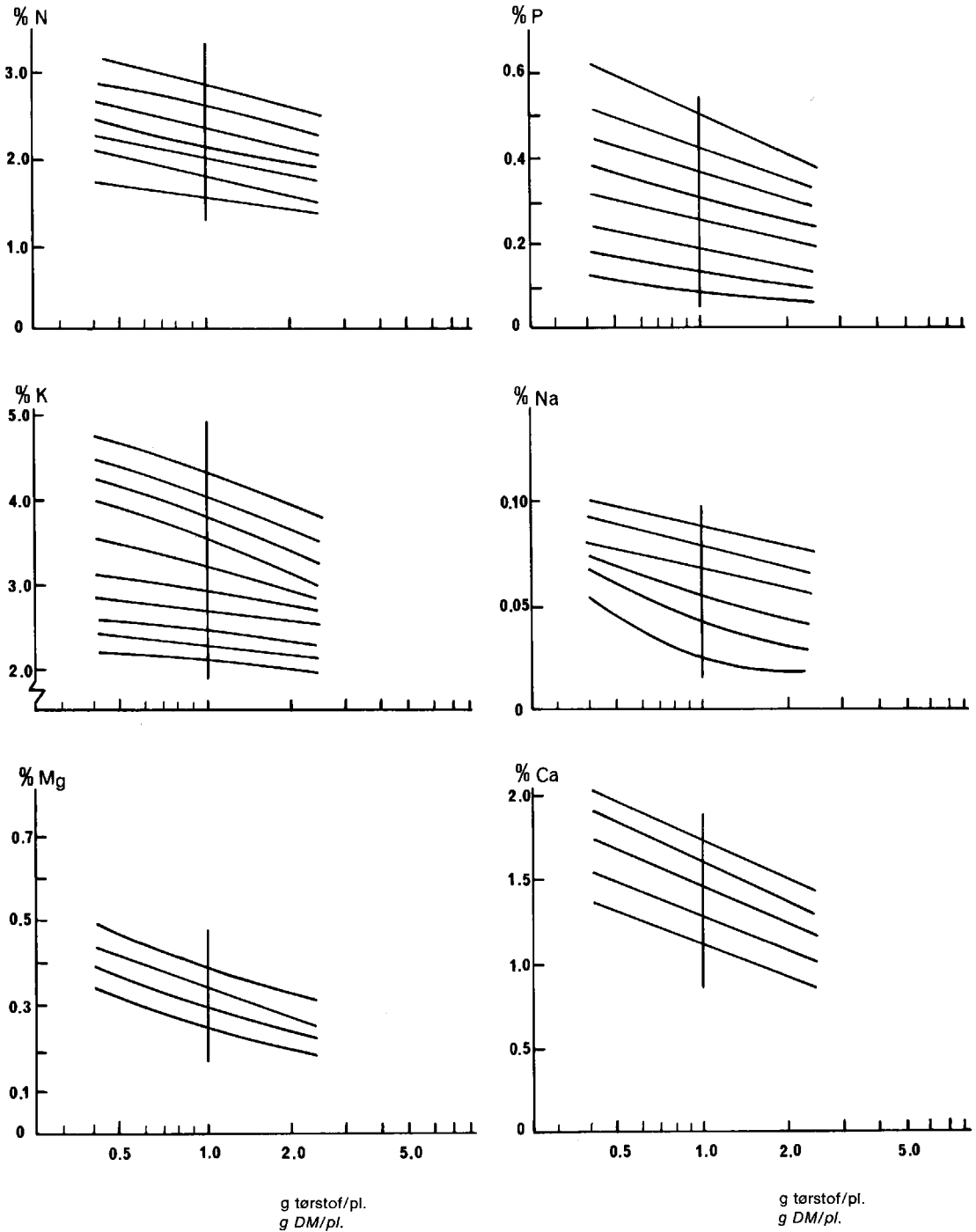


Fig. 5. Korrektionsmodel baseret på kombinerede resultater fra sommer- og vinterforsøget.  
Correction model based on combined results from the summer and winter experiments.

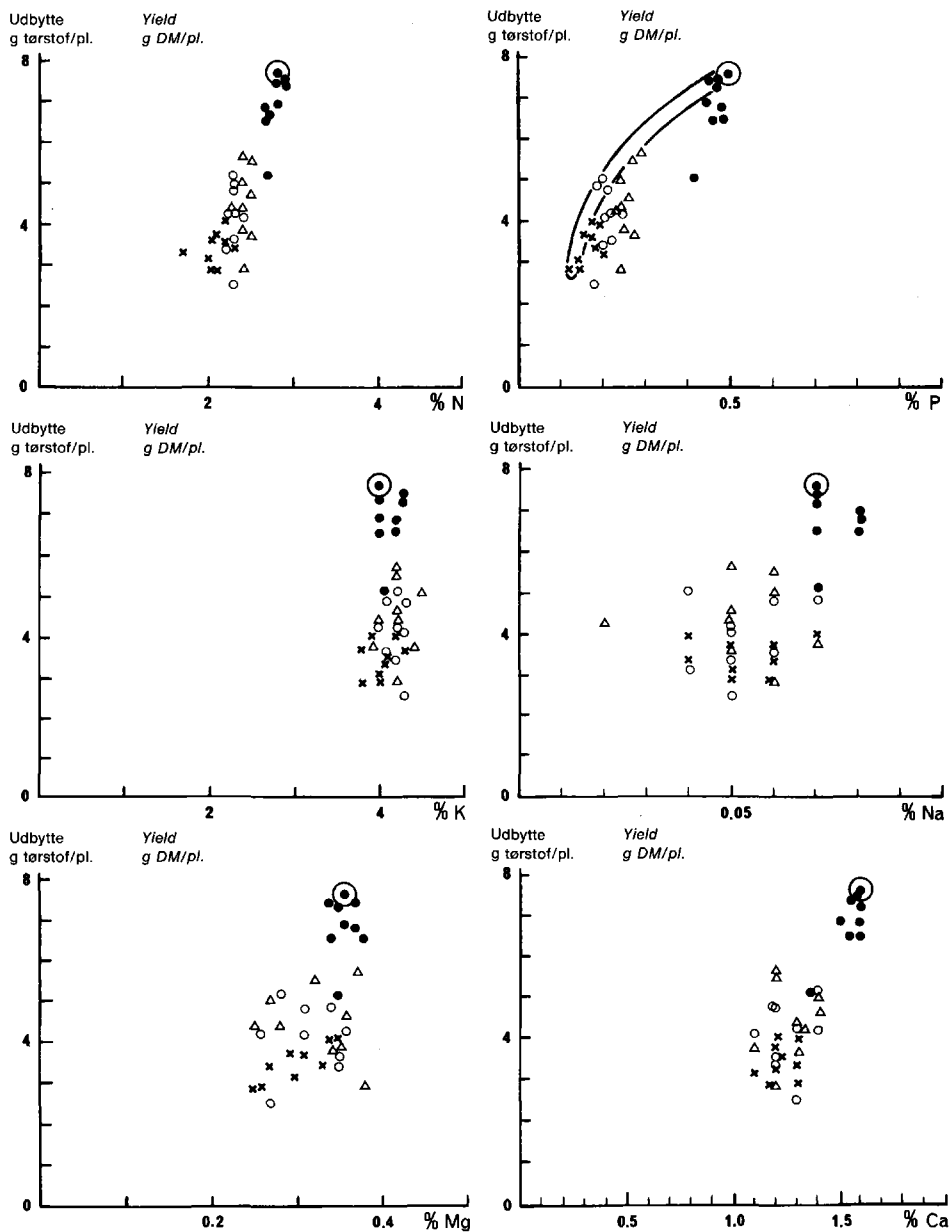


Fig. 6. Grundlag for diagnosemodeller baseret på resultater fra vinterforsøget. – Endelige udbytter i tørstof pr. plante som funktion af koncentrationer af diverse næringsstoffer i tørstoffet ved tørstofvægttrin 1 g pr. plante. Absolut optimale koncentrationer angivet ved ⊙. I koordinatsystemet øverst til højre vises areal for renvirkning af P.  
 Basis of diagnosis models based on results from the winter experiment. – Final yields of dry matter (DM) per plant as a function of the concentrations of various nutrients in DM at the DM weight level of 1 g per plant. Absolutely optimal concentrations are shown as ⊙. Area of pure-effect of P is shown in the upper co-ordinate system on the right.

5 ppm P, stenuld (rockwool) x  
 10 ppm P, stenuld (rockwool) o, enhedsjord (standard soil) ●  
 20 ppm P, stenuld (rockwool) Δ

Udbytte Yield  
g tørstof/pl. g DM/pl.

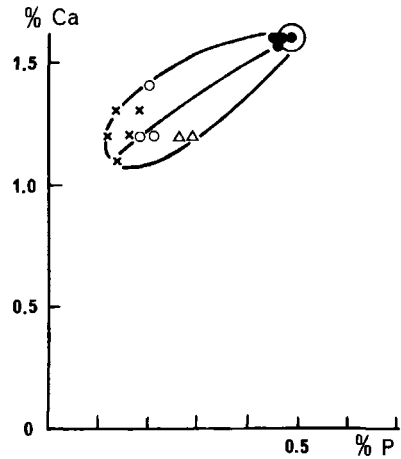
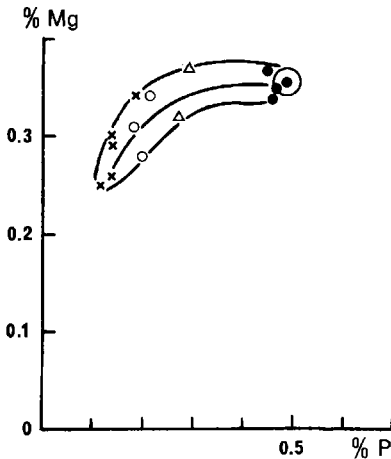
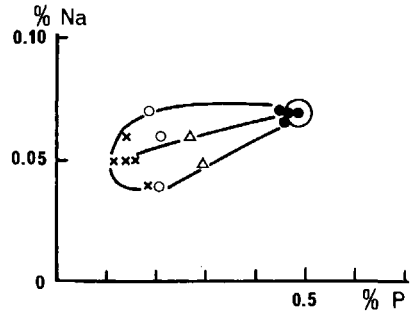
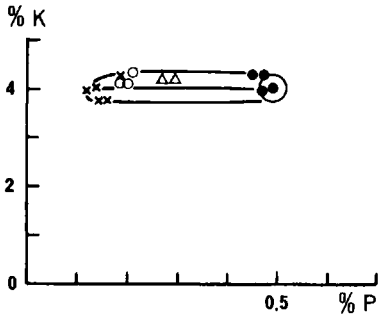
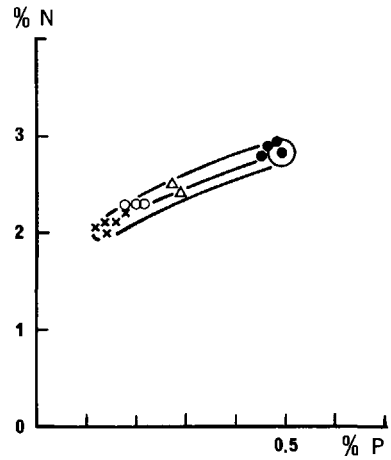
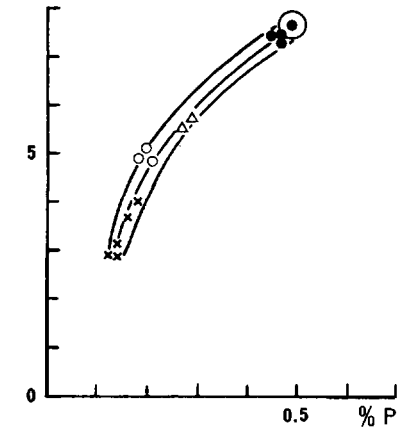


Fig. 7. Grundlag for P-diagnosemodel baseret på udvalgte resultater fra vinterforsøget. – Areal for renavirkning af P i koordinatsystemet øverst til venstre og arealer for relativt optimale næringsstofkoncentrationer i tørstoffet ved tørstofvægttrin 1 g pr. plante. Absolut optimale næringsstofkoncentrationer ( ⊙ ).

Basis of P-diagnosis model based on selected results from the winter experiment. – Area of pure-effect of P in the upper co-ordinate system on the left and areas of relatively optimal concentrations of nutrients in DM at the DM weight level of 1 g per plant. Absolutely optimal nutrient concentrations ( ⊙ ).

- 5 ppm P, stenuld (rockwool) x
- 10 ppm P, stenuld (rockwool) ○, enhedsjord (standard soil) ●
- 20 ppm P, stenuld (rockwool) △

Udbytte Yield  
g tørstof/pl. g DM/pl.

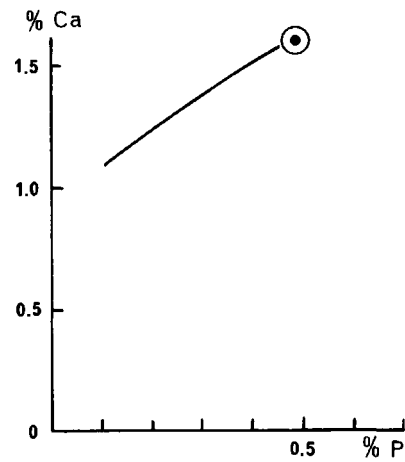
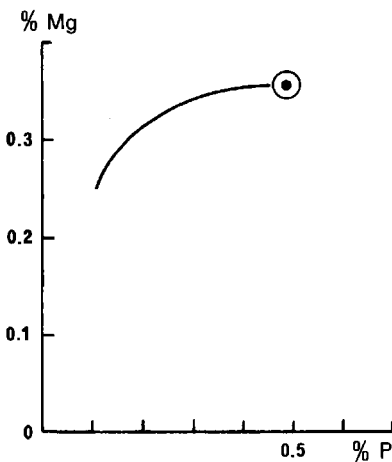
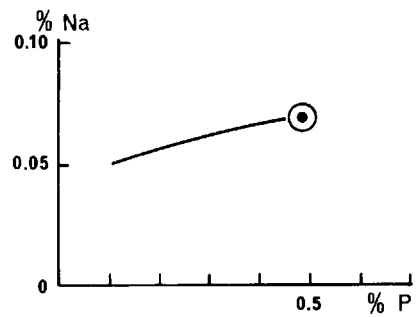
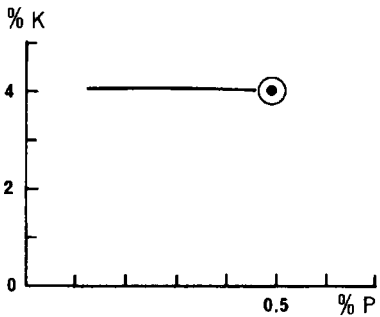
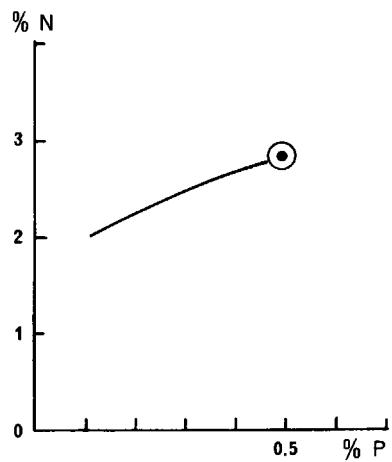
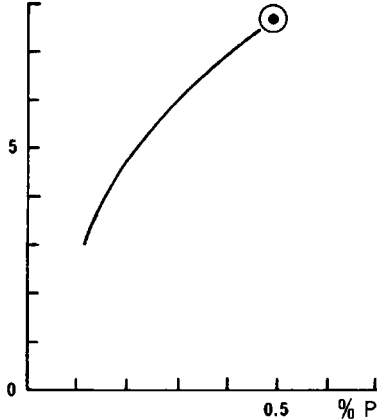


Fig. 8. P-diagnosemodel baseret på udvalgte resultater fra vinterforsøget med stenuld og enhedsjord. – Kurve for reinvirkning af P i koordinatsystemet øverst til venstre og kurver for relativt optimale næringsstofkoncentrationer i tørstoffet ved tørstofvægttrin 1 g pr. plante. Absolut optimale næringsstofkoncentrationer (⊙).  
*P-diagnosis model based on selected results from the winter experiment with rockwool and standard soil. – Curve of pure-effect of P in the upper co-ordinate system on the left and curves of relatively optimal concentrations of nutrients in DM at the DM weight level of 1 g per plant. Absolutely optimal nutrient concentrations (⊙).*

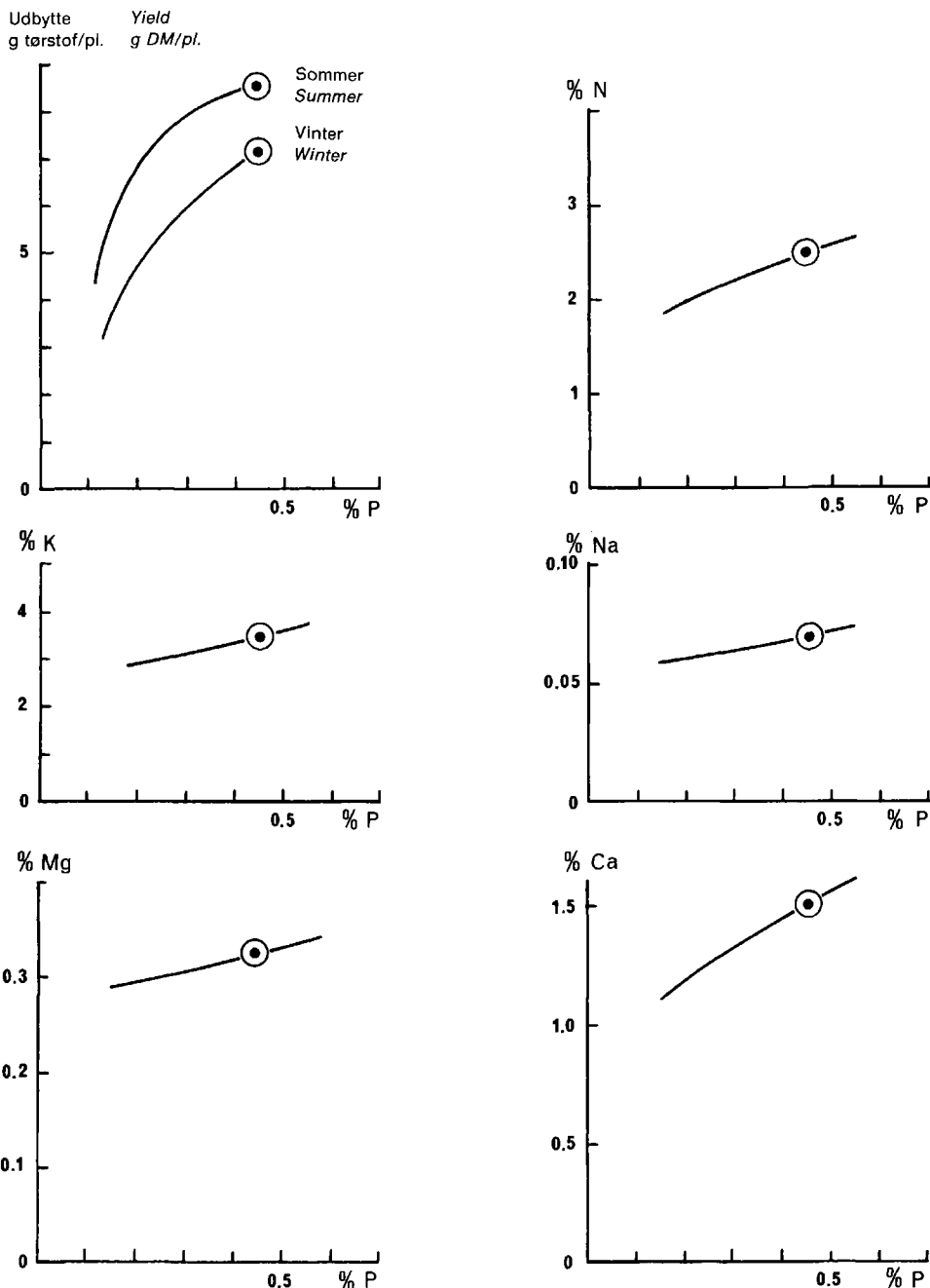


Fig. 9. P-diagnosemodel baseret på kombinerede resultater fra sommer- og vinterforsøget med stenuld og enhedsjord. – Kurver for renvirkning af P i koordinatsystemet øverst til venstre og kurver for relativt optimale næringsstofkoncentrationer i tørstoffet ved tørstofvægttrin 1 g pr. plante. Absolut optimale næringsstofkoncentrationer (⊙).

*P-diagnosis model based on combined results from the summer and winter experiments with rockwool and standard soil. – Curves of pure-effect of P in the upper co-ordinate system on the left and curves of relatively optimal concentrations of nutrients in DM at the DM weight level of 1 g per plant. Absolutely optimal nutrient concentrations (⊙).*

sultater. Medens denne afveg fra modellen for vinterforsøget ved at udbyttekurven ved stigende P-koncentration lå på et højere niveau, var der kun små afvigelser i de andre kurvers form og beliggenhed. De to modeller blev derfor sammenstillet til en fælles P-diagnosemodel (figur 9), hvori kun udbyttekurverne under sommer- og vinterdyrkningsforhold holdes adskilt.

Ud fra P-diagnosemodellen kan der under hensyntagen til dyrkningsomstændighederne foretages en kvantitativ bestemmelse af den unge plantes P-ernæringstilstand, som basis for en vurdering af nødvendigheden for supplerende P-tilførsel. Hvor meget P, der bør tilføres for at justere en eventuel for lav P-koncentration til den optimale, må dernæst bestemmes ud fra en P-terapimodel, som udvikles i det følgende.

#### 4.6. P-terapimodel

På basis af resultaterne i vinterforsøget vises i figur 10 virkningen af P-tilførsel på den unge *Hederaplantes* kemiske sammensætning. I koordinatsystemet øverst til venstre vises P-koncentrationsstigningen som funktion af begyndelseskoncentrationen for P ved supplerende P-tilførsler på henholdsvis 5 og 15 ppm, i dette tilfælde ved stigning i P-tilførslen fra 5 til 10 og fra 5 til 20 ppm. I de øvrige koordinatsystemer vises variationerne i de andre næringsstoffers koncentrationer med den stigende P-koncentration foranlediget af stigningen i P-tilførslen fra 5 til 20 ppm.

I det førstnævnte koordinatsystem danner de øvre randzonepunkter for de to P-koncentrationsstigninger i næringsvæsken basis for kurver, som angiver den største P-gødsningseffekt på plantens P-koncentration. Det er denne effekt, der ønskes opnået ved regulering af plantens P-ernæringstilstand. Eftersom denne effekt netop opnås ved de øvrige næringsstoffers optimale koncentrationer, som tilstræbes ved justeringen af plantens samlede ernæringstilstand, anvendes disse randzonekurver i P-terapimodellen, figur 11. Kurvemønstrene for de øvrige koordinatsystemer i figur 10 generaliseres i figur 11 til en P-terapimodel.

På lignende måde som for vinterforsøget udformedes en P-terapimodel for sommerforsøget.

Medens denne afveg fra modellen for vinterforsøget ved at P-gødsningseffekten på plantens P-koncentration var væsentlig mindre, var de øvrige næringsstoffers koncentrationsvariationer overensstemmende i de to forsøg. De to modeller blev derfor sammenstillet til en fælles P-terapimodel (figur 12), hvori kun kurverne for tilvækst i P-koncentration ved supplerende P-tilførsel holdes adskilt for de to dyrkningsperioder.

Ud fra P-terapimodellen kan der under hensyntagen til dyrkningsvilkårene foretages en kvantitativ bestemmelse af: 1) den P-tilførsel, der er nødvendig for at opnå optimal P-koncentration i planten, og 2) P-tilførselens indflydelse på de øvrige næringsstoffers koncentrationer.

## 5. Diskussion

### 5.1. Modellernes anvendelsesområde

Den nære overensstemmelse i kurveforløbene i de forskellige modeller for korrektion, P-diagnose og P-terapi i sommer- og vinterforsøget, som tillod en sammenstilling af modellerne, tyder på, at de anvendte sammenhænge er reproducerbare og udtrykker biologiske lovmæssigheder.

Dette bekræftes yderligere af overensstemmelserne mellem kurvemønstrene i modellerne for *Hedera* og tilsvarende modeller for andre afgrøder, som anført i indledningen. Disse overensstemmelser, der indebærer generelle sammenhænge uanset planteart og dyrkningsbetingelser letter arbejdet med at forbedre og videreudvikle modeller for forskellige afgrøder under forskellige vækstbetingelser, herunder også væksthushold. For diverse væksthushold, hvor næringsstofftilførslen kan foretages efter så forskellige principper som udskiftning (Hejndorf, 1974) eller regenerering (Nielsen, 1976; Willumsen, 1976) af næringsstoffopløsningen i lukkede vandingsystemer eller efter principper som overskudsdosering eller regenerering (Hansen, 1978) i åbne vandingsystemer, vil det dog formentlig blive nødvendigt at udforme modellerne under hensyntagen hertil. Det vil i særlig grad gælde terapimodellerne, som anviser en regulering af næringsstofftilførslen, og som dermed er nært knyttet til den anvendte vandings- og gødsk-

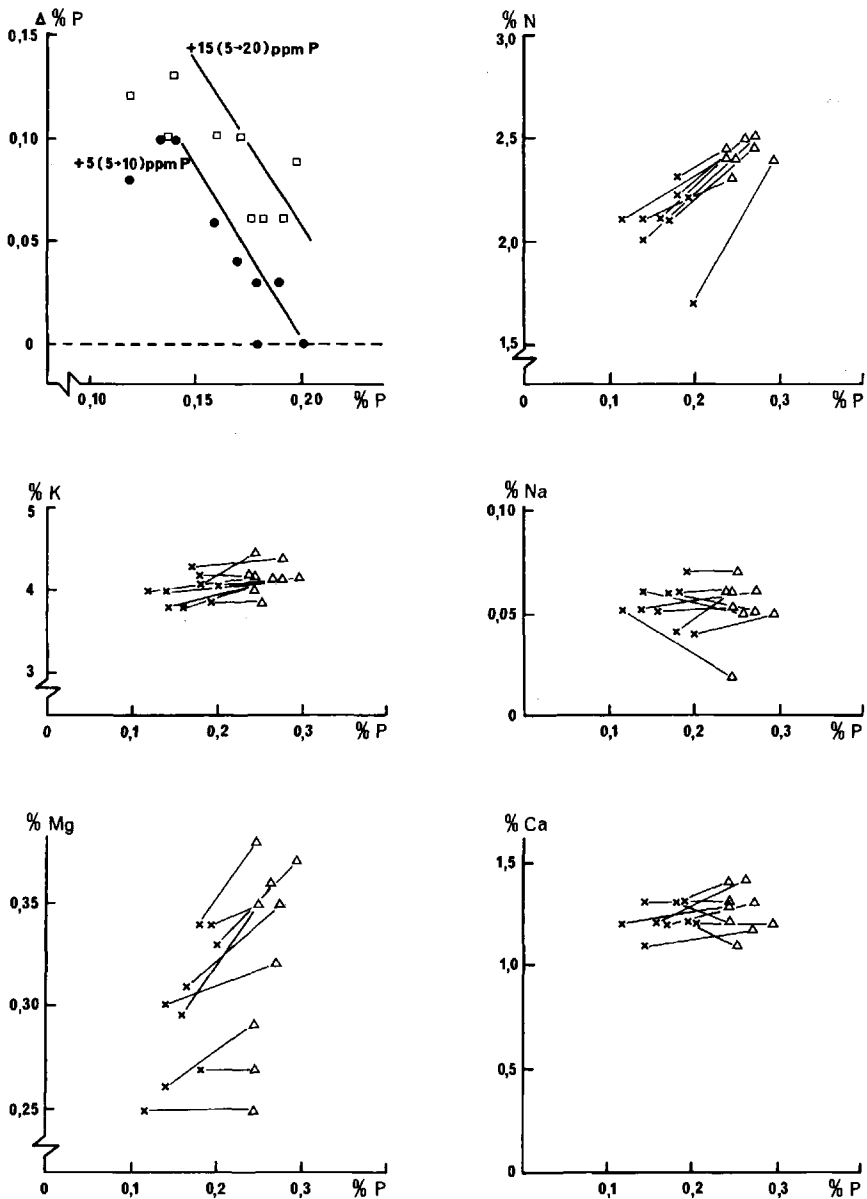


Fig. 10. Grundlag for P-terapi model baseret på resultater for vinterforsøgets planter i stenudd. – Kurverne i koordinatsystemet øverst til venstre viser de maksimale stigninger i P-koncentration i plantens tørstof ved stigende tilførsel af P, fra 5 til 10 (●) og fra 5 til 20 ppm (□), dvs. ved stigninger på 5 og 15 ppm, og som funktion af P-koncentration i tørstoffet ved oprindelig P-tilførsel. De øvrige koordinatsystemer viser ændringer i koncentrationen af diverse næringsstoffer i tørstoffet ved stigende tilførsel af P, fra 5 til 20 ppm (x →  $\Delta$ ). Alle koncentrationer gælder for et tørstofvægttrin på 1 g pr. plante.

*Basis of P-therapy model based on results for plants in rockwool of the winter experiment. – The curves of the upper co-ordinate system on the left show the maximum increments in P-concentration in DM of the plant caused by increased application of P, from 5 to 10 (●) and from 5 to 20 ppm (□), i.e. increases of 5 and 15 ppm P, at various initial concentrations of P in DM. The other co-ordinate systems show changes in concentration of various nutrients in DM caused by increased application of P, from 5 to 20 ppm (x →  $\Delta$ ). All concentrations are valid for a DM weight level of 1 g per plant.*



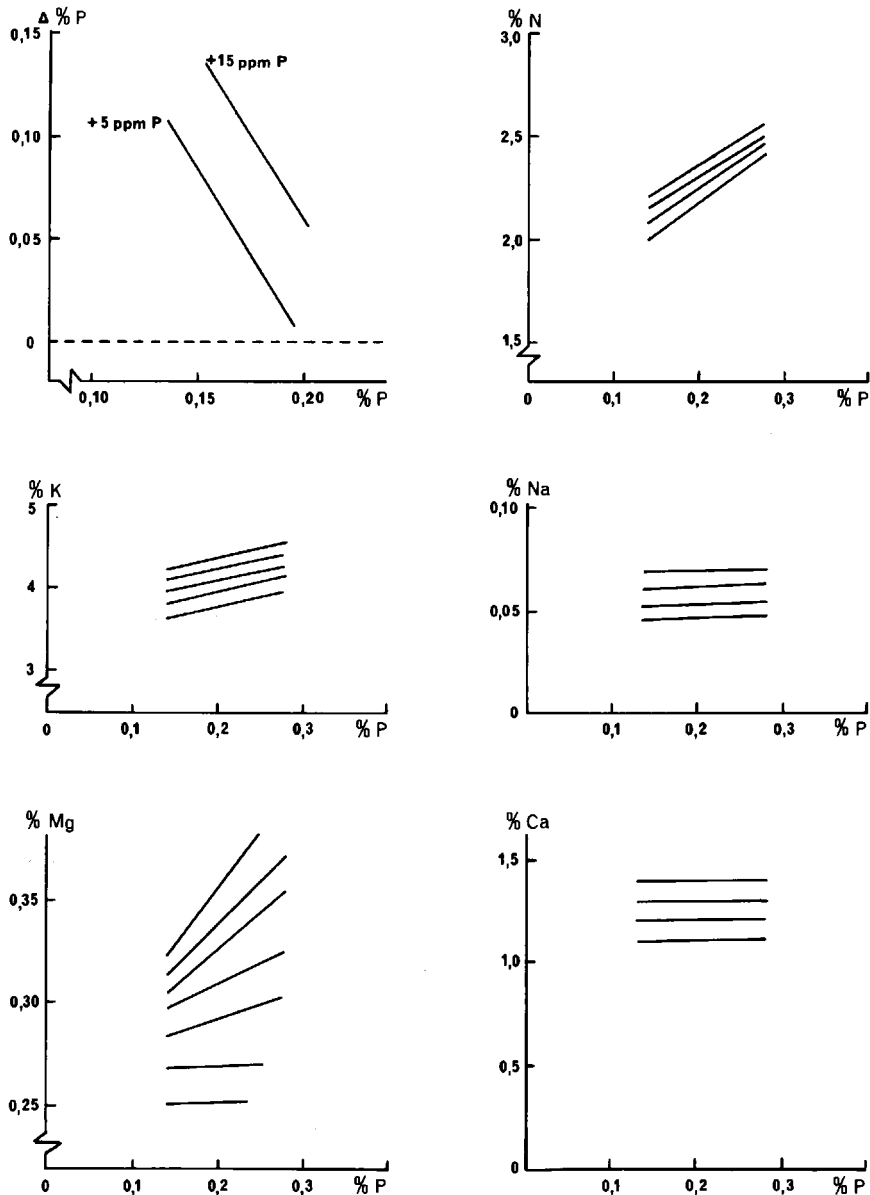


Fig. 11. P-terapi model baseret på resultater for vinterforsøgets planter i stenudd. – Kurver for renavirkninger af P i koordinatsystemet øverst til venstre viser de maksimale stigninger i P-koncentration i plantens tørstof ved stigninger i P-tilførsel på 5 og 15 ppm og som funktion af P-koncentration i tørstoffet ved oprindelig P-tilførsel. De øvrige koordinatsystemer viser ændringer i koncentrationen af diverse næringsstoffer i tørstoffet som funktion af stigninger i tørstoffets P-koncentration ved forøget P-tilførsel. Alle koncentrationer gælder for et tørstofvægttrin på 1 g pr. plante.

*P-therapy model based on results for plants in rockwool of the winter experiment. – Curves for pure-effects of P in the upper co-ordinate system on the left show the maximum increments in P-concentration in DM of the plant caused by increases in P-application (5 and 15 ppm) at various initial concentrations of P in DM. The other co-ordinate systems show changes in concentration of various nutrients in DM in relation to increments in P-concentration in DM caused by increased application of P. All concentrations are valid for a DM weight level of 1 g per plant.*

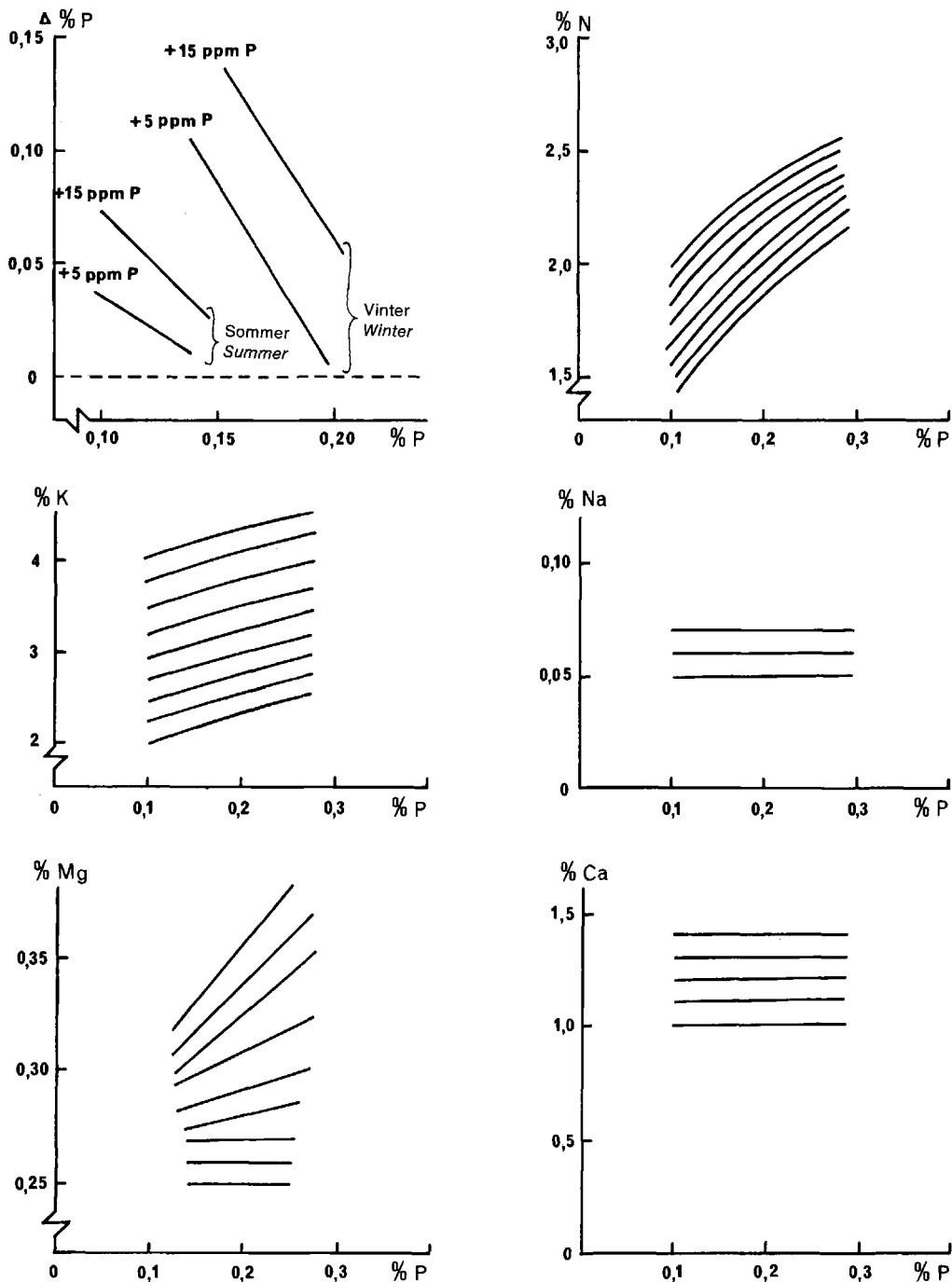


Fig. 12. P-terapiamodel baseret på resultater for sommer- og vinterforsøgets planter i stenuld. – Samme tekst som til fig. 11.

*P-therapy model based on results for plants in rockwool of the summer and winter experiments. – Same text as for fig. 11.*

ningsmetode og til egenskaber knyttet til de anvendte dyrkningsmedier.

### 5.2. P-diagnosemodel

P-diagnosemodellen i figur 9 viser en forskel mellem en sommer- og en vinterkultur af *Hedera* med hensyn til relationen mellem P-koncentrationen i planten på det fastlagte tørstofvægttrin og udbyttet ved kulturens afslutning. Med hensyn til de optimale koncentrationsværdier (○) for de forskellige næringsstoffer svarer disse til den kemiske sammensætning af den tidligere beskrevne »idealplante« for *Hedera helix ssp. canariensis* ved dette vægttrin (Friis-Nielsen, 1977).

Den maksimale plantehøjde var ved vinterkulturens afslutning lidt større end ved sommerkulturens afslutning, hvorimod den maksimale friskvægt og tørstofvægt var mindre (Friis-Nielsen, 1977). Hvis vinterkulturens afslutning imidlertid var blevet rykket blot 4–5 døgn frem, ville det maksimale tørstofudbytte formentlig være blevet det samme som for sommerkulturen. Dertil skal føjes, at de 2 forsøg blev afsluttet så sent, at planterne opnåede en højde på op imod 100 cm, medens den maksimale højde af *Hedera helix ssp. canariensis* 'Gloire de Marengo' normalt kun er det halve i danske erhvervsgartnerier. Der var i forsøgene af forsøgsteoretiske grunde én stiklingeplante pr. potte mod normalt ca. 6 planter pr. potte i gartnerierne.

Ovenstående bemærkninger antyder vanskeligheden ved at vælge og definere en passende udbytteparameter til brug i diagnosemodeller for potteplanter. Man kunne eksempelvis i stedet for g tørstof pr. plante vælge parameteren: produktionstid i døgn til opnåelse af en ønsket tørstofproduktion pr. plante.

Om den ene eller den anden udbytteparameter vælges, vil imidlertid ikke påvirke diagnosemodellens næringsstofsammenhænge. Der kan derfor foretages en diagnosebestemmelse ud fra modellen i figur 9 uanset valg af udbytteparameter. Derimod vil en udbytteprognose naturligvis være helt afhængig af de valgte udbyttekriterium. Endelig må det konkluderes, at den i figur 9 viste forskel mellem en sommer- og en vinterkultur ikke er særlig væsentlig. Det drejer sig om

en forskel i produktionstid på kun 4–5 døgn sammenlignet med f.eks. vinterforsøgets samlede produktionstid på 137 døgn.

### 5.3. P-terapi model

P-terapi modellen i figur 12 fremviser også forskelle mellem en sommer- og en vinterkultur af *Hedera*. Årsagen hertil synes at kunne henføres til vekselvirkninger mellem de årstidsbestemte vækstfaktorer (lysentensitet, daglængde og luftfugtighed) og det pågældende dyrkningsmedium, nemlig granuleret stenuld. Terapi modellen er udviklet udelukkende på grundlag af analyseresultater for planter i potter med granuleret stenuld. Derfor omfatter terapi modellen kun en begrænset del af det koncentrationsområde for P, som er vist i diagnosemodellen.

I de to forsøg blev dyrkningsmedierne analyseret for næringsstoffer flere gange under kulturen. Resultaterne herfra viser for stenulden fosforværdier (Fv), som ændredes meget i løbet af kulturperioden. Fv øgedes med tiden fra 0,05, som er ekstremt lav, til 55 ved største P-tilførsel i vinterkulturen og tilsvarende fra 0,05 til 12 i sommerkulturen. Generelt var der gennem hele vækstperioden tilsyneladende en væsentlig større fosformængde tilgængelig for planterne i stenuld om vinteren end om sommeren, selv om næringsstofføltilførslerne var ens på de to årstider. Det hænger sammen med dels den længere kulturtid om vinteren, hvilket muliggør en større P-ophobning i stenulden i potten, og dels den granulerede stenulds evne til at udfælde og fastbinde fosfat, især i begyndelsen af kulturen. Sidstnævnte skyldes, at stenulden langsomt nedbrydes i forbindelse med en næringsstofopløsning under afgivelse af basiske forbindelser (Willumsen, 1974). Dermed er der risiko for, at en stor del af det tilførte fosfat gøres utilgængeligt for planterne.

Det er på denne baggrund ikke mærkeligt, at terapi modellen i figur 12 fremviser forskelle mellem en vinter- og en sommerkultur, men det er tvivlsomt, hvorvidt disse forskelle er gældende for andre dyrkningsmedier end granuleret stenuld og for andre dyrkningsforhold end de her anvendte. Derimod er det sandsynligt – som følge af god overensstemmelse mellem de to forsøg – at de

viste næringsstofsammenhænge i terapimodellen er alment gældende for den pågældende sort af *Hedera*.

#### 5.4. Videreudvikling af modellerne

I forsøgene var der kun tydeligt udslag i den kemiske sammensætning og i udbyttet af *Hedera* ved varieret P-tilførsel, hvorfor diagnose- og terapi-modeller kun kunne fremstilles for P. Eftersom en fuldstændig diagnostisk og terapeutisk bestemmelse forudsætter, at der er udformet modeller for flere næringsstoffer og især N og K, må det videre forsøgsarbejde med overføringen af gødskningssystemet til *Hedera* først og fremmest sigte mod udformning af sådanne modeller. Lykkes det, vil den sædvanlige fremgangsmåde kunne følges ved 1) Diagnose: Bestemmelse af det dominerende næringsstof med angivelse af dets absolutte mangel og de øvrige næringsstoffers relative mangler og overmål, 2) Prognoser: Bestemmelse af det endelige produkts udbytte og kemiske sammensætning på basis af diagnosen og 3) Terapi: Bestemmelse af den nødvendige supplerende tilførsel af diverse manglende næringsstoffer til opnåelse af ønsket udbytte og kemisk sammensætning af det færdige produkt. Denne effekt kunne måske også opnås ved ændring af vækstbetingelser såsom N-form (Møller Nielsen, 1973), rodtemperatur (Cooper, 1973) og pH i dyrkningssubstratet (Clark & Shive, 1934).

Forsøg med det formål at fuldstændiggøre gødskningssystemet for *Hedera* til brug for praksis, dvs. udvide, forbedre og afprøve vurderings- og reguleringsmodellerne, er allerede indledt i 1979 på Institut for Væksthuskulturer, Årsløv. Sideløbende er der i samarbejde med Dansk Erhvervsgartnerforening påbegyndt en vidtgående undersøgelse af en række potteplantekulturer, hvad angår sammenhængene mellem den kemiske sammensætning af de unge planter, deres væksthastighed og det færdige produkts størrelse, kvalitet og kemiske sammensætning. Hertil kommer, at det er forsøgt at overføre gødskningssystemet til hovedsalat (Yoganathan et al. og Selvaratnam et al.) samt til grønsager på friland.

Forklaringen på den stærke intensivering af forskningsarbejdet vedrørende overførsel af det

kvantitative gødskningssystem til gartneriafgrøder under væksthus- og frilandsforhold findes i den voksende erkendelse af såvel muligheden for som nødvendigheden af en sikker styring af næringsstofftilførslen sammen med de øvrige stoffproduktionsfaktorer til opnåelse af en ønsket planteproduktion på et ønsket tidspunkt.

#### 6. Konklusion

Overførsel af et kvantitativt gødskningssystem fra landbrugs- til væksthushold er foreløbigt lykkedes i den udstrækning, at der er udviklet modeller til vurdering og regulering af fosforer-næringstilstanden af *Hedera helix ssp. canariensis*. I den gode overensstemmelse mellem disse modeller og de tilsvarende for landbrugsafgrøder ligger en opfordring til at videreføre overførslen af systemet til *Hedera* også for andre næringsstoffer.

Et kvantitativt gødskningssystem må betragtes som særlig velegnet under dyrkningsvilkår, hvor vækstfaktorerne i videste udstrækning kan kontrolleres, som det er tilfældet i væksthuse. Derfor er der også påbegyndt undersøgelser med henblik på at overføre systemet til andre væksthuskulturer.

#### 7. Erkendtlighed

De foreliggende undersøgelser er udført med støtte fra Statens Jordbrugs- og Veterinærvidenskabelige Forskningsråd (J. nr. 513-1550 og 513-5035).

#### 8. Litteratur

- Clark, H.E. & Shive, J.W. (1934): The influence of the pH of a culture solution on the rates of absorption of ammonium and nitrate nitrogen by the tomato plant. *Soil Science* 37, 203-225.
- Cooper, A.J. (1973): Root temperature and plant growth. Commonwealth Bureau of Horticulture and Plantation Crops, East Malling, Research Review No. 4, pp. 73.
- Friis-Nielsen, B. (1977): Undersøgelser af vækstfaktorer ved produktion af potteplanter (*Hedera*) i væksthuse. II. Årstidsbestemte variationer i vækst, næringsstoffoptagelse og tørstof/friskvægt forhold ved varierende tilførsel af N, P og K. *Tidsskr. Planteavl* 81, 409-429.
- Gosvig, V. (1980): Kemiske planteanalyser – et nyt hjælpemiddel for det korndyrkende landbrug. Alt

- Det Nyeste. Det kgl. danske Landhusholdningsselskab: 14–17.
- Hansen, M. (1978): Plant specific nutrition and preparation of nutrient solutions. *Acta Horticulturae* 82, 109–112.
- Hejndorf, F. (1974): Undervanding af planter i lukket system. VSOP rapport 2. *Gartner Tidende* 90, 233–235.
- Lundegårdh, H. (1941): Die Tripelanalyse. *Kungl. Lantbr. Högsk. Ann.* 9, 127–221.
- Kumar, V. & Nielsen, J. Møller (Under udarbejdelse): Nitrogen diagnosis and therapy of maize.
- Murali, N.S. & Møller Nielsen, J. (1979): The Danish method of diagnosis and yield prognosis applied to soybean cultivation in Thailand. *Thai J. Agric. Sci.* 12, 223–233.
- Nielsen, J. Møller (1973): Kornplanters ernæringstilstand. Vurderet og reguleret ud fra planternes kemiske sammensætning. Dissertation, DSR Forlag, K.V.L., pp. 247.
- Nielsen, J. Møller (1974): VSOP rapport 8: Kemiske planteanalyser til diagnoseformål. *Gartner Tidende* 90, 425.
- Nielsen, J. Møller & Friis-Nielsen, B. (1976 a): Evaluation and control of the nutritional status of cereals. I. Dry matter weight level. *Plant and Soil* 45, 317–338.
- Nielsen, J. Møller & Friis-Nielsen, B. (1976 b): Evaluation and control of the nutritional status of cereals. II. Pure-effect of a nutrient. *Plant and Soil* 45, 339–351.
- Nielsen, J. Møller & Friis-Nielsen, B. (1976 c): Evaluation and control of the nutritional status of cereals. III. Methods of diagnosis and yield prognosis. *Plant and Soil* 45, 647–658.
- Nielsen, J. Møller (1979 a): Evaluation and control of the nutritional status of cereals. IV. Quantity of final yield controlled by nutrient therapy. *Plant and Soil* 52, 229–244.
- Nielsen, J. Møller (1979 b): Evaluation and control of the nutritional status of cereals. V. Quality of final yield controlled by nutrient therapy. *Plant and Soil* 52, 245–268.
- Nielsen, J. Møller, Payboon, P., Murali, N.S., Sumitra, P., & Alva, A.K. (1979): Paddy fertilization based on chemical composition of the plants. Research Report No. 108. AIT, Bangkok, 199 pp.
- Nielsen, J. Møller (1980): Evaluation and control of the nutritional status of cereals. VI. Trophogenesis. *Plant and Soil* 55, 465–483.
- Nielsen, N.E. (1976): Om formuleringen af næringsstofopløsninger og dyrkning af planter i vandkultur. *Tidsskr. Planteavl* 80, 175–180.
- Prévot, P. & Ollagnier, M. (1956): Methode d'utilisation du diagnostic foliaire. *Plant Anal. and Fertil. Problems. IRHO, Paris*, 177–192.
- Selvaratnam, W.V., Yoganathan, P. & Willumsen, J. (under udarbejdelse): Evaluation and control of the nutritional status of lettuce (*Lactuca sativa* var. *capitata* L. 'Ostinata') in water culture. II. Nutrient therapy controlling quantity of final yield.
- Skriver, K. (1975, 1978 og 1979 a): Eftergødskning af hvede på grundlag af kemiske planteanalyser. *Planteavlsarbejdet i Landbo- og Husmandsforeningerne*, 113–114, 139 og 137–138.
- Skriver, K. (1979 b): Gødskning efter kemiske planteanalyser. *Landsbladet* 24 (20), 48.
- Sumalee, A. & Vang-Petersen, O. (Under udarbejdelse): Leaf analysis as a guide in apple tree nutrition. I. Spur leaf as an object of analysis and a time scale.
- Sumalee, A. & Vang-Petersen, O. (Under udarbejdelse): Leaf analysis as a guide in apple tree nutrition. II. Diagnosis of nutritional status by means of spur leaf analysis.
- Sumitra, P & Nielsen, J. Møller (1979): Study of evaluating the nutritional status of rice plants based on their chemical composition. *Thai J. Agri. Sci.* 12, 277–289.
- Willumsen, J. (1974): Plantens vækst og næringsstofindhold som funktion af næringsstofkoncentration og tilførselshastighed på forskellige udviklingsstadier af *Chrysanthemum morifolium* Ram. Lic. afhandling, Den kgl. Vet.- og Landbohøjskole, Væksthusafd., København, 131 pp. med 48 bilag.
- Willumsen, J. (1976): Sammensætning og styring af næringsstofopløsninger til potteplanter i rindende vand. 1259. meddelelse fra Statens Forsøgsvirksomhed i Plantekultur, pp. 4.
- Willumsen, J. & Magle Pedersen, A. (1977): Undersøgelser af vækstfaktorer ved produktion af potteplanter (*Hedera*) i væksthuse. I. Metoder og udbytter. *Tidsskr. Planteavl* 81, 397–408.
- Yoganathan, P., Selvaratnam, W.V. & Willumsen, J. (Under udarbejdelse): Evaluation and control of the nutritional status of lettuce (*Lactuca sativa* var. *capitata* L. 'Ostinata') in water culture. I. Diagnosis and yield prognosis models.

Manuskript modtaget den 26. januar 1981