

# Mangan, Kobber og Bor i Vaarsæd paa forskellige Udviklingsstadier.

Af F. Steenbjerg og Else Boken.

## 360. Beretning fra Statens Forsøgsvirksomhed i Plantekultur.

Nærværende Afhandling redegør for Undersøgelser over Vaarsædens Indhold af de tre vigtigste Mikronæringsstoffer og af Fosfor paa forskellige Tidspunkter i Vækstperioden. Undersøgelserne, der er af orienterende Natur, gennemførtes i Aarene 1939 og 1940 under Medvirkning af Assistent, Landbrugskandidat Fru *Else Boken*.

Forstanderne ved Statens Forsøgsvirksomhed i Plantekultur.

| Indhold.                                                     | Side |
|--------------------------------------------------------------|------|
| Indledning .....                                             | 100  |
| 1. Jordbunds-, Gødsknings- og Vejrforhold .....              | 102  |
| 2. Metodiske Forhold                                         |      |
| a. Udtagning og Behandling af Afgrødeprøver .....            | 105  |
| b. Kemiske Analysemetoder .....                              | 107  |
| 3. Det relative Indhold af Mikronæringsstoffer .....         | 109  |
| 4. Den samlede Afgrødes Indhold af Mikronæringsstoffer ..... | 112  |
| Oversigt .....                                               | 128  |
| Summary .....                                                | 129  |
| Litteratur .....                                             | 131  |

### Indledning.

I 1887 fremkom *Liebschers* Hovedarbejde (1) over Planternes Næringsstofoptagelse<sup>1)</sup>. *Liebscher* behandlede heri Spørgsmaalet, om den Betydning Undersøgelser over Næringsstofoptagelsens og Stofproduktionens Forløb havde for Gødningslæren.

<sup>1)</sup> Ordene Næringsstofoptagelse og Næringsstofindhold bruges i det følgende, hvor ikke andet er anført, i Betydningen Næringsstofoptagelsens tidsmæssige Forløb henholdsvis Næringsstofindholdets tidsmæssige Forløb. Strengt taget burde man kun tale om Næringsstofindholdets tidsmæssige Forløb. Det der kan bestemmes med Sikkerhed, er jo nemlig slet og ret Indholdet paa forskellige Tidspunkter i Vækstperioden; Optagelsens Tidsforløb er betydelig vanskeligere at bestemme.

Ved Sammenligning af Næringsstofoptagelsens og Stofproduktionens tidsmæssige Forløb søgte *Liebscher* at udlede Regler for de forskellige Afgrøders Gødskning. Eksempelvis maatte en forholdsvis stor Næringsstofoptagelse i Plantens første Voksetid nødvendig gøre en tidlig Udbringning af letopløselige Handelsgødninger; hvis Stofproduktionen i samme Tidsperiode desuden var særlig stor, betød det, at Gødningsbehovet var særlig stort i denne Periode (Vaarsæd). *Liebscher* ansaa især Næringsstofoptagelsens tidsmæssige Forløb, dens Placering eller Fordeling i Vækstperioden for karakteristisk og mente at kunne slutte, at der eksisterede en tidsmæssigt set strengt artstypisk Næringsstofoptagelse, ud fra hvilken de enkelte Afgrøders Gødskning kunde angives.

At *Liebschers* Antagelse om en ubevægelig, strengt artstypisk Næringsstofoptagelse — og de Slutninger han ud fra denne Antagelse mente at kunne drage — ikke er fuldgældige, er siden vist af *Remy* (2), (3), *Küpper* (4), *Franken* (5), *Quitau* (5a) og *van Itallie* (17) m. fl. Planterne har, som vist af ovennævnte Forfattere, en betydelig Tilpasningsevne, hvilket blandt andet giver sig Udslag i, at Ændringer i Næringsstofoptagelsens Forløb foraarsagede af Klima- og Gødskningsforhold, til en vis Grad udlignes under Afgrødens Udvikling, men ogsaa kun til en vis Grad. For samme Afgrøde kan Næringsstofoptagelsens Forløb derfor variere fra Aar til Aar og med forskellige Gødskningsforhold; om noget artstypisk Forløb i strengeste Forstand er der følgelig ikke Tale.

*Liebschers* Teorier har altsaa i deres mest kategoriske Form maattet modificeres. De til Grund liggende Undersøgelser over det tidsmæssige Forløb af Næringsstofoptagelsen og Stofproduktionen har imidlertid fremdeles teoretisk Betydning for Gødningslæren. Gødningsforsøget af i Dag vil dog som Regel ad en Genvej kunne belyse foreliggende Spørgsmaal om Gødskningens Økonomi. Til Løsning af rent praktiske Opgaver maa det Gødningsforsøg, der anstilles udfra baade jordbundskemiske og plantefysiologiske Synspunkter, i Virkeligheden foretrækkes, fordi Udførelsen er forholdsvis nem. Desuden kan en kritikløs Anvendelse af *Liebschers* Fremgangsmaade føre til alvorlige Fejlslutninger. For Eksempel maatte en Sammenligning af nogle af *Rademacher* (10) fundne Kurver for det tidsmæssige Forløb af Havrens Kobberoptagelse og Stofproduktion føre til den Slutning, at kun en tidlig Udbringning af letopløselige Kob-

bergødninger maatte anbefales til Havre. Det har imidlertid vist sig, at ogsaa yderst tungtopløselige Kobberminerale kan være gode Kobbergødninger til Vaarsæd (7).

Ved Undersøgelser over Planternes Næringsstofindhold paa forskellige Udviklingsstadier har man hidtil — se dog *Rademacher* (10) — beskæftiget sig med Grundstofferne Kvælstof, Fosfor, Kalium, Natrium, Kalcium og Magnium samt Klor og Silicium, og de Afgrøder, der har været inddraget i disse Undersøgelser, har gennemgaaende været fuldt normale med Hensyn til Vækst og Udbytte.

I Betragtning af, at Jordbruget er begyndt at anvende Mangan, Kobber og Bor udfra gødskningsmæssige Synspunkter, maatte det være af Interesse at foretage lignende Undersøgelser for disse tre Mikronæringsstoffer, alene af den Grund, at det ikke paa Forhaand var givet, at det tidsmæssige Forløb af deres Optagelse var som for Makronæringsstofferne. Til Orientering medtoges Fosfor, om hvis tidsmæssige Optagelse der foreligger mange Undersøgelser.

Den udførte Undersøgelse er et Led i det Arbejde, der udføres ved den jordbundskemiske Afdeling til Udredning af Mikronæringsstofferne Forhold i Jorden og i Planterne. Naar Vaarsæd valgtes som Undersøgelsesmateriale, var det fordi Vaarsæden meget ofte lider af Mangan- og Kobbermangel. Da Bor-mangel saavidt vides aldrig er konstateret i Vaarsæd under Markforhold, havde det til Sammenligning Interesse at se, hvorledes Boroptagelsen forløb hos Vaarsæd.

Undersøgelsens Formaal var altsaa først og fremmest at belyse Mikronæringsstofferne Forhold. Imidlertid var enkelte af de opnaaede Resultater af en saadan Art, at de førte ind paa en Undersøgelse af det hidtidige Grundlag for en Talbehandling af et Forsøgsmateriale af denne Beskaffenhed. Desuden behandles en Del Forhold af almindelig Interesse for Gødningslæren.

### 1. Jordbunds-, Gødsknings- og Vejrforhold.

Statens Forsøgsstation i Lyngby stillede Afgrøder til Raa-dighed for Undersøgelsen, der i 1939 omfattede Abed Kenia-Byg og Svaløf Ørn-Havre fra Sortsforsøget i Parcelmark 6 og i 1940 Abed Kenia-Byg fra Parcelmark 5. Jorden er i disse Marker en let Lermuld med normalt Muldindhold; Undergrunden er sandblandet. Omstaaende findes en Opgørelse over Forfrugter og Gødskning i Parcelmarkerne 5 og 6.

*Parcelmark 5.*

1939. Foderbeder gødet med 40 t Staldgødning, 400 kg Chilesalpeter, 200 kg Superfosfat og 300 kg Kaliumgødning pr. ha.

1940. Abed Kenia-Byg gødet med 230 kg Kalksalpeter, 100 kg Superfosfat og 200 kg Kaliumgødning pr. ha.

*Parcelmark 6.*

1938. Foderbeder gødet med 45 t Staldgødning, 350 kg Chilesalpeter, 200 kg Superfosfat og 300 kg Kaliumgødning pr. ha.

1939. Vaarsæd gødet med 200 kg Kalksalpeter, 200 kg Superfosfat og 200 kg Kaliumgødning pr. ha.

Paa Lyngby Forsøgsstation findes, særlig paa Havre, meget ofte tydelige Symptomer paa Manganmangel, medens der aldrig

er konstateret Kobber- eller Bormangel i Vaarsæden. Der blev derfor med visse Tidsmellerrum udtaget Jordprøver, hvori der bestemtes Mangantal og Reaktionstal, dels igennem et helt Aar (Parcelmark 6, 1939—40), dels kun i Vækstperioden (Parcelmark 5, 1940). I 1939 blev der med Jordbor udtaget 4 Stik i hver Parcels Værnebælte (9 Fællesparceller med Havre og 8 Fællesparceller med Byg), medens der i 1940 udtoges 4 Stik i hver af de 6 Fællesparceller. Jordprøverne blev paa Grund af de tørre Somre, der vanskeliggjorde en Prøveudtagning med Jordbor til 20 cm Dybde, udtaget i 10 eller 15 cm Dybde.

Tabel 1.  
Mangantal og Reaktionstal.  
1939—40.

| Dato        |           | Parcelmark 6     |     |                |     |
|-------------|-----------|------------------|-----|----------------|-----|
|             |           | Svaløf Ørn-Havre |     | Abed Kenia-Byg |     |
|             |           | TMn              | pH  | TMn            | pH  |
| 20/5        | 1939..... | 1.8              | 6.7 | 1.9            | 6.8 |
| 3/6         | » .....   | 1.6              | 7.0 | 2.6            | 6.9 |
| 21/6        | » .....   | 0.9              | 7.0 | 1.0            | 6.9 |
| 4/7         | » .....   | 1.1              | 7.0 | 1.1            | 6.9 |
| 24/7        | » .....   | 1.3              | 7.2 | 1.4            | 7.1 |
| 31/7 og 3/8 | » .....   | 1.3              | 7.2 | 0.9            | 7.2 |
| 14/8        | » .....   | 1.5              | 7.3 | 0.8            | 7.3 |
| 4/9         | » .....   | 0.7              | 6.9 | 1.0            | 6.9 |
| 19/9        | » .....   | 1.3              | 7.0 | 1.1            | 6.9 |
| 3/10        | » .....   | 0.6              | 6.9 | 1.0            | 7.1 |
| 17/10       | » .....   | 0.7              | 7.2 | 1.3            | 7.0 |
| 31/10       | » .....   | 0.7              | 7.2 | 0.9            | 7.2 |
| 14/11       | » .....   | 0.8              | 7.2 | 1.1            | 7.1 |
| 28/11       | » .....   | 1.3              | 7.1 | 2.7            | 7.1 |
| 23/4        | 1940..... | 1.5              | 7.0 | 2.6            | 7.1 |
| 9/5         | » .....   | 1.4              | 7.0 | 1.3            | 6.8 |
| 6/6         | » .....   | 1.0              | 7.0 | 1.4            | 7.0 |
|             |           | Parcelmark 5     |     |                |     |
| 3/6         | 1940..... | —                | —   | 1.8            | 6.6 |
| 17/6        | » .....   | —                | —   | 2.7            | 6.8 |
| 28/6        | » .....   | —                | —   | 1.2            | 7.0 |
| 11/7        | » .....   | —                | —   | 1.5            | 7.1 |
| 25/7        | » .....   | —                | —   | 2.2            | 6.8 |
| 7/8         | » .....   | —                | —   | 0.8            | 6.6 |

Af Tabel 1 ses det, at Reaktionstallet er ret konstant i de undersøgte Tidsperioder. Mangantallene synes at være højest i Foraarstiden; men nogen sikker sæsonpræget Afhængighed er der ikke. Mangantallene er imidlertid som Helhed saa lave, at der ubetinget maatte ventes tydelige Symptomer paa Manganmangel, i hvert Fald i Havre. Paa Svaløf Ørn-Havre (1939) bemærkedes da ogsaa den  $\frac{31}{6}$  ret kraftige Mangelsymptomer, som sikkert har været til Stede før denne Dato. Den  $\frac{3}{6}$  var Symptomerne særlig kraftige og udbredte. Ved en Besigtigelse den  $\frac{15}{6}$  var der svagere Mangelsymptomer paa en Del af de nye Blade. Den  $\frac{21}{6}$  fandtes der endnu, omend mere spredt, Mangelsymptomer; efter denne Dato blev de typiske Symptomer paa Manganmangel imidlertid sjældnere og sjældnere. Paa Byg kunde der hverken i 1939 eller 1940 iagttages typiske Mangan mangelsymptomer; men som det senere skal vises, er der foruden de lave Mangantal forskellige Forhold, som tyder paa, at ogsaa Byg har lidt af Manganmangel, omend i mindre udpræget Grad end Havren i 1939.

Til yderligere Belysning af de to Markers Næringsstofftilstand blev der i Efteraaret 1941 udtaget 2 Gennemsnitsprøver af Jord fra de Arealer, Parcelmarkerne 5 og 6, der benyttedes til denne Undersøgelse. I Jordprøverne bestemtes Reaktionstal, Fosforsyretil, Kaliumtal, Mangantal, Kobbertal og vandopløseligt Bor (kg B/ha). Tallene anføres nedenfor:

| Markbetegnelse         | Rt  | Ft  | T <sub>K</sub> | T <sub>Mn</sub> | T <sub>Ca</sub> | Vandopl. B <sup>1)</sup> |
|------------------------|-----|-----|----------------|-----------------|-----------------|--------------------------|
| Parcelmark 5 . . . . . | 6.9 | 7.8 | 7.5            | 1.5             | 4.2             | 1.00                     |
| do. 6 . . . . .        | 7.1 | 8.2 | 8.2            | 1.2             | 5.7             | 0.88                     |

I Henhold til denne Undersøgelse maa Næringsstofftilstanden som Helhed — bortset fra Mangan — betegnes som tilfredsstillende. Side 103 findes en Oversigt over de tilførte Gødningsmængder.

Til nærmere Karakterisering af Vækstmaanederne i 1939 og 1940 findes i Tabel 2 nogle meteorologiske Data; Tabellen omfatter de enkelte Maaneders Middeltemperatur og Nedbør samt Antallet af Solskinstimer. I 1939 var Middeltemperaturen og Antallet af Solskinstimer i Vækstperioden over det normale; Nedbøren var samtidig betydelig mindre end normalt, saaledes at Vækstperiodens Vejrforhold som Helhed maa betegnes som tørre. Tørken i Juni hæmmede Byggens og i mindre Grad Havrens Vækst.

I 1940 var Middeltemperaturen over det normale i Maj, Juni og Juli; ogsaa Antallet af Solskinstimer var i den egentlige Vækstperiode

<sup>1)</sup> kg Bor (B) pr. ha.

Tabel 2. Vejrforhold i Vækstperioderne 1939 og 1940.

| Maaned og Aar | Middelttemp., C. <sup>o</sup> |                  | Nedbør, mm        |                  | Solskinstimer     |                  |
|---------------|-------------------------------|------------------|-------------------|------------------|-------------------|------------------|
|               | For hele Maaneden             | Normal 1886—1925 | For hele Maaneden | Normal 1886—1925 | For hele Maaneden | Normal 1912—1938 |
| April 1939..  | 6.8                           | 5.5              | 46                | 42               | 188               | 178              |
| Maj » ..      | 10.9                          | 10.9             | 31                | 39               | 319               | 266              |
| Juni » ..     | 16.1                          | 14.5             | 33                | 52               | 300               | 268              |
| Juli » ..     | 17.4                          | 16.3             | 67                | 63               | 235               | 258              |
| August » ..   | 18.7                          | 15.4             | 61                | 82               | 266               | 223              |
|               |                               |                  |                   |                  |                   | Normal 1912—1940 |
| April 1940..  | 4.2                           | 5.5              | 33                | 42               | 217               | 180              |
| Maj » ..      | 11.5                          | 10.9             | 25                | 39               | 289               | 269              |
| Juni » ..     | 16.8                          | 14.5             | 39                | 52               | 363               | 272              |
| Juli » ..     | 16.7                          | 16.3             | 67                | 63               | 250               | 256              |
| August » ..   | 14.8                          | 15.4             | 92                | 82               | 176               | 223              |

betydelig større end normalt; hertil kom, at baade April, Maj og Juni havde sparsom Nedbør. Byggens Vækst blev særlig sidst i Juni hæmmet en Del af Tørke.

Som Helhed maa Aarene 1939 og 1940 betegnes som tørre Aar, med over normal Varme og megen Sol, altsaa tørre, varme Aar. Særlig sidst i Juni hæmmedes Vaarsædens specielt Byggens Vækst en Del; for Byggens Vedkommende blev Halmudbyttet forholdsvis lavt, især i 1940.

## 2. Metodiske Forhold.

### a. Udtagning og Behandling af Afgrødeprøver.

1939. I Sortsforsøgene med Abed Kenia-Byg og Svaløf Ørn-Havre (Parcelmark 6) blev Prøverne udtaget i Værnebælterne (2×2 m). I Forsøget med Havre fandtes som nævnt 9 Fællesparceller, medens Forsøget med Byg havde 8 Fællesparceller. Ved hver Prøveudtagning afklippedes i de enkelte Parceller 12 Havrestraa og 13 Bygstraa, idet de enkelte Straa blev udtaget ganske tilfældigt. Ved den første Prøveudtagning blev der dog taget 12 Havreplanter og 13 Bygplanter i hver Parcel. Der blev altsaa ialt udtaget 216 Havreplanter eller Havrestraa og 208 Bygplanter eller Bygstraa. Ved Afklipningen blev der sat den kortest mulige Stub. Planter og Plantedele fra de enkelte Parceller holdtes adskilt og blev hjembragt i saftspændt Tilstand til Vejning; denne foregik omgaaende, hvorpaa der i

Plantematerialet fra hver Parcel udførtes en Tørstofbestemmelse. Det viste sig, at Svingningerne i det høstede Tørstofudbytte ikke var særlig store fra Parcel til Parcel, og at de i Betragtning af de gennemgaaende store Udbytteforskelle fra Prøveudtagning til Prøveudtagning var uden Betydning. Efter Tørstofbestemmelserne blev hele Materialet slaaet sammen og skaaret til Hakkelse, og der blev efter omhyggelig Sammenblanding udtaget en Gennemsnitsprøve paa 100 g, som finmaledes til Analyse. Ved de første Prøveudtagninger blev dog hele det høstede Materiale malet (20 til 40 g), senere blev der som ovenfor anført udtaget 100 g til Finmaling.

To Gange under Væksten blev Antallet af Straa pr. m Saarække optalt; ved første Prøveudtagning optaltes desuden Planteantallet pr. m Saarække. For Svaløf Ørn-Havre blev der optalt en Saarække paa 12 m i hver af de 9 Fællesparceller, d. v. s. ialt 108 m Saarække. Antallet af Straa pr. 12 m svingede mellem 614 og 677 (644—631—677—618—642—614—643—638—621). Der var ialt 5728 Straa paa 108 m Saarække ( $12.7062 \text{ m}^2$ ). Ved en Optælling den  $21/6$  fandtes i Parcel 1 644 Straa pr. 12 m Saarække, medens der den  $4/7$  taltes 655 fuldt udviklede Straa; i Parcel 3 gav lignende Optællinger henholdsvis 677 og 653 Straa, og i Parcel 8 henholdsvis 638 og 624 Straa.

I Sortsforsøget med Abed Kenia-Byg var Parcellerne 11 m lange, og der optaltes en Saarække (11 m) i hver Fællesparcel, altsaa ialt 88 m Saarække ( $10.5600 \text{ m}^2$ ). Antallet af Straa paa 11 m svingede mellem 760 og 855 (800—807—837—855—760—798—807—801). Ved Optællinger den  $21/6$  og den  $4/7$  fandtes i Parcel 3 henholdsvis 837 og 844 Straa, og i Parcel 7 henholdsvis 807 og 793 Straa pr. 11 m Saarække.

Ved den første Prøveudtagning den  $20/5$  fandtes der af Svaløf Ørn-Havre gennemsnitlig 322 Planter pr. 12 m Saarække, og af Abed Kenia-Byg 228 Planter pr. 10 m Saarække.

Udfra Antallet af Planter eller Straa pr. Arealenhed var det, paa Grundlag af Tørstofvægten af de udtagne Planter eller Straa, let at beregne Tørstofudbyttet pr. Arealenhed.

1940. I den vestre Ende af Parcelmark 5 inddeltes et Areal paa  $36 \text{ m}^2$  i 36 Parceller à  $1 \text{ m}^2$ . Ved hver Prøveudtagning blev Afgrøden fra fire Saarækker à 0.5 m ( $0.2353 \text{ m}^2$ ) afklippet i Midten af hver af de 6 Fællesparceller (6 Udtagningsdatoer). Ved de to første Prøveudtagninger foregik Tørstofbestemmelsen paa den Maade, at Materialet fra de enkelte Parceller vejedes i saft-

spændt og i tørret Tilstand. Ved de fire sidste Prøveudtagninger vejedes som sædvanlig den i de enkelte Parceller afklippede Grønmasse i saftspændt Tilstand, hvorpaa der, efter at Grønmassen fra den enkelte Parcel var skaaret til Hakkelse, blev udtaget en Gennemsnitsprøve paa 50 g til Tørstofbestemmelse; efter Tørstofbestemmelsen blev det tørrede Materiale slaaet sammen, og der udtoges en Gennemsnitsprøve paa 50 til 100 g, som finmaledes til Analyse.

Ved Udtagningen af Afgrødeprøver blev der altsaa som Helhed lagt Vægt paa, at Prøverne blev taget i naturligt voksende Populationer af normal Tæthed.

Kærne og Halm blev ikke paa noget Tidspunkt skilt ad; men det udtagne Plantemateriale tørredes, maledes og analyseredes under eet.

For at faa nogen Kontrol med de anvendte Metoder til Bestemmelse af Afgrødens Størrelse, sammenlignedes de ved Høst af Lyngby Forsøgsstation og af Laboratoriet fundne Udbyttetal. I Oversigten, der findes nedenfor, er Udbyttetallene anført i kg Kærne + Halm pr. ha; i de vedføjede Parenteser er Høstdatoerne anført. Det af Laboratoriet fundne Tørstofudbytte ligger gennemgaaende højere end Forsøgsstationens Høstudbytte. Antagelig skyldes dette Forhold i første Række, at der praktisk talt ikke blev afsat Stub ved Prøveudtagningen, medens der sættes en betydelig Stub ved almindelig Høstning.

|                      | kg Kærne + Halm pr. ha               |                                       |                                      |
|----------------------|--------------------------------------|---------------------------------------|--------------------------------------|
|                      | Havre 1939                           | Byg 1939                              | Byg 1940                             |
| Laboratoriet.....    | 7826 ( <sup>3</sup> / <sub>8</sub> ) | 6007 ( <sup>31</sup> / <sub>7</sub> ) | 6480 ( <sup>7</sup> / <sub>8</sub> ) |
| Forsøgsstationen ... | 6564 ( <sup>3</sup> / <sub>8</sub> ) | 5612 ( <sup>29</sup> / <sub>7</sub> ) | 5520 ( <sup>3</sup> / <sub>8</sub> ) |

For at undersøge, om det til Finmaling af Afgrødeprøverne anvendte Malemateriale afgav saadanne Stofmængder, at Analyseresultatet paavirkedes, blev der af samme Plantemateriale foretaget en Finmaling i Agatmorter, i Porcelænsmorter og i den af Laboratoriet sædvanligt anvendte Staalmølle. Efterfølgende Analyser viste, at Mangan-, Kobber- og Borindholdet ikke paavirkedes af den benyttede Malemetode.

#### b. Kemiske Analysemetoder.

Ved Undersøgelser over Planters Indhold af Mangan, Kobber og Bor er det en Fordel at bruge kolorimetriske Analysemetoder. Naar saadanne Metoder er tilstrækkeligt fintmærkende og iøvrigt velegnede, kan Foraskningen udføres med forholdsvis



smaa Stofmængder, d. v. s. hurtigt, noget der er af særlig Betydning ved Borbestemmelsen. Desuden foregaar Analysearbejdet som Helhed hurtigt ved Anvendelse af saadanne Metoder. Gravimetriske og titrimetriske Makrometoder er baade tidsrøvende og uhaandterlige, naar det drejer sig om Analyser af denne Art, og heller ikke nøjagtige. En Gennemgang af Litteraturen viser da ogsaa, at mikrokolorimetriske Analysemetoder finder udstrakt Anvendelse ved Arbejder over Planternes Indhold af Mangan, Kobber og Bor.

Ved Mangananalyserne anvendtes en tidligere beskrevet Metode (6). Ogsaa Kobberbestemmelsen foregik i Henhold til en her paa Laboratoriet gennemprøvet Metode (7), som imidlertid siden er ændret paa et væsentligt Punkt. I Stedet for at isolere Kobberet ved Fældning med Svovlbrinte foregik Isoleringen, som nærmere beskrevet af *Grendel* (16), ad elektrolytisk Vej. I Tabel 3 er Metodens Nøjagtighed belyst ved Dobbeltanalyser i Bygkærne.

I de forløbne Aar har der været udført et ret betydeligt Arbejde for at finde hurtige og nogenlunde nøjagtige Metoder til Bestemmelse af Bor i Planter og i Jord, et Arbejde, der fortsættes, og som der til sin Tid vil blive gjort mere udførligt Rede

Tabel 3.  
Mikroelektrolytisk  
Kobberbestemmelse.  
Byg.

| Prøve<br>Nr. | g Stof i<br>Arbejde | γ Cu<br>fundet |
|--------------|---------------------|----------------|
| 1            | 1.00                | 9.4            |
|              | 1.00                | 8.6            |
| 2            | 2.00                | 13.4           |
|              | 2.00                | 13.2           |
| 3            | 2.00                | 7.4            |
|              | 2.00                | 7.7            |
| 4            | 2.00                | 6.1            |
|              | 2.00                | 6.3            |
| 5            | 2.00                | 12.1           |
|              | 2.00                | 11.9           |
| 6            | 2.00                | 8.1            |
|              | 2.00                | 8.4            |

for. Ved nogle af de mest velegnede af de i Øjeblikket eksisterende Metoder til kolorimetrisk Borbestemmelse benyttes forskellige Oxyantrakinoner (7 a). Ved Analysen benyttes som Op-løsningsmiddel en særlig Blanding af koncentreret og rygende Svovlsyre, en Vædske der er stærkt vandsugende. Da smaa Ændringer i Vædskens Vandindhold paavirker Maalingerne, var det for at undgaa disse Ændringer nødvendigt at benytte en ret grov Maalemetode (Række af Standardopløsninger), og Analyseresultaterne maa alt-saa vurderes under Hensyntagen til dette Forhold. Ved Analyser af den modnende og modne Afgrøde, hvor Borindholdet er lavt, kunde den procentiske Maalefejl have været formindsket ved Foraskning af noget

større Stofmængder; men da en Foraskning af store Stofmængder som Regel er ret langvarig, var der ved en saadan Fremgangsmaade Mulighed for Tab af betydelige Bormængder. Som det senere skal vises, er det muligt, at den bedste Bestemmelse af finmalet Plantemateriale totale Borindhold faas ved Extraktion med Vand eller med fortyndede Opløsninger af Syre eller Base (se Fodnoten Side 127).

Det totale Fosforindhold bestemtes ved Hjælp af *Lorenz'* Metode under Hensyntagen til Laboratoriets Erfaringer (8) ved Bestemmelse af Fosfor i Afgrøder og Staldgødning m. m.

Bestemmelsen af de modnende og modne Afgrøders Indhold af vandopløseligt Mangan, Kobber, Bor og Fosfor foregik paa den Maade, at 5 g af det tørrede og finmalede Plantemateriale ekstraheredes i forskellig Tid med 100 ml destilleret Vand; der blev i alle Tilfælde udtaget 70 ml Extrakt til Analyse. Til Bestemmelse af Mangan og Kobber inddampedes Ekstrakten til Tørhed i Kjeldahl Kolber af Kvarts, hvorpaa der foraskedes ad vaad Vej ved Tilsætning af Svovlsyre og Perklorsyre. Ved Borbestemmelserne foregik Inddampningen i Skaale af rustfrit Staal (V2A-Staal), idet der blev tilsat et Overskud af Kalkvand. Fosforanalyserne udførtes kolorimetrisk (9); denne Metode er som bekendt velegnet til direkte Bestemmelse af uorganisk Fosfor (Ortofosforsyre) i Ekstrakter af organiske Stoffer, der kan formodes at indeholde organisk bundet Fosfor.

Alle Analyserne udførtes dobbelt bortset fra Bestemmelserne af det vandopløselige Indhold, hvor det blot drejede sig om at konstatere Størrelsesordenen, og hvor der desuden laa en vis Kontrol i den forskellige Extraktionstid.

### 3. Det relative Indhold af Mikronæringsstoffer.

Ved Undersøgelser over Indholdet af Mangan, Kobber og Bor i Jord, Afgrøder og Staldgødning m. m., kort sagt ved alle mikrokemiske Undersøgelser, vil det være upraktisk fortsat at udtrykke Indholdet i Procent eller pro mille. Eksempelvis indeholder alle de almindeligt dyrkede Afgrøder saa smaa Mængder af Mikronæringsstoffer, at en Omregning til Procent eller pro mille fordrer et saadant Antal Nuller, at baade Tabelfremstilling og Tekstomtale tager unødvendig Plads, samtidig med at Læsningen besværliggøres. Det relative Indhold vil derfor i dette og følgende Arbejder bliver udtrykt i Dele pro Million, forkortet p. p. m. (parts pro million<sup>1)</sup>). Indeholder et Stof f. Eks. 4.4 p. p. m

<sup>1)</sup> Denne Betegnelse bruges i engelsktalende Lande.

Tabel 4. Relativt Indhold af Mikronæringsstoffer og Fosfor i Tørstoffet. 1939.

| Udtagnings-Dato                                                               | Svaløf Ørn-Havre |     |     |           | Abed Kenia-Byg |     |     |           |
|-------------------------------------------------------------------------------|------------------|-----|-----|-----------|----------------|-----|-----|-----------|
|                                                                               | p. p. m.         |     |     | Procent P | p. p. m.       |     |     | Procent P |
|                                                                               | Mn               | Cu  | B   |           | Mn             | Cu  | B   |           |
| <sup>20</sup> / <sub>6</sub> .....                                            | 28               | 7.5 | 8   | 0.45      | 33             | 9.0 | 7   | 0.32      |
| <sup>3</sup> / <sub>6</sub> .....                                             | 27               | 4.4 | 6.5 | 0.24      | 26             | 6.7 | 6   | 0.21      |
| <sup>21</sup> / <sub>6</sub> .....                                            | 38               | 2.4 | 4   | 0.14      | 27             | 3.8 | 4.5 | 0.11      |
| <sup>4</sup> / <sub>7</sub> .....                                             | 68               | 2.9 | 2   | 0.12      | 25             | 3.1 | 2   | 0.09      |
| <sup>24</sup> / <sub>7</sub> .....                                            | 50               | 2.8 | 2   | 0.13      | 26             | 6.0 | 2   | 0.13      |
| <sup>31</sup> / <sub>7</sub> og <sup>8</sup> / <sub>8</sub> <sup>1)</sup> ... | 40               | 2.7 | 2   | 0.15      | 25             | 4.2 | 1.5 | 0.13      |

Kobber, svarer det til et Indhold paa 4.4 mg Kobber pr. kg (1 000 000 mg) af Stoffet eller 0.00044 pCt. En eventuel Omregning af p. p. m. til Procent sker altsaa ved Division med 10 000. I de efterfølgende Tabeller er det relative Indhold af Mangan, Kobber og Bor angivet i p. p. m., medens Fosforindholdet er anført i Procent.

I Tabellerne 4 og 5 findes en Oversigt over Afgrødernes relative Indhold af de nævnte Plantenæringsstoffer paa forskellige Tidspunkter i Vækstperioden. Til nærmere Karakterisering af Vaarsædens Udviklingstrin paa de i Tabellerne anførte Udtagningsdatoer findes der Side 113 en Oversigt over de to Vaarsædarters Udvikling paa forskellige Tidspunkter i Vækstperioden. Af Tabellerne fremgaar det, at Vaarsædens relative Indhold af de her omhandlede Mikronæringsstoffer og af Fosfor gennemgaaende er størst om

Tabel 5. Relativt Indhold af Mikronæringsstoffer og Fosfor i Tørstoffet. 1940.

| Udtagnings-dato                  | Abed Kenia-Byg |     |     |           |
|----------------------------------|----------------|-----|-----|-----------|
|                                  | p. p. m.       |     |     | Procent P |
|                                  | Mn             | Cu  | B   |           |
| <sup>9</sup> / <sub>6</sub> ...  | 26             | 6.6 | 5   | 0.41      |
| <sup>17</sup> / <sub>6</sub> ... | 25             | 3.7 | 4   | 0.19      |
| <sup>28</sup> / <sub>6</sub> ... | 24             | 3.7 | 3   | 0.11      |
| <sup>11</sup> / <sub>7</sub> ... | 34             | 7.6 | 2.5 | 0.11      |
| <sup>25</sup> / <sub>7</sub> ... | 33             | 8.1 | 2   | 0.13      |
| <sup>7</sup> / <sub>8</sub> ...  | 33             | 6.5 | 2   | 0.13      |

Foraaret, hvorefter det som Helhed daler, for igen at stige noget — i enkelte Tilfælde ret betydeligt — under Modningen. For Bors Vedkomende falder det relative Indhold dog jævnt fra første til sidste Prøveudtagning. Havrens relative Manganindhold er mest afvigende (se ogsaa Byg i 1940), idet Indholdet her stiger, omend ikke jævnt, fra første til sidste

<sup>1)</sup> Svaløf Ørn-Havre.

Udtagning. Ved de Undersøgelser af denne Art, der er udført over Afgrødernes Indhold af f. Eks. Kvælstof, Fosfor og Kalium, er det i Almindelighed fundet (der er adskillige Undtagelser), at det relative Indhold falder nogenlunde jævnt fra første til sidste Udtagning, saaledes som det — bortset fra Mangan — ogsaa er fundet ved denne Undersøgelse. Det fortjener imidlertid her at fremhæves, at *Rademacher* (10) ved Karforsøg med Havre paa kobbermangelende Jord (Symptomer paa Kobbermangel) fandt, at det relative Kobberindhold i Begyndelsen af Vækstperioden var faldende for dernæst i Slutningen af Vækstperioden igen at stige til samme Højde som ved Begyndelsen af denne.

Det er ikke urimeligt at antage, at de Bevægelser i Afgrødernes relative Indhold, der er iagttaget ved denne og andre Undersøgelser, kan forklares ved ekstrem Mangel paa een eller flere Vækstfaktorer. Baade Aarene 1939 og 1940 var i den mest intensive Vækstperiode meget tørre Aar. Udpræget Mangel paa en Vækstfaktor vil imidlertid saa godt som altid resultere i, at der efterhaanden dannes et betydeligt Antal friskgrønne Basalskud, hvis relative Indhold af Plantenæringsstoffer aabenbart er saa stort, at det gennemsnitlige relative Indhold af de modnende og modne Straa og de betydelig yngre Basalskuds Straa maa kunne blive større for de sidste end for de midterste Udtagnings-tider. Denne Forklaring synes rimelig, naar de ved denne Undersøgelse fundne stærkt afvigende Forhold for Mangan tages i Betragtning. Som anført var Mangantallet lavt, og i Havren fandtes tydelige og meget udbredte Symptomer paa Manganmangel; men dette betyder netop, at der maa have været en ret livlig Dan-nelse af Basalskud. At Halmen i den mest manganmangelende Jord (fleste Basalskud) kan have det højeste Manganindhold, er desuden vist ved Karforsøg (12); det samme Forhold er paavist for Kobber ved Undersøgelse af Afgrøder fra kobbermangelende og ikke kobbermangelende Jord (7). Naar der ikke for Bors Vedkommende har kunnet paavises nogen Stigning i det relative Indhold mod Slutningen af Vækstperioden, kan Aarsagen være den, at Bor i langt højere Grad end Mangan, Kobber og Fosfor maa kunne udvaskes af Regn og Dug fra modnende og modent Plantemateriale (se senere).

Der maa dog i det hele taget erindres om, at Forholdene er komplicerede. Det relative Næringsstofindhold, der maales paa et givet Tidspunkt, maa nemlig antages at være afhængigt af Tørstofproduktionen, Næringsstoffoptagelsen, Bladfald, Dug-

gens og Regnens Udvaskning af Næringsstoffer fra Blade, Straa og Kærne (særlig paa de senere Vækststadier), Udvandring af Næringsstoffer fra friskgrønne Blade (Guttation) og Nedvandring af Næringsstoffer fra Plantens overjordiske Dele til Rødderne og derfra til Jorden. Endelig er der, som paapeget, ogsaa Mulighed for, at særlig det ved Høst under givne Omstændigheder eksisterende Forhold mellem modne Straa og umodne Basalskud paavirker det relative Næringsstofindhold. Hvilke af disse Processer, der i givet Fald er mest afgørende for det fundne relative Næringsstofindhold, er det i Øjeblikket vanskeligt for ikke at sige umuligt at udtale sig med Sikkerhed om.

Størrelsesordenen af det ved denne Undersøgelse fundne relative Kobber-, Bor- og Fosforindhold er nogenlunde normal, medens Manganindholdet maaske er noget lavere end sædvanligt. For Mangan er det dog vanskeligt at tale om et normalt Indhold i egentlig Forstand, fordi dette i meget betydelig Grad er afhængigt af Jordens Reaktions- og Fugtighedsforhold. Hverken for Kobber, Bor eller Fosfor findes en saa udpræget Afhængighed.

Der kan her være Grund til at gøre opmærksom paa, at Indholdet af Mikronæringsstoffer og iøvrigt ogsaa af Makronæringsstoffer i en bestemt Vægtmængde vandholdigt Foder stort set er konstant gennem hele Vækstperioden, fordi Tørstoffet i denne Fodermængde tiltager under Vækstperioden, samtidig med at Tørstoffets relative Indhold af mineralske Næringsstoffer aftager. Dette Forhold er ikke uden fodringsteknisk Interesse.

#### 4. Den samlede Afgrødes Indhold af Mikronæringsstoffer.

Ved alle Undersøgelser over den paa forskellige Tidspunkter i Vækstperioden optagne Mængde af Plantenæringsstoffer pr. Arealenhed, er det, som berørt, af Betydning at gøre sig klart, at det, der kaldes »den optagne Mængde«, i Realiteten er en Differens mellem den af Afgrøden virkeligt optagne Mængde, og den Næringsstofmængde, der under Vækstperioden paa forskellig Maade vender tilbage til Rødderne og til Jorden. Det, der paa forskellige Tidspunkter bestemmes ved en Analyse af Plante-materialet, er altsaa slet og ret Indholdet paa disse Tidspunkter.

At benytte det paa tidlige Tidspunkter af Vækstperioden fundne Næringsstofindhold som Maal for den fysiologisk aktive Næringsstofmængde<sup>1)</sup> kan sikkert, som det senere skal vises, an-

<sup>1)</sup> Det forudsættes, at den fysiologisk aktive Næringsstofmængde er en simpel Funktion af den i Planten indeholdte Næringsstofmængde.

ses for tilladeligt. Derimod kan det ved Høst fundne Næringsstofindhold ikke i Almindelighed være et Maal for det gennem Vækstperioden virkende fysiologisk aktive Næringsstof. Ved f. Eks. at sætte den ved Høst fundne Tørstofproduktion i Forhold til den paa dette Tidspunkt fundne »optagne Næringsstofmængde«, bliver der altsaa strengt taget begaaet en Fejl, som ganske vist for en Del Næringsstoffers Vedkommende kan forsvares set fra praktiske Synspunkter. Spørgsmaalets teoretiske Betydning vil senere blive berørt.

Ved de klassiske Undersøgelser over Optagelseskurver af den her omhandlede Art er der bortset fra to mindre veldefinerede Tilfælde sikkert altid arbejdet under Forhold, hvor der ikke har været Mangel paa nogle af de i Undersøgelsen inddragne Plantenæringsstoffer. De her beskrevne Undersøgelser blev derimod udførte under Forhold, hvor der var betydelig Manganmangel, hvilket dels fremgik af de lave Mangantal, dels af at der for Havrens Vedkommende kunde paavises typiske og udbredte Mangan mangelsymptomer. Herved blev der Mulighed for at undersøge, om det paa forskellige Tidspunkter i Vækstperioden fundne Forhold mellem Tørstofproduktion og Næringsstofoptagelse laa væsentlig anderledes for Mangan end for de øvrige i Undersøgelsen inddragne Plantenæringsstoffer Kobber, Bor og Fosfor, der i Hovedsagen maatte ventes at følge det ved de klassiske Undersøgelser over Makronæringsstoffer fundne Forløb af Tørstofproduktion og Næringsstofoptagelse.

Førend de udførte Undersøgelser omtales nærmere, vil det være rigtigt her at give en Oversigt over Havrens og Byggens Udvikling i Aarene 1939 og 1940. Desuden gives paa dette Sted en Oversigt over det med Saasæden i 1939 tilførte Mangan<sup>1)</sup>, samt det med Saasæden i 1940 tilførte Mangan, Kobber, Bor og Fosfor.

#### Vaarsædens Udviklingsstadier.

| 1939             | Saact          | Spiret             | Beg. Skridning | Gennemskridning | Modning        | Høst           |
|------------------|----------------|--------------------|----------------|-----------------|----------------|----------------|
| Svaløf Ørn-Havre | $\frac{28}{8}$ | $\frac{29}{4}$     | $\frac{21}{6}$ | $\frac{27}{6}$  | $\frac{81}{6}$ | $\frac{3}{8}$  |
| Abed Kenia-Byg.  | $\frac{28}{8}$ | $\frac{18}{4}$     | $\frac{18}{6}$ | $\frac{23}{6}$  | $\frac{29}{7}$ | $\frac{29}{7}$ |
| 1940             |                |                    |                |                 |                |                |
| Abed Kenia-Byg.  | $\frac{21}{4}$ | ca. $\frac{28}{4}$ | $\frac{27}{6}$ | " <sup>2)</sup> | $\frac{1}{8}$  | $\frac{7}{8}$  |

<sup>1)</sup> Ved en Fejltagelse blev Saasæden fra 1939 bortkastet, førend der var udført Kobber-, Bor- og Fosforanalyser.

<sup>2)</sup> Tørken vanskeliggjorde en nogenlunde sikker Datoangivelse.

## Saasædens Indhold i g pr. ha.

| 1939                  | Mn  | Cu  | B   | P   |
|-----------------------|-----|-----|-----|-----|
| Svaløf Ørn-Havre..... | 6.1 | —   | —   | —   |
| Abed Kenia-Byg .....  | 1.8 | —   | —   | —   |
| 1940                  |     |     |     |     |
| Abed Kenia-Byg .....  | 3.4 | 1.1 | 0.5 | 416 |

Som det ses, var Udsædens Indhold af Mikronæringsstoffer meget lille. At korrigere den optagne Mængde for det med Udsæden tilførte, var der saaledes ingen Grund til, særlig fordi der næppe kan anføres noget Forhold, som i afgørende Grad taler for en saadan Fremgangsmaade. Tværtimod maatte det anses for urigtigt, fordi der ikke arbejdedes med den totalt optagne Mængde grundet paa Umuligheden af at isolere Rødderne. I denne Forbindelse kan der indledningsvis være Grund til at pointere, at selv om de i det følgende anførte Konklusioner grunder sig paa Analyser af Vaarsædens overjordiske Organer, er der dog, efter alt hvad man ved, god Grund til at antage, at Roden, baade hvad Mængde og kemisk Sammensætning angaar, genspejles i Plantens overjordiske Organer i alt Fald i første Halvdel af Vækstperioden; ved Modning kan Forholdene muligvis ligge anderledes. At antage, at Rodens Mængde og kemiske Sammensætning i Almindelighed skulde være uden Forbindelse med de tilsvarende Forhold for de overjordiske Organer, vilde ogsaa være urimeligt. Naar man ved Arbejde med Makronæringsstoffer har kunnet isolere Rødderne nogenlunde (Sandkulturforsøg), har man da ogsaa faaet principielt samme Resultat, naar kun de overjordiske Organer er blevet høstet og analyseret. At eftervise, at dette ogsaa gjaldt for Vaarsæd under Markforhold, vilde selvfølgelig have været ønskeligt; men en saadan Eftervisning vil altid strande paa Umuligheden af at

Tabel 6. Svaløf Ørn-Havre. 1939.

| Udtagnings-<br>dato                | Tørstofudbytte<br>(Straa + Kærne) |          | Relativ Optagelse af |       |       |       | Optaget pr. ha, g |      |      |       |
|------------------------------------|-----------------------------------|----------|----------------------|-------|-------|-------|-------------------|------|------|-------|
|                                    | kg pr. ha                         | Relativt | Mn                   | Cu    | B     | P     | Mn                | Cu   | B    | P     |
| <sup>20</sup> / <sub>5</sub> ..... | 143                               | 1.7      | 0.7                  | 4.8   | 6.1   | 5.5   | 4.0               | 1.1  | 1.1  | 644   |
| <sup>3</sup> / <sub>6</sub> .....  | 986                               | 11.9     | 4.7                  | 17.9  | 35.6  | 20.2  | 26.8              | 4.3  | 6.4  | 2366  |
| <sup>21</sup> / <sub>6</sub> ..... | 4504                              | 54.5     | 30.5                 | 45.0  | 100.0 | 53.7  | 171.2             | 10.8 | 18.0 | 6306  |
| <sup>4</sup> / <sub>7</sub> .....  | 8263                              | 100.0    | 100.0                | 100.0 | 91.7  | 84.5  | 561.9             | 24.0 | 16.5 | 9916  |
| <sup>24</sup> / <sub>7</sub> ..... | 8140                              | 98.5     | 72.4                 | 95.0  | 90.6  | 90.1  | 407.0             | 22.8 | 16.3 | 10582 |
| <sup>3</sup> / <sub>8</sub> .....  | 7826                              | 94.7     | 55.7                 | 87.9  | 87.2  | 100.0 | 313.0             | 21.1 | 15.7 | 11739 |

Tabel 7. Abed Kenia-Byg. 1939.

| Udtagnings-<br>dato                | Tørstofudbytte<br>(Straa + Kærne) |          | Relativ Optagelse af |       |       |       | Optaget pr. ha, g |      |      |      |
|------------------------------------|-----------------------------------|----------|----------------------|-------|-------|-------|-------------------|------|------|------|
|                                    | kg pr. ha                         | Relativt | Mn                   | Cu    | B     | P     | Mn                | Cu   | B    | P    |
| <sup>20</sup> / <sub>5</sub> ..... | 104                               | 1.3      | 1.7                  | 2.4   | 3.2   | 4.0   | 3.4               | 0.9  | 0.7  | 333  |
| <sup>3</sup> / <sub>6</sub> .....  | 1110                              | 14.2     | 14.7                 | 19.5  | 31.3  | 28.3  | 28.9              | 7.4  | 6.7  | 2331 |
| <sup>21</sup> / <sub>8</sub> ..... | 4765                              | 60.8     | 65.7                 | 47.6  | 100.0 | 63.7  | 128.7             | 18.1 | 21.4 | 5242 |
| <sup>4</sup> / <sub>7</sub> .....  | 7841                              | 100.0    | 100.0                | 63.9  | 73.4  | 85.8  | 196.0             | 24.3 | 15.7 | 7057 |
| <sup>24</sup> / <sub>7</sub> ..... | 6325                              | 80.7     | 83.9                 | 100.0 | 59.3  | 100.0 | 164.5             | 38.0 | 12.7 | 8223 |
| <sup>31</sup> / <sub>7</sub> ..... | 6007                              | 76.6     | 76.6                 | 66.3  | 42.1  | 95.0  | 150.2             | 25.2 | 9.0  | 7809 |

isolere Rodnettet. Og som anført, den rent principelle Karakter af saadanne Undersøgelers Resultat maa sikkert i Almindelighed blive uberørt af, om Rødderne tages med eller ej.

I Tabellerne 6, 7 og 8 findes for 1939 og 1940 Oversigter over det paa forskellige Tidspunkter fundne Tørstofudbytte af Havre og Byg udtrykt i kg pr. ha, samt de i Afgroederne fundne

Tabel 8. Abed Kenia-Byg. 1940.

| Udtagnings-<br>dato                | Tørstofudbytte<br>(Straa + Kærne) |          | Relativ Optagelse af |       |       |       | Optaget pr. ha, g |      |      |       |
|------------------------------------|-----------------------------------|----------|----------------------|-------|-------|-------|-------------------|------|------|-------|
|                                    | kg pr. ha                         | Relativt | Mn                   | Cu    | B     | P     | Mn                | Cu   | B    | P     |
| <sup>3</sup> / <sub>6</sub> .....  | 572                               | 8.8      | 7.0                  | 7.9   | 19.3  | 20.1  | 14.9              | 3.8  | 2.9  | 2345  |
| <sup>17</sup> / <sub>6</sub> ..... | 2733                              | 42.2     | 31.9                 | 21.0  | 72.7  | 44.5  | 68.3              | 10.1 | 10.9 | 5193  |
| <sup>28</sup> / <sub>6</sub> ..... | 4098                              | 63.2     | 46.0                 | 31.5  | 82.0  | 38.6  | 98.4              | 15.2 | 12.3 | 4508  |
| <sup>11</sup> / <sub>7</sub> ..... | 6010                              | 92.7     | 95.6                 | 94.8  | 100.0 | 56.7  | 204.3             | 45.7 | 15.9 | 6611  |
| <sup>25</sup> / <sub>7</sub> ..... | 5955                              | 91.9     | 91.9                 | 100.0 | 79.3  | 66.4  | 196.5             | 48.2 | 11.9 | 7742  |
| <sup>7</sup> / <sub>8</sub> .....  | 6480                              | 100.0    | 100.0                | 87.3  | 86.7  | 100.0 | 213.8             | 42.1 | 13.0 | 11664 |

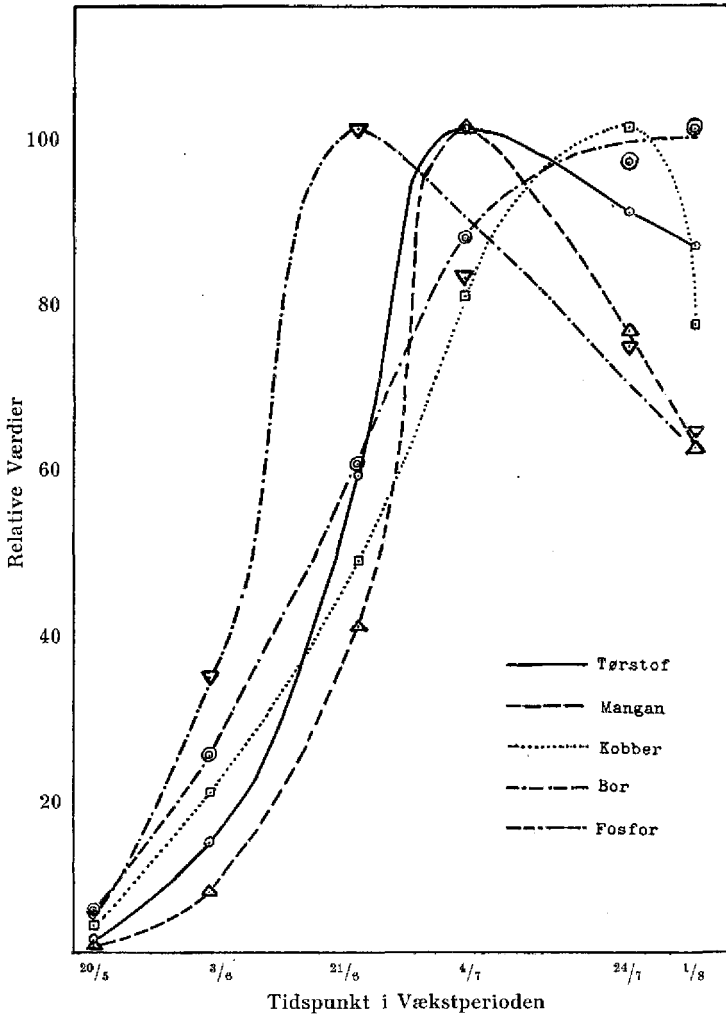
Tabel 9. Svaløf Ørn-Havre og Abed Kenia-Byg.  
1939. Gennemsnitstal.

| Udtagnings-<br>dato                                                                        | Tørstofudbytte<br>(Straa + Kærne) |          | Relativ Optagelse af |       |       |       | Optaget pr. ha, g |      |      |      |
|--------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------|----------|----------------------|-------|-------|-------|-------------------|------|------|------|
|                                                                                            | kg pr. ha                         | Relativt | Mn                   | Cu    | B     | P     | Mn                | Cu   | B    | P    |
| <sup>20</sup> / <sub>6</sub> .....                                                         | 124                               | 1.5      | 1.0                  | 3.3   | 4.6   | 5.0   | 3.7               | 1.0  | 0.9  | 489  |
| <sup>3</sup> / <sub>6</sub> .....                                                          | 1048                              | 13.0     | 7.3                  | 19.4  | 33.5  | 24.0  | 27.8              | 5.9  | 6.6  | 2349 |
| <sup>21</sup> / <sub>6</sub> .....                                                         | 4635                              | 57.6     | 39.8                 | 47.7  | 100.0 | 59.1  | 150.0             | 14.5 | 19.7 | 5774 |
| <sup>4</sup> / <sub>7</sub> .....                                                          | 8052                              | 100.0    | 100.0                | 79.6  | 81.7  | 86.8  | 379.0             | 24.2 | 16.1 | 8487 |
| <sup>24</sup> / <sub>7</sub> .....                                                         | 7233                              | 89.8     | 75.4                 | 100.0 | 73.6  | 96.2  | 285.8             | 30.4 | 14.5 | 9403 |
| <sup>31</sup> / <sub>7</sub> og <sup>3</sup> / <sub>8</sub> <sup>1</sup> / <sub>8</sub> .. | 6917                              | 85.9     | 61.1                 | 76.3  | 62.9  | 100.0 | 231.6             | 23.2 | 12.4 | 9774 |

<sup>1</sup>) Svaløf Ørn-Havre.



Fig. 1. Tørstofproduktion og Næringsstofoptagelse.



Mængder af Mangan, Kobber, Bor og Fosfor udtrykt i g pr. ha. Tallene er desuden omregnet til relative Værdier, idet dels det højeste Tørstofudbytte, dels den højest optagne Mængde af hvert Næringsstof er sat til 100. Denne Fremgangsmaade vil senere blive diskuteret.

I Tabel 9 findes tilsvarende Gennemsnitstal for Havre og Byg i 1939; disse Gennemsnitstal er desuden gengivet grafisk i Figur 1.

Til Indledning vil det være oplysende at se paa Forholdet mellem Tørstofproduktion og Manganoptagelse for Svaløf Ørn-Havre og Abed Kenia-Byg i 1939. Nedenfor findes for de fire første Udtagningsdatoer (Foraar og Forsommer) en Oversigt over den relative Tørstofproduktion og Manganoptagelse.

| Dato | Svaløf Ørn-Havre |         | Abed Kenia-Byg |         |
|------|------------------|---------|----------------|---------|
|      | Mn               | Tørstof | Mn             | Tørstof |
| 20/5 | 0.7              | 1.7     | 1.7            | 1.3     |
| 8/8  | 4.7              | 11.9    | 14.7           | 14.2    |
| 21/6 | 30.5             | 54.5    | 65.7           | 60.3    |
| 4/7  | 100.0            | 100.0   | 100.0          | 100.0   |

Af Oversigten fremgaar det, at Havrens relative Manganoptagelse er betydelig bagefter den relative Tørstofproduktion, medens den relative Manganoptagelse og Tørstofproduktion følges nogenlunde ad for Byg. Under disse Omstændigheder forefindes altsaa en tydelig artstypisk Forskel, en Forskel, der iøvrigt er kendt fra andre Iagttagelser og fra Gødningforsøg med Mangan<sup>1)</sup>. Uden Kendskab til de lave Mangantal og de paa Havren forekommende Manganmangelsymptomer, kunde man ud fra disse relative Værdier slutte, at en Mangangødskning af Havre maatte kunne ske med en mere langsomt virkende Gødning, end naar det drejede sig om en Gødskning af Byg. I Henhold til andre Undersøgelser er en saadan Slutning imidlertid næppe rigtig, og Forholdet viser altsaa, ligesom det i Indledningen berørte om de tungtopløselige Kobbergødningers Anvendelighed, at en kritikløs Anvendelse af *Liebschers* Lære kan føre til Fejlslutninger. De fundne Resultater tyder paa, at der for Havre har været et Misforhold mellem Manganoptagelsens og Tørstofproduktionens Forløb. Det samme synes imidlertid ogsaa at have været Tilfældet for Byg, omend i betydelig mindre Grad. Forholdet fremgaar endnu tydeligere ved Sammenligning af den relative Tørstofproduktion med den relative

<sup>1)</sup> Forfatterne har ved anden Lejlighed (12) været inde paa — uden at kunne undersøge Forholdet — at de lyse og mørke Havresorters forskellige Modstandsdygtighed mod Manganmangel maaske beroede paa, at Forholdet mellem den relative Tørstofproduktion og Næringsstofoptagelse paa forskellige Tidspunkter i Vækstperioden laa væsentlig anderledes og gunstigere for de mørke end for de lyse Sorter, altsaa en sortstypisk Forskel. De her udførte Undersøgelser sandsynliggør en saadan Løsning. Hvor paa disse arts- og maaske sortstypiske Forskelle i sidste Instans beror, kan ikke i Øjeblikket afgøres. Maaske er de indre fysiologiske Aarsager, maaske de forskellige Rodsystemers Størrelse og Effektivitet det afgørende.

Optagelse af alle fire Næringsstoffer: Mangan, Kobber, Bor og Fosfor. Medens Kobber-, Bor- og Fosforoptagelsen i Foraars-tiden er forud for Stofproduktionen for baade Havre og Byg, saaledes som det i Almindelighed er fundet for Makronæringsstofferne (se paa Side 104 det betydelige Indhold af tilgængeligt Kobber, Bor og Fosfor i Jorden), følges den relative Manganoptagelse og Stofproduktion ad for Byg. Ogsaa en Beregning af Udnyttelseskoefficienter<sup>1)</sup> — se Tabel 10 — viser, at Manganoptagelsen har været besværliggjort især for Havre, men ogsaa for Byg. Medens Udnyttelseskoefficienterne for Kobber, Bor og Fosfor er stigende i Vækstperiodens første Del, et Udtryk for, at Næringsstofoptagelsen i Begyndelsen er forud for Stofproduktionen, saa er Udnyttelseskoefficienten nogenlunde konstant for Byg, medens den for Havre afgjort er faldende i den første Del af Vækstperioden. Undersøgelserne tyder altsaa stærkt paa, at ogsaa Byg led af Mangangangel, selv om der ikke iagttoges typiske Mangelsymptomer.

Tabel 10.  
Udnyttelseskoefficienter.

| Udtagings-<br>dato      | Mn | Cu  | B   | P    |
|-------------------------|----|-----|-----|------|
| Svaløf Ørn-Havre. 1939. |    |     |     |      |
| 20/5 .....              | 36 | 130 | 130 | 0.22 |
| 8/6 .....               | 37 | 229 | 154 | 0.42 |
| 21/6 .....              | 26 | 417 | 250 | 0.71 |
| 4/7 .....               | 15 | 344 | 501 | 0.83 |
| 24/7 .....              | 20 | 357 | 499 | 0.77 |
| 3/8 .....               | 25 | 371 | 498 | 0.67 |
| Abed Kenia-Byg. 1939.   |    |     |     |      |
| 20/5 .....              | 31 | 116 | 149 | 0.31 |
| 8/6 .....               | 38 | 150 | 166 | 0.43 |
| 21/6 .....              | 37 | 263 | 223 | 0.91 |
| 4/7 .....               | 40 | 323 | 499 | 1.11 |
| 21/7 .....              | 38 | 166 | 498 | 0.77 |
| 21/7 .....              | 40 | 238 | 667 | 0.77 |
| Abed Kenia-Byg. 1940.   |    |     |     |      |
| 8/6 .....               | 38 | 151 | 197 | 0.34 |
| 17/6 .....              | 40 | 271 | 251 | 0.53 |
| 28/6 .....              | 42 | 270 | 333 | 0.91 |
| 11/7 .....              | 29 | 132 | 401 | 0.91 |
| 25/7 .....              | 30 | 124 | 500 | 0.77 |
| 7/8 .....               | 30 | 154 | 498 | 0.56 |

Ved de i det foregaaende anførte Beregninger over den relative Tørstofproduktion og Næringsstofoptagelse, er den maximale Stofproduktion benyttet som Udgangspunkt ved Omregningen til relative Værdier. Imidlertid er der forskellige Ting, der taler for i Stedet at benytte f. Eks. de i Slutningen af Vækstperiodens første Halvdel fundne Værdier som Grund-

<sup>1)</sup> Ved Beregningen af Udnyttelseskoefficienterne er Tørstofmængden udtrykt i kg og den optagne Næringsstofmængde i g.

lag for saadanne Beregninger. Paa dette Tidspunkt er Planterne endnu nogenlunde friskgrønne og ubeskadigede (se senere); ogsaa Kurvernes Form begrundes i nogen Grad en Omregning til relative Værdier paa Basis af de paa dette Tidspunkt fundne Værdier. Hertil kommer dog især, at f. Eks. alt for varierende Vandforsyning maa virke forstyrrende, naar det drejer sig om at undersøge Næringsstofoptagelsens og Stofproduktionens tidsmæssige Forløb. Under de her i Landet fremherskende meteorologiske Forhold vil Afgrøderne som Regel være nogenlunde forsynet med Vand fra Vinterfugtighed m. m. til først i Juni eller til Midten af Juni. Efter denne Tid sker der i alt Fald som Regel en betydelig Ændring i Planternes Vandforsyning, idet Nedbøren bliver rigeligere.

Det er i høj Grad sandsynligt, at den enkelte lille Forøgelse af Stofproduktionen og af Næringsstofoptagelsen (som Funktion af Tiden) ikke kan være uden Forbindelse med det forudgaaende tidsmæssige Forløb af Næringsstofoptagelse og Stofproduktion, men tværtimod maa være en Funktion af dette. Det vil f. Eks. sige, at den for modne Afgrøder fundne Næringsstofoptagelse og Stofproduktion ikke kan være uden Forbindelse med Foraars-tidens Næringsstofoptagelse og Stofproduktion. Under Markforhold vil det reneste Udtryk for disse to Størrelsers tidsmæssige Forløb altsaa faas ved at beregne de relative Værdier i saa korte Tidsperioder som muligt. Ved Undersøgelser af denne Art skulde alle Faktorer strengt taget holdes konstante under hele Vækstperioden. Dette er imidlertid ugørligt under Markforhold, hvor især Tørkeperioder men ogsaa andre forstyrrende og modificerende Elementer kan spille ind. Her maa det næstbedste vælges, d. v. s. en Beregning paa kortere Tidsperioder, og man bør da, som anført, vælge en Periode eller Perioder i Foraars- og Forsommertiden. Ved Karforsøg med konstant Vandforsyning og kraftig Gødskning ligger Sagen anderledes; under saadanne Forhold forløber Væksten mere kontinuert (harmonisk). Ved Undersøgelser af denne Art bør man, som vist, desuden undersøge Udnyttelseskoefficienternes Forløb (se Side 118); en saadan Undersøgelse er til megen Støtte.

I Tabel 11 findes Resultatet af Beregninger, der er gennemførte, paa det ovenfor anførte Grundlag. Hovedresultatet bliver det samme; der er særlig Grund til at gøre opmærksom paa, at Stofproduktionens og Kobberoptagelsens Forløb (1940) her er det sædvanlige.

Tabel 11. Tørstofproduktion og Næringsstoffoptagelse.  
Relative Værdier.

| Dato                                                      | Tørstof-<br>produktion | Næringsstoffoptagelse |       |       |       |
|-----------------------------------------------------------|------------------------|-----------------------|-------|-------|-------|
|                                                           |                        | Mn                    | Cu    | B     | P     |
| Svaløf Ørn-Havre. 1939.                                   |                        |                       |       |       |       |
| 20/5 . . . . .                                            | 3.2                    | 2.3                   | 10.2  | 6.1   | 10.2  |
| 8/6 . . . . .                                             | 21.9                   | 15.5                  | 39.8  | 35.6  | 37.5  |
| 21/6 . . . . .                                            | 100.0                  | 100.0                 | 100.0 | 100.0 | 100.0 |
| Abed Kenia-Byg. 1939.                                     |                        |                       |       |       |       |
| 20/5 . . . . .                                            | 2.2                    | 2.6                   | 5.0   | 3.3   | 6.4   |
| 8/6 . . . . .                                             | 23.3                   | 22.5                  | 40.9  | 31.3  | 44.5  |
| 21/6 . . . . .                                            | 100.0                  | 100.0                 | 100.0 | 100.0 | 100.0 |
| Abed Kenia-Byg. 1940.                                     |                        |                       |       |       |       |
| 8/6 . . . . .                                             | 14.0                   | 15.1                  | 25.0  | 23.6  | 52.0  |
| 17/6 . . . . .                                            | 66.7                   | 69.4                  | 66.5  | 88.6  | 115.2 |
| 28/6 . . . . .                                            | 100.0                  | 100.0                 | 100.0 | 100.0 | 100.0 |
| Svaløf Ørn-Havre og Abed Kenia-Byg. 1939. Gennemsnitstal. |                        |                       |       |       |       |
| 20/5 . . . . .                                            | 2.7                    | 2.5                   | 6.9   | 4.6   | 8.5   |
| 8/6 . . . . .                                             | 22.6                   | 18.5                  | 40.7  | 33.5  | 40.7  |
| 21/6 . . . . .                                            | 100.0                  | 100.0                 | 100.0 | 100.0 | 100.0 |

En Gennemgang af det store Forsøgsmateriale, der paa dette Omraade foreligger for Makronæringsstofferne, viser praktisk talt altid (om Undtagelser, se senere), at Næringsstoffoptagelsen er forud for Stofproduktionen; endvidere at Næringsstoffoptagelsen snart er meget foran Stofproduktionen, snart kun faa Procent eller endog svingende lidt foran og lidt bagud for Stofproduktionen, og endelig, at de Kurver, der gengiver Forløbet af Stofproduktion og Næringsstoffoptagelse, ofte viser en tilsyneladende regelløs Krydsning særlig i den sidste Halvdel af Vækstperioden. Der er her Grund til at citere en af de Hovedkonklusioner, som *Remy* (2) er kommet til efter mange Aars Arbejde med disse Spørgsmaal: »The more favorable the nutrient supply in the early development of the plant, the greater is the absorption in advance of needs, within certain limits determined by inherent characteristics of the plants. The statements for nutrients as a whole hold, more or less also for the individual

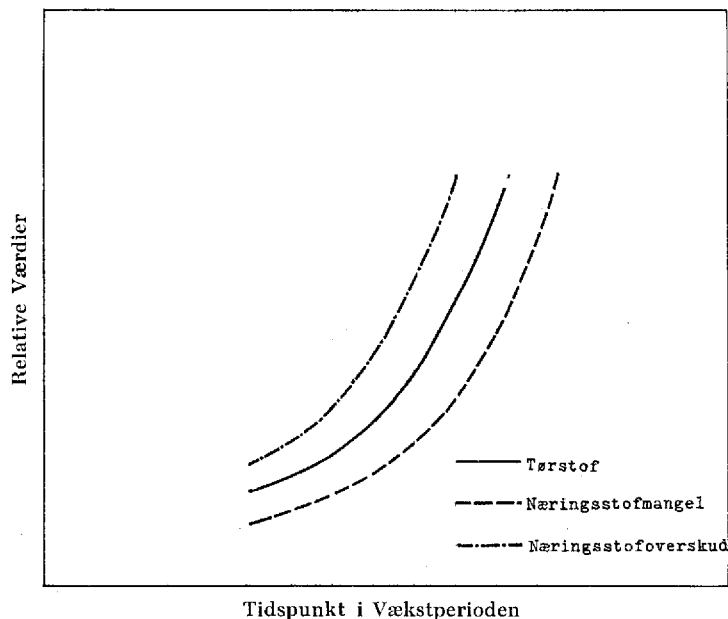
nutrients present in the plants. That the absorption of these nutrients proceeds at varying rates according to their physiological function is obviously probable and almost certain, as judged from observations on the physiological activation of the substances dormant in the embryo. The numerous reports on the course of nutrient absorption available to the author, however, show only that absorption of the primary nutrients in greater or lesser degree always precedes growth, and that sometimes one sometimes another, nutrient is in the lead. Nitrogen frequently is in the lead in nutrient absorption but it can be reduced to second or third place if another material is copiously supplied. The conception that the availability at a particular time definitely influences the relative absorption of the individual nutrients may be considered as correct in the light of present day knowledge.

Ved Arbejde med Makronæringsstoffer har man altsaa ikke i Almindelighed kunnet vise, at den relative Optagelse af et givet Plantenæringsstof kunde være bagefter den relative Tørstofproduktion (se dog nedenfor). Nærværende Undersøgelse blev imidlertid udført under ret ekstreme, veldefinerede Betingelser, hvorved der blev Mulighed for at eftervise eventuelle Forhold, som ikke tidligere har været særlig paaagtede. Bortset fra Resultatet af denne Undersøgelse, kan der imidlertid desuden henvises til, at *Rademacher* (10) har gjort lignende Iagttagelser. Ved Karforsøg med Havre paa kobbermanglende Jord fandt *Rademacher* saaledes samme afvigende Forhold mellem den relative Kobberoptagelse og Tørstofproduktion, som det ved denne Undersøgelse med Havre (og Byg) under Markforhold er fundet for Mangan paa manganmanglende Jord. Paa ikke kobbermanglende Jord fandt *Rademacher* yderligere, at Kobberoptagelsen forløb normalt, d. v. s. var forud for Tørstofproduktionen. Ved en Gennemgang af Litteraturen viser det sig iøvrigt, at der kun i et enkelt Tilfælde for Makronæringsstofferne Vedkommende har været udført Undersøgelser under samme ekstreme og ret veldefinerede Betingelser (Mangantal, Mangelsymptomer), som for Mangan og Kobber. Det drejer sig her om nogle af *Wilfarth*, *Römer* og *Wimmer* (11) udførte Sandkulturforsøg med Byg, hvor det viste sig, at de tydelige Kaliummangelsymptomer fremkom, naar den relative Kaliumoptagelse var bagefter den relative Stofproduktion. *Quitau* (5a) har i et enkelt Tilfælde fundet, at den relative Fosforoptagelse var bagud

for den relative Stofproduktion (Vinterhvede). Af Quitzau's Arbejde fremgaar det ikke, om der blev iagttaget Mangelsymptomer, som iøvrigt er sjældne for Fosfor; heller ikke Jordens Indhold af for Planterne tilgængelig Fosfor blev undersøgt. Til Forklaring af det afvigende Forhold nævner *Quitzau* Fosformangel som en Mulighed, uden at han dog gaar nærmere ind paa Sagen.

Det foregaaende viser, at der er nogen Sandsynlighed for, at Forholdet mellem den relative Tørstofproduktion og den relative Optagelse af det enkelte Plantenæringsstof kan være som vist skematisk i Figur 2. For Vaarsæd, der vokser under Markforhold, vil alvorlig Mangel paa et givet Plantenæringsstof bevirke, at den relative Optagelse af Plantenæringsstoffet er bagud for den relative Tørstofproduktion, omvendt hvis der i Jorden findes store tilgængelige Mængder af vedkommende Plantenæringsstof. Under ikke for ekstreme Forhold bevæger den relative Næringsstoffoptagelse sig indenfor de i Figur 2 angivne Muligheder, idet det ser ud til, at den relative Optagelse af det enkelte Plantenæringsstof er stærkt afhængig af dets Tilgængelighed (Rigelighed) i Jorden; disse Forhold iagttoges tydeligst i

Fig. 2. Tørstofproduktion og Næringsstoffoptagelse i Begyndelsen af Vækstperioden. Skematisk.



Foraars- og Forsommertiden. Som der i det foregaaende er gjort opmærksom paa, afhænger Rigtigheden af disse Overvejelser dog af, om det i det hele taget er muligt at beregne de relative Værdier paa det rigtige eller bedst mulige Grundlag. Selv om en Beregning af Udnyttelseskoefficienterne vil kunne give Holdepunkter til Vurdering af dette Spørgsmaal, foreligger der alligevel her et saa betydeligt Usikkerhedsmoment, at fortsatte Undersøgelser vil være nødvendige til Klaring af om de i Forbindelse med Fig. 2 fremførte Betragtninger gælder almindeligt.

Til yderligere Belysning af den Indstilling overfor disse Problemer, som i nogen Grad har været og er raadende, kan det f. Eks. nævnes, at *Küpper* (4) anser det for udelukket, at Stofproduktionen nogensinde kan være forud for Næringsstofoptagelsen. Næringsstofoptagelsen er dog, som *Küpper* anfører, Aarsag, og Stofproduktion Virkning, ikke omvendt! Uden at fordybe os nærmere i interessante Grænsetilfælde, vil der her kun være Grund til at fastslaa, at det selvfølgelig er rigtigt, at hvis samtlige i Jorden forekommende Plantenæringsstoffer var saa utilgængelige, at Planten intet kunde optage, vilde den gaa ud; men saaledes er Forholdene jo ikke i Almindelighed. I Almindelighed indeholder Jorden alle de vigtigste Næringsstoffer i nogenlunde passende Mængder; er der imidlertid alvorlig Mangel paa f. Eks. et enkelt Plantenæringsstof, synes Optagelsen af dette Næringsstof at kunne sinkes endog saa meget, at den ikke kan holde Trit med Tørstofproduktionen, der som bekendt slet ikke i Almindelighed, men kun i forholdsvis sjældne Tilfælde (ekstrem Mangel paa et Plantenæringsstof), udelukkende afhænger af det enkelte Plantenæringsstof.

Den i de her undersøgte Tilfælde efterviste Forbindelse mellem Jordens Indhold af tilgængelige Næringsstoffer og den relative Næringsstofoptagelse og Tørstofproduktion genfindes ikke under Vaarsædens Modning eller ved Høst (se Figur 1 og Tabel 9), hvilket blandt andet maa skyldes det »Tab« af Plantenæringsstoffer, der paa forskellig Maade (se senere) foregaar fra den modnende og modne Afgrøde. Det i Foraars- og Forsommertiden i de friskgrønne, ubeskadigede Planter fundne Næringsstofindhold maa derfor være en simplere Funktion af den virkeligt optagne Næringsstofmængde end ved Høst.

Ved alle Undersøgelser over Gødskningens teoretiske Grundlag gaar man som bekendt ud fra, at der er en vis Forbindelse



mellem Jordens Næringsstofindhold (det tilgængelige Næringsstofindhold), Afgrødens Næringsstofoptagelse (som Regel bestemt ved Analyse af de modne Planter) og Tørstofproduktion (som i Almindelighed bestemmes ved Høstning af den modne Afgrode). Da det af det foregaaende fremgaar, at saadanne Afhængigheder bedst bestemmes i Foraars- og Forsommertiden, vil det ved mange Undersøgelser være nærliggende at høste Afgroden (Vaarsæd o. lign.) i Forsommertiden i den mest intensive Vækstperiode. De her udførte Undersøgelser over Mangans, Kobbers og Bors Forhold samt de klassiske Undersøgelser over f. Eks. Kalium viser, at der ikke er nogen særlig god fysiologisk Baggrund for Beregninger over Forholdet mellem den ved Høst fundne Tørstofproduktion og Næringsstofoptagelse. Ogsaa den Anvendelse, man kunde tænke sig at gøre af f. Eks. Optagelseskoefficienter bestemt ved Høst, maa ses i Belysning af de i det foregaaende fremførte Forhold.

Undersøgelsen peger iøvrigt ogsaa paa, at det for Planternes Vækst i lige saa høj Grad kan dreje sig om et gunstigt Forhold mellem den relative Tørstofproduktion og Næringsstofoptagelse som om den absolutte Optagelse af Plantenæringsstof. At Forholdet kan ligge saadan, er iøvrigt i Overensstemmelse med andre Iagttagelser (7), der viser, at en kraftig Gødskning med Makronæringsstoffer kan forstærke eller endog fremkalde de typiske Symptomer paa f. Eks. Kobbermangel. Ved et lille Indhold af tilgængeligt Kobber i Jorden kan man aabenbart ved forholdsvis kraftig Gødskning med Makronæringsstoffer drive Tørstofproduktionen saa langt frem, at den relative Kobberoptagelse sakker mere og mere bagud, faar vanskeligere og vanskeligere ved at holde Trit med den øvrige Næringsstofoptagelse og altsaa med Tørstofproduktionen. Naar Forholdet mellem den relative Næringsstofoptagelse og Tørstofproduktion er passende, faas den højeste Tørstofproduktion ved en stor Næringsstofoptagelse — selvfølgelig indenfor visse Grænser.

---

Som gentagne Gange berørt, falder den optagne Mængde af Mangan, Kobber og Bor mod Slutningen af Vækstperioden, medens den optagne Fosformængde har sin maximale Værdi ved Høst. Ogsaa *Rademacher* (10), som arbejdede med Havrens Kobberoptagelse, har fundet en saadan Nedgang.

Alle hidtil foreliggende Undersøgelser over Kornarternes Indhold af Makronæringsstoffer paa forskellige Udviklingssta-

dier viser gennemgaaende, at for Kvælstof og Fosfor findes det maximale Indhold ved Høst, medens f. Eks. det maximale Kalium-, Natrium- og Kalciumindhold naas før Modenhed, hvorpaa Indholdet falder, og som Regel er betydeligt lavere, naar Afgrøden er moden. Dette Fald i den optagne Næringsstoffmængde henimod Høst, som altsaa for Kalium, Natrium og Kalcium er konstateret Gang paa Gang, se ogsaa *Remy* (2), er en Kendsgerning, og kan ikke, som enkelte har ment, tilskrives Forsøgsfejl.

Som anført, har man længe været klar over, at den i Afgrøden indeholdte eller saakaldte optagne Mængde af et givet Plantenæringsstof fremkommer som Differens mellem den virkeligt optagne Mængde, og den tabte Mængde, som vender tilbage til Rødderne og til Jorden. Denne Returnering af Næringsstoffer er bl. a. paavist af *Wilfarth, Römer* og *Wimmer* (11). Ved i Væksthus at arbejde med Byg i Sandkulturer, kunde de ved Høstning af hele Afgrøden (ogsaa Rødderne) paavise, at »en Del af det af Planterne optagne Kalium ikke fastlægges i uopløselige organiske Substanser«, men at det, naar Planterne begynder at modnes, gennem Rødderne vandrer tilbage til Jorden. Der kunde ved disse Forsøg føres Kontrol med et eventuelt Bladtab; endvidere var en Udvaskning ved Regn og Dug selvfølgelig ikke mulig. *Knowles* og *Watkin* (15) har, ved at analysere Stængeldele og Blade udtaget fra Kornplanter i forskellig Højde over Jordoverfladen, paavist, at Næringsstoffindholdet (Kalium, Kalcium) ved Høst blev større og større, jo nærmere Jordoverfladen Prøven blev udtaget. *Pfeiffer* og *Rippel* (13) mener derimod, at det ved Høst konstaterede Tab af Kalium og Kalcium m. m. i Hovedsagen skyldes Udvaskning af den Del af Plantemassen, som er vissen. en Udvaskning der selvfølgelig maa blive størst ved Høst. Dette Synspunkt støttes af et Arbejde af *Kostytschew* og *Eliasberg* (14), som har vist, at det i Planterne forekommende Kalium praktisk talt er fuldstændig opløseligt i koldt Vand, hvilket betyder, at Regn og Dug maa kunne udvaske Kalium af f. Eks. modne Kornarter. Den her anførte meget korte Oversigt tyder altsaa paa, at der bortset fra Bladtab m. m. foregaar dels en Nedvandring af Næringsstoffer til Rødderne (og Jorden), dels en Udvaskning af Næringsstoffer ved Regn og Dug, og at disse Processer har et betydeligt Omfang ved Modning.

Til delvis Forklaring af de i dette Arbejde fundne faldende

Kurver for Næringsstofindholdet (se Figur 1), var det af Interesse at undersøge, i hvor stor Udstrækning det ved Høst i Havre- og Bygplanter forekommende Mangan, Kobber, Bor og Fosfor var opløseligt i Vand. Hvis nemlig Næringsstofferne var vandopløselige i betydelig Grad, var det nærliggende at antage, at Regn og Dug vilde kunne udvaske betydelige Næringsstofmængder fra de modnende og modne Afgrøder.

Til Undersøgelse af de omhandlede Plantenæringsstoffers Vandopløselighed udførtes følgende Experimenter: Af det finmalede, tørrede Plantemateriale behandlede  $2 \times 5$  g Tørstof i henholdsvis 2 og 24 Timer med 100 ml destilleret Vand, idet der af og til omrystedes med Haanden. I Filtraterne bestemtes Mangan, Kobber, Bor og Fosfor. Extraktionen foregik ved Stuetemperatur, der om Dagen var  $16-18^{\circ}\text{C}$ , medens den om Natten laa omkring  $10^{\circ}\text{C}$ , Temperaturer, som omtrent svarer til de Dag- og Nattemperaturer, der forekommer i det Fri i Slutningen af Juli Maaned. Der blev ikke tilsat Tymol eller andre desinficerende Stoffer; de fundne vandopløselige Mængder omfatter derfor ogsaa det, der opløstes ved eventuel mikrobiel Virksomhed, en Proces der, hvis den i det hele taget er af større Betydning, ogsaa maa foregaa i Naturen.

I Tabel 12 findes en Oversigt over den opløste Mængde angivet i Procent af det totale Indhold. Den fundne Vandopløselighed er muligvis særlig stor, fordi Materialet er finmalet; under naturlige Forhold kan særlig en Udvaskning af de i den hele Kærne forekommende Næringsstoffer næppe blive særlig omfattende. Paa den anden Side foregaar i Naturen Udvaskningen ofte i betydelig længere Tid, og de ekstraherede Næringsstoffer bortvaskes stadig fra Blade og Straa, hvilket maa øge den Mængde, der gaar i Opløsning. De sidstnævnte Forhold maa altsaa i nogen Grad kunne opveje, at der ved denne Undersøgelse arbejdedes under Betingelser, der selvfølgelig paa flere Punkter maatte være stærkt afvigende fra de naturlige. Til Belysning af disse Problemer blev der foretaget en lille supplerende Undersøgelse af groftskaaret (Hakkelse) og finmalet Bygghalms samt af finmalet Bygkærnes Indhold af Næringsstoffer i vandopløselig Form. Extraktionsbetingelser m. m. var iøvrigt som foran beskrevet. Undersøgelsen viste, at Finmalingen ikke kan have været af afgørende Betydning for de i Tabel 12 fundne meget betydelige vandopløselige Næringsstofmængder, idet der opløstes praktisk talt samme Mængde, hvad enten Halmen var finmalet eller skaaret i grov Hakkelse. Der var heller ikke nogen afgø-

Tabel 12.  
Vandopløselige Næringsstoffer i pCt. af Totalindholdet.

| Afgrøde    | Udtag-<br>nings-<br>dato | Extraktion i 24 Timer |     |                 |    | Extraktion i 2 Timer |    |                 |    |
|------------|--------------------------|-----------------------|-----|-----------------|----|----------------------|----|-----------------|----|
|            |                          | pCt. vandopløselig    |     |                 |    | pCt. vandopløselig   |    |                 |    |
|            |                          | Mn                    | Cu  | B <sup>1)</sup> | P  | Mn                   | Cu | B <sup>1)</sup> | P  |
| Havre..... | 24/7 39                  | 34                    | 64  | 100             | 49 | 69                   | —  | 100             | 32 |
| » .....    | 3/8 39                   | 29                    | 100 | 100             | 46 | —                    | —  | —               | —  |
| Byg.....   | 24/7 39                  | 48                    | 22  | 100             | 51 | 57                   | 30 | 100             | 25 |
| » .....    | 31/7 39                  | 50                    | 26  | 100             | 73 | —                    | —  | —               | —  |
| » .....    | 25/7 40                  | 35                    | 16  | 100             | 58 | 45                   | 33 | 100             | 36 |
| » .....    | 7/8 40                   | 30                    | 15  | 100             | 64 | —                    | —  | —               | —  |

rende Forskel paa Vandopløseligheden af den finmalede Kærnes og Halms Næringsstoffer.

Undersøgelsen viser som Helhed, at Vandopløseligheden af Bor, Mangan og Kobber er ganske betydelig. Bortset fra de øvrige Muligheder for »Tab« maa en Udvaskning af det døde Plantemateriale være af Betydning, naar det drejer sig om modnende eller modne Kornafgrøder.

Som det fremgaar af Undersøgelsen er ogsaa Fosforindholdet i betydelig Grad vandopløseligt. Selv om der altsaa ogsaa for Fosfor maa være foregaaet nogen Udvaskning — og for Byg i 1939 maaske tilmed en Del Bladtab — stiger Planternes Fosforindhold praktisk talt lige til Høstdatoen. Undersøgelsen viser saaledes ganske afgjort, at Vaarsædens Fosforoptagelse maalt ved Fosforindholdet i de overjordiske Organer forløber paa en særlig Maade. Man kan gætte paa, at der f. Eks. under Modningen foregaar en Transport af Fosfor fra Rødder til overjordiske Organer, hvorved en eventuel Udvaskning af Fosfor fra disse mere end opvejes. Tilfældet viser imidlertid, at Forholdene ved Modning (Høst) er komplicerede, og ikke lader sig fuldstændig udrede ved en samlet Bestemmelse af Næringsstofindholdet i Vaarsædens overjordiske Organer. Det maa tilføjes,

<sup>1)</sup> Den vandopløselige Bormængde fandtes lidt større end det totale Bordinhold. Til trods for omhyggelig Foraskning ved Bestemmelse af Totalbor sker der maaske et Bortab. Uoverensstemmelsen kan dog ogsaa skyldes, at den kolorimetriske Maaling af Totalbor foregik med Mulighed for en procentisk stor Aflæsningsfejl, medens den vandopløselige Bormængde maalt under Forhold, hvor den procentiske Aflæsningsfejl var betydelig mindre (se det analytiske Afsnit Side 108). En Bestemmelse af Totalbor i Plantemateriale foregaar maaske bedst ved Extraktion af forholdsvis store Støvmængder med destilleret Vand eller svagt sure eller alkaliske vandige Opløsninger. Dette Spørgsmaal vil ved anden Lejlighed blive undersøgt i Forbindelse med den her anvendte Analysemethode.

at en blot tilnærmet Isolering af Rødderne maa anses for umulig under Markforhold.

### Oversigt.

1. Undersøgelsen omfattede i 1939 Svaløf Ørn-Havre og Abed Kenia-Byg, og i 1940 Abed Kenia-Byg. I begge Aar var Vækstperioderne varme og tørre.

2. Bestemmelser af Jordens Mangantal sandsynliggjorde Manganmangel, og direkte Iagttagelse viste, at Havren i 1939 led af Manganmangel. Paa Byg fandtes hverken i 1939 eller 1940 tydelige Mangan mangelsymptomer.

3. Tørstofproduktionen og Indholdet af Mangan, Kobber, Bor og Fosfor blev begge Aar bestemt paa seks Tidspunkter i Vækstperioden. Rødderne kunde ikke inddrages i Undersøgelsen.

4. Vaarsædens relative Indhold af Mangan, Kobber, Bor og Fosfor var som Helhed højest i Begyndelsen af Vækstperioden, derefter faldt Indholdet for igen at stige noget i Slutningen af Vækstperioden. Tallene diskuteres paa Grundlag af Vækstperiodernes Mangan- og Vandmangel.

5. Blev de pr. Arealenhed fundne Værdier for Næringsstofoptagelse og Tørstofproduktion omregnet til relative Værdier, viste det sig, at Næringsstofoptagelsen for unge Planter var forud for Tørstofproduktionen, naar Næringsstofftilførselen var normal (Kobber, Bor og Fosfor). Derimod foregik de unge Havreplanters Manganoptagelse langsommere end Tørstofproduktionen, medens Forholdet for Byg var noget mere normalt. Enkelte andre Undersøgelser udførte under lignende veldefinerede Betingelser støtter dette Resultat, hvis Konsekvenser berøres, idet det fremhæves, at Problemet er af betydelig teoretisk og praktisk Interesse. Til yderligere Belysning af dette Spørgsmaal er mere omfattende Undersøgelser paakrævede.

6. Den sædvanlige Fremgangsmaade ved Omregning af Næringsstofoptagelse og Tørstofproduktion til relative Værdier diskuteres, og det fremhæves modsætningsvis, at disse Omregninger, særlig ved Forsøg udført under Markforhold, principielt bør foregaa over saa korte Tidsperioder som muligt, f. Eks. i første Halvdel af Vækstperioden. Ved Valg af Basis for en Beregning af relative Værdier foreligger dog altid et betydeligt Usikkerhedsmoment.

7. I Forbindelse med en Beregning af relative Værdier for Næringsstofoptagelse og Tørstofproduktion anbefales det at foretage en Sammenligning for en Række Næringsstoffer af Udnyt-

telseskoefficienternes Bevægelser i Vækstperioden. En saadan Sammenligning vil, sammenholdt med Data vedrørende Næringsstoftilførsel m. m., give gode supplerende Oplysninger om Forholdet mellem Næringsstofoptagelse og Tørstofproduktion.

8. Mod Slutningen af Vækstperioden faldt den pr. Arealenhed optagne Mangan-, Kobber- og Bormængde, medens den optagne Fosformængde havde sin maximale Værdi ved Høst. De mulige Aarsager hertil diskuteres, og det paapeges, at det samme Fald regelmæssigt er konstateret for f. Eks. Kalium, Natrium, Kalcium, Magnium og Klor, men med faa Undtagelser ikke for Kvælstof, Fosfor og Silicium.

9. De i Forsommeren i friske, ubeskadigede Planter fundne Næringsstofmængder maa være forholdsvis gode Udtryk for de virkeligt optagne Næringsstofmængder. Senere i Vækstperioden kompliceres Forholdene paa forskellig Maade. Ved teoretiske og praktiske Undersøgelser af forskellig Art kan der altsaa i de enkelte Tilfælde være Grund til at overveje, paa hvilket Tidspunkt Vaarsæden skal høstes.

#### Summary.

### **Manganese, Copper and Boron in Oats and Barley at Different Stages of Growth.**

The investigations of 1939 comprise oats and barley, those of 1940 barley only. In the soil (loam) in which the crops were grown the pH value and available phosphorus, potassium, manganese, copper and boron were determined. The contents of available manganese made rather severe attacks of Grey Speck disease probable in oats and in a less degree in barley; accordingly visible attacks of Grey Speck disease were observed in oats during the spring of 1939. All the other plant nutrients were present in quite sufficient amounts.

The production of dry matter and the contents of manganese, copper, boron and phosphorus were determined at six different stages of growth. As the investigations were made under field conditions the roots were not involved.

During the growing period the relative contents in the dry matter of manganese, copper, boron and phosphorus moved rather normally, i. e. as found for nitrogen, potassium, phosphorus, calcium etc. by other investigators (Tables 4 and 5). The exceptions are discussed on the basis of lack of available manganese and water in both the growing periods (1939 and 1940).

By computing per unit of area the values of nutrient absorption (contents) and production of dry matter at different stages of growth on a relative basis (percentages of the maxima) it was found especially for young plants that the absorption of the above mentioned nutrients was in advance of the production of dry matter when there was sufficient quantities of these nutrients in the soil for maintenance of normal growth (copper, boron, phosphorus). For oats on the other hand it was shown that the production of dry matter was in advance of the absorption of manganese (Table 6). A few investigations made by other investigators under similar well-defined conditions have shown the same result (potassium, copper) as here found for manganese. The theoretical and practical aspects of this problem are considered. In this connection the computations of relative values for nutrient absorption are discussed, and it is stated that in such computations considerable factors of uncertainty are involved. Moreover the fundamental importance of making such computations during short periods, e. g. during the first half of the growing season is emphasized; this is especially important under field conditions. On the whole it is rather precarious to compute these relative values especially on the basis of maxima values. So continued experiments are necessary to prove if the production of dry matter may be in advance of the absorption of a certain nutrient when there is rather an extreme lack of this nutrient in an available state.

The relation between the amount of dry matter produced, and nutrients absorbed, i. e. the coefficient of utilizing, when computed for several nutrients in the same crop and then mutually compared at different times in the first half of the growing period, is rather a good measure of the relative absorption of the nutrients (Table 10). This method may help to evaluate the results obtained by computing relative values for nutrient absorption and production of dry matter.

It was found that the nutrient absorption for manganese, copper and boron reached a maximum and then decreased as the crop was ripening (Fig. 1). This retrogradation in contents of nutrients during the growth in the last weeks of both years was very pronounced except for phosphorus which in accordance with other investigations did not show any decrease. The phenomenon cannot be ascribed to a single factor.

The periodic variation in the nutrient contents of the plant is simply the difference between absorption and return to soil. A decline of an absorption curve indicates the predominance of the latter. These facts are of importance to all theoretical considerations with respect to manuring.

---

## Literatur.

1. *Liebscher, G.*: Verlauf der Nährstoffaufnahme der Pflanzen und seine Bedeutung für die Düngerlehre. Journ. f. Landwirtsch. 35. 335. 1887. Se ogsaa: Über die Bedeutung des zeitlichen Verlaufs der Nährstoffaufnahme der Kulturpflanze. Königsberger land- und forstw. Ztg. 44. 301. 1886.
2. *Remy, Th.*: Fertilization in its relationship to the course of nutrient absorption by plants. Soil Sci. 46. 187. 1938.
3. *Remy, Th.*: Düngung und Verlauf der Nährstoffaufnahme. Die Ernährung der Pflanze. 35. 129. 1939.
4. *Küpper, T.*: Beobachtungen über den Nährstoffbedarf und den Verlauf der Nahrungsaufnahme der Kulturgewächse. Diss. Bonn-Poppelsdorf 1926.
5. *Franken, K.*: Untersuchung über die Abhängigkeit der Düngerwirkung von der Zeit der Düngieranwendung. Diss. Bonn-Poppelsdorf 1921. (Se Küpper (4)).
- 5a. *Quitau, G.*: Nährstoffaufnahme bei Wintergetreide. Kühn-Archiv. 30. 319. 1932.
6. *Steenbjerg, F.*: Undersøgelser over Manganindholdet i dansk Jord. II. Det ombyttelige Mangan og dets Afhængighed af Gødskning og Jordbehandling. Tidsskr. f. Planteavl. 40. 337. 1934.
7. *Steenbjerg, F.*: Kobber i Jord og Kulturplanter. Med særligt Henblik paa Gulspidssyge. Tidsskr. f. Planteavl. 45. 259. 1940.
- 7a. *Stanley Smith, G.*: Determination of small amounts of boron by means of quinalizarin. Analyst. 60. 735. 1935.
8. *Poulsen, J. F.*: Om Metoder til Bestemmelse af Kalium, Fosforsyre og Kalk. Tidsskr. f. Planteavl. 41. 459. 1936.
9. *Bondorff, K. A.* og *Steenbjerg, F.*: Studier over Jordens Fosforsyreindhold. I. Jordfosforsyrens Opløselighed. Tidsskr. f. Planteavl. 38. 273. 1932.
10. *Rademacher, B.*: Über die Veränderungen des Kupfergehaltes, den Verlauf der Kupferaufnahme und den Kupferentzug beim Hafer. Bodenk. u. Pflanzenernähr. 19 (64). 80. 1940.
11. *Wilfarth, H.*, *Römer, H.* og *Wimmer, G.*: Über die Nährstoffaufnahme der Pflanzen in verschiedenen Zeiten ihres Wachstums. Landw. Versuchs-Stationen. 63. 1. 1906.
12. *Steenbjerg, F.* og *Boken, E.*: Karforsøg til Belysning af nogle Havresorters Gødskning med Mangansulfat. Tidsskr. f. Planteavl. 43. 819. 1939.
13. *Pfeiffer, Th.* og *Rippel, A.*: Über den Verlauf der Nährstoffaufnahme und Stoffherzeugung bei der Gersten — bzw. Bohnenpflanze. Journ. f. Landwirtsch. 69. 137. 1921.
14. *Kostytschew, S.* og *Eliasberg, P.*: Über die Form der Kaliumverbindungen in lebenden Pflanzengeweiben. Zeitschr. f. physiol. Chemie. 111. 228. 1920.
15. *Knowles, F.* og *Watkin, J. E.*: The assimilation and translocation of plant nutrients in wheat during growth. Journ. Agr. Sci. 21. 612. 1931.
16. *Grendel, F.*: Een Micro-Koperbepaling in Bloed. Pharm. Weekbl. 67. 1345. 1930.
17. *van Itallie, Th. B.*: Het Verloop van de Opname van Stikstof, Fosforzuur en Kali door verschillende Gewassen te Velde. Verslagen van landbouwkundige Onderzoekingen Rijkslandbouwproefstation te Groningen. 43 (2). 13. 1937.