

*Arne Oddvar Skjelvåg*

F o r e l e s n i n g e r

i

G J Ö D S E L L Æ R E

av

M. Ö D E L I E N

I

LANDBRUKSBOKHANDELEN/UNIVERSITETSFORLAGET

Vollcbckk/Oslo

1961

# Innholdsfortegnelse.

## F Ø R S T E D E L.

	Side
I. Historikk .....	1
II. Plantenes næringsstoffer .....	7
1. Kort oversikt over de enkelte stoffer .....	9
2. Noen fra gjøddelingssynspunkt viktige forhold ved plantenes stoffopptaking .....	17
3. Næringsstoffenes betegnelse i gjødsellæren .....	20
III. Næringsbehov og gjødselbehov .....	21
IV. Avlinga som funksjon av vekstfaktorene .....	23
V. Næringsstoffhusholdningen i jorda .....	30
1. Kvelstoff .....	31
2. Fosfor .....	36
3. Kalium .....	44
4. Kalsium .....	47
5. Andre stoffer .....	56
VI. Noen merknader om humushusholdningen .....	65
VII. Fruktbarhet, kulturtilstand, næringstilstand, hevd og næringsstoffbalanse m.m. ....	67
VIII. Markforsøk .....	72
1. Kvalitative forsøk .....	74
2. Kvantitative forsøk .....	77
3. Komparative forsøk .....	78
4. Markforsøket som rettleiing for praksis .....	81
IX. Karforsøk .....	84
X. Kjemiske jordanalyser .....	86
1. Jordanalyser til rettleiing om gjødsling .....	86
2. Jordanalyser til rettleiing om kalking .....	95
XI. Kjemisk analyse av planter og andre framgangsmåter .....	100
XII. Diagnostiske kjennetegn på næringsmangel, og ugras- floraen som indikator på kalktilstanden .....	102

## I. Historikk.

Landbrukshistorien forteller om gjødslingens praksis opp gjennom tidene og om de vekslende oppfatninger av hva gjødslingens virkning på planteveksten består i. Her skal vi bare nevne enkelte trekk som sammenlagt kan gi et bilde av gangen i utviklingen, og hvordan vår tids teori og praksis på dette felt er vokst fram.

Allerede oldtidens jordbruksforfattere ga praktiske råd om gjødsling. De hadde også sine teorier om plantenæring og gjødselvirkning. Blant de greske oldtidsforfattere kan vi nevne Xenophon (440-353 f. Kr.), en elev av Sokrates. Han skrev blant mye annet også om grønngjødsling.

Romerne hadde mange forfattere som skrev store verker om jordbruk. Mange av disse arbeider er bevart - fullstendig eller delvis - helt ned til vår tid. Cato (234-149 f. Kr.), Varro (116-28 f. Kr.), Virgilius (70-19 f. Kr.) og mange flere skrev bøker om jordbruk. Mest kjent er Columella, som levde i det første århundre etter Kristus. Han skrev et verk med titelen "De re rustica", som omfatter 12 bd. Det ble brukt som kilde skrift gjennom hele oldtiden, middelalderen og langt ut i den nyere tid.

Den gamle romerske landbrukslitteratur handler om en mengde spørsmål vedkommende jordas dyrking og gjødsling. Det gis t.eks. råd om merging, grøfting og gjødsling. Belgplantene omtales som planter som gjør jorda rikere, i motsetning til kornartene.

Det var Aristoteles' lære om plantenes fysiologi som dannet det teoretiske grunnlag for gjødsellæren og plantedyrkingen i det hele tatt gjennom hele oldtiden. Den gikk bl.a. ut på at all plantenæring finnes i jorda. Her påvirkes den av varmen, så den kan opptas av planterøttene i ferdig tilstand. Den er ikke gjenstand for videre omsetninger i planten, men brukes som den er til å bygge opp dens forskjellige organer. Aristoteles levde over tre hundre år f. Kr. (384-322 f. Kr.), og hans lære holdt seg helt til det 17. århundre. De vitenskapelige teorier kunne oppnå en meget respektabel alder i de dager.

Det er karakteristisk for oldtidens landbrukslitteratur at den inneholder en merkelig blanding av verdifull erfaring og riktige iakttagelser, abstrakte spekulasjoner og overtro. De gamle forfattere gav mange gode praktiske råd, bl.a. om gjødsling. De teoretiske forklaringer var resultater av naturfilosofi. Dessuten hadde overtroen en rommelig plass.

De lærte bl.a. at gjødsla helst skal kjøres ut ved voksende måne. Da virker den kraftigst og lengst. Columella var forresten av en noe annen mening. Han mente at gjødsla helst skal spres ved minkende måne for å unngå for mye ugras. Læren om månefasenes innflytelse på gjødselvirkningen og på planteveksten ellers holdt seg og gikk igjen i litteraturen så seint som i det 18. århundre. Ja, vi er ikke ferdig med den ennå. Den er dukket opp igjen i våre dager i visse antroposofiske læresetninger.

Da den romerske kultur gikk til grunne, inntrådte også en fallperiode i litteraturen om jordbruksproblemer. Maurerne stod som kjent høgt i kultur i et avsnitt av middelalderen. De hadde også en jordbrukslitteratur, hvor de samlet og bygde videre på det grunnlag oldtidsforfatterne hadde lagt. Av denne arabiske jordbrukslitteratur finnes det rester i franske og spanske biblioteker.

I det 12. og 13. årh. begynner det så smått å vokse opp en ny jordbrukslitteratur i Europa. Omkring år 1300 skrev italieneren Crescentius (1230-1310) et stort verk om jordbruk. Det bygde først og fremst på oldtidens litteratur, men støttet seg også til arabiske skrifter. Det dannet grunnlaget for en rekke verker om jordbruk i over 300 år.

Omkring år 1600 kan vi merke at en ikke lenger følte seg så helt trygg på den gamle lære om plantenes ernæring, den som skrev seg fra Aristoteles. Den ene etter den andre begynte å streife inn på nye teorier. Nå kom det en periode da en søkte etter plantenes prinsipp (= næring). Denne forskningsretning er særlig karakteristisk for tidsrommet 1630-1750.

Omkring år 1600 skriver franskmannen Palissy at når kveitehalmen brennes ute på jordet, virker den som gjødsel, fordi den gir tilbake til jorda de stoffer som ble bortført med avlinga. Han gjør uttrykkelig oppmerksom på at saltene i asken må være den næring som plantene tar opp fra jorda. Dette er noe fullstendig nytt. Allerede oldtidsforfatterne kjente nok til askens virkning på planteveksten, men de forklarte den bl.a. med at asken ødela skadelige insekter i jorda. Palissy var visstnok den første som oppfattet asken, eller rettere sagt saltene den inneholder, som plantenæring.

Litt seinere gjorde belgieren van Helmont (1577-1644) et berømt forsøk. Han fylte 90,7 kg tørket jord i et jernkar og plantet en ung pileplante som veide 2,3 kg, i jorda. Jorda var dekket med en perforert jernplate for å hindre stofftilførsel i form av støv. Forsøket varte 5 år, og i denne tiden ble det bare vatnet med destillert vatn. Ved forsøkets slutt veide planten 76,6 kg. Jorda ble tørket og veid, og det viste seg at vekten var ca. 56 g mindre enn ved forsøkets begynnelse. Helmont trakk



den slutning av sitt forsøk at vektøkningen på 74,3 kg skrev seg bare fra vatnet. Vatnet måtte altså være plantenæringen. Nå vet vi jo av van Helmont gjorde den feil at han overså at jorda letnet 56 g, og at han heller ikke regnet med den rolle lufta spiller.

Noen år seinere (omkr. 1650) framsatte Glauber en hypotese om salpeter (nitrat) som plantenes prinsipp. Han viste ved forsøk at salpeter virket sterkt på veksten.

Med van Helmont og Glauber kom forsøket inn som hjelpemiddel ved plantefysiologiske undersøkelser. Det har jo, som vi vet, seinere fått den aller største betydning både i denne vitenskap, i gjødsellæren og for plantedyrkingen i det hele.

Engelskmannen Woodward utførte også forsøk, som resulterte i en teori om at ikke vatn, men visse bestanddeler i jorda var plantenes egentlige næring. Han mente at vatnet bare tjener som oppløsningsmiddel for disse stoffer.

Andre mente at plantene levde av fete oljer i jorda, og av vatn og varme. Saltene tjente bare til å gjøre næringsstoffene tilgjengelige for plantene. Enkelte mente at selve jordpartiklene var plantenæring. Den ivrigste talsmann for denne oppfatning var engelsmannen Jethro Tull (1674-1740). Jethro Tull mente at salpeter, vatn, luft, varme og jord er av betydning for veksten, men jorda er den egentlige næring. "For mye salpeter etser plantene", sa han, "for mye vatn drukner dem, for mye luft tørker røttene ut, og for sterk varme svir dem, men for mye jord kan plantene aldri få". Han la den aller største vekt på finsmuldring av jorda, ikke minst i veksttiden, og anbefalte radsåing og radrensing. Han ble således talsmann for en uriktig teori, men en til en viss grad riktig praksis.

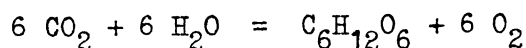
Den oppfatning at visse fete stoffer i jorda var den egentlige plantenæring, holdt seg lenge. Wallerius (1709-1785), som var professor i kjemi i Uppsala, var også av denne mening. Kjemikeren Home i England forsøkte liksom Wallerius å kaste lys over spørsmålet om plantenes ernæring ved kjemiske analyser og ved forsøk. Han nevnte seks slags plantenæring: Luft, vatn, jord, forskjellige slags salter, olje og varme. Det var i det hele stor usikkerhet og uklarhet om plantenes næringsstoffer og ernæringsprosesser i denne tid. Den gamle lære var brutt ned, og en hadde ikke funnet fotfeste i en ny.

Allerede Aristoteles hadde vært inne på at plantene tok opp organisk stoff fra jorda. Denne lære holdt seg i forskjellig form hos mange forfattere gjennom det 17. og 18. årh. De antok at jordas organiske stoff,

humusstoffene, på en eller annen måte var plantenes viktigste næring. Denne lære er blitt kalt humusteorien, og dens mest berømte talsmann var den tyske lege Albrecht Daniel Thaer (1752-1828), som viet jordbruksforskningen det meste av sitt arbeid. Han sa bl.a.: "Når en unntar vatnet, er humus det eneste stoff i jorda som er næring for plantene". Mineralstoffene mente han bare har betydning ved å lette omsetningen av humusstoffene. Thaer hadde en overordentlig stor innflytelse i Tyskland, og det skyldes vel hans innflytelse mer enn noe annet, at humusteorien kom til å spille en større rolle i Tyskland enn noe annet sted.

Men omtrent på samme tid som humusteorien ble satt i høgsetet av Thaer, ble det gjort en rekke oppdagelser som godtgjorde at plantene får sitt kullstoff fra lufta. I 1775 offentliggjorde Priestly forsøk som viste at plantene renses lufta, i motsetning til dyrene som forurenser den. Straks etter viste Ingen-Housz at plantene bare tar opp kullsyre i lys. Senebier påviste at plantene skiller ut surstoff når de tar opp kullsyre. Og i 1804 kunne de Saussure legge fram forsøksresultater som viste både plantenes kullsyreassimilasjon og deres respirasjon, og som også godtgjorde at tørrsubstansen i plantene øker som følge av kullsyreassimilasjonen.

Det viktigste resultat av disse fire forskeres arbeider sammenlagt kan vi uttrykke ved assimilasjonsligningen:



Dermed var de grønne planters kullstoffernæring fastslått, men det tok enda sin tid før kjennsgjermingene fikk makt over humusteorien, og disse viktige oppdagelser kom til sin rett. Gjennombruddet for den nye lære kom med Justus von Liebig (1803-1873).

Om plantenes askebestanddeler mente en lenge at de var uten vesentlig betydning, og at de ble dannet i planten og ikke opptatt utenfra. Men alt omkring år 1600 var Palissy av den oppfatning at aske inneholder salter som er viktige for plantenes vekst. I begynnelsen av det 19. årh. sluttet de Saussure (1767-1845) av sine forsøk at plantene tok opp mineralstoffene utenfra, og at askebestanddelene er uunnværlige for plantene.

I 1830-årene tok Carl Sprengel (1787-1859), en elev av Thaer, avstand fra humusteorien. Han mente at ikke bare humus, men også en rekke andre stoffer er næringsstoffer for plantene. Han hevdet at mineralstoffene er viktige og mente jordbrukerne må tilføre mineralstoffer til jorda. Han påviste at visse salter virker sterkt på veksten, og at virkningen

kunne være ulik på forskjellig slags jord. Han forsøkte også å lage kunstgjødsel. Men hverken dette tiltak eller hans lære slo igjennom, og han døde upåaktet og glemt.

I 1840 kom Liebig's berømte arbeid: "Die organische Chemie in ihrer Anwendung auf Agricultur und Physiologie". Her framsetter Liebig sin lære om plantenes ernæring og om gjødsling. Han bryter helt med humus-teorien og hevder klart og bestemt at kullsyre, vatn og mineralstoffer er plantenes næring, og dertil kvelstoff, som Liebig mente plantene får fra lufta med regnvatnet i form av ammoniakk. Å gjødsle med kvelstoff skulle derfor etter Liebig's mening være unødvendig. Han holdt også på at plantene opptar kvelstoffet som ammoniakk - ikke som nitrat.

I dette og seinere arbeider utformet Liebig det grunnlag som vi for en ikke liten del bygger gjødsellæren på ennå den dag i dag. Han førte mineralteorien fram til seier. Han formet sin minimumslov og sin lære om rovdrift og erstatning og la dermed grunn for næringsstoff- og gjødselstatikken.

Uten å undervurdere alt det nye som kom med Liebig skal vi likevel huske at atskillig i hans lære skriver seg fra hans forgjengere. Vi har sett at Palissy, de Saussure og Sprengel hadde vært sterkt inne på mineralstoffenes betvding for plantene. Sprengel berørte også kjernen i minimumsloven. Han var oppmerksom på at mangel på bare ett stoff kunne være avgjørende for hvor stor avlinga blir. Liebig koblet sammen på en genial måte det som allerede forelå. Og han fikk overmåte stor innflytelse ved sin glimrende framstillingsevne og ved sin uredde, pågående kamp for de nye læresetninger.

Naturligvis tok Liebig også feil i mangt og mye. Han tok feil når han mente at gjødsling med kvelstoff var unødvendig, og at ammoniakk er den eneste kvelstoffforbindelse plantene kan nytte. Men i hovedtrekk var Liebig's lære riktig, og ikke minst fikk han en overordentlig stor betydning ved det liv han vakte i jordbruksforskningen. Han gav nemlig støtet til fortsatt utforskning av så mange spørsmål. Liebig knyttet jordbruksforskning og naturvitenskap sammen på en måte som aldri før.

Liebig fikk mange motstandere, som hadde et annet syn på mange av de spørsmål han befattet seg med. En av dem var franskmannen Boussingault (1802-1887). Han drev grunnleggende forsøk på sitt gods Bechelbromm i Elsass. Han analyserte jord, gjødsel og avling, drev forsøk med forskjellig omløp og mye annet. Han hevdet kvelstoffgjødslingens betydning og var inne på belgplantenes særstilling når det gjelder kvelstoffopptakingen.

I 1843 ble den engelske forsøksstasjon Rothamsted opprettet. Her virket Lawes og Gilbert. De utførte forsøk med planteernæring og gjødsling. Begge hevdet kvelstoffgjødslas betydning og deltok i en hissig feide mot Liebig i dette spørsmål. Det samme gjorde tyskerne Stockhardt og Wolff.

I 1842 utkom et arbeid av tyskerne Wiegmann og Polstorff. Her er det levert endelig bevis for at plantene tar opp saltene fra jorda og ikke lager dem selv.

De mange spørsmål om plantenes ernæring som det ble slik diskusjon om på Liebig's tid, ble nøyere utredet ved vasskulturforsøk. Denne forskningsmåte ble utviklet av Sachs og Knop m.fl. etter midten av det 19. årh. Andre brukte sand som veksemedium.

Alt i oldtiden hadde en den oppfatning at belgvekstene ikke pinte jorda ut, men tvertimot gjorde den bedre. I det 19. årh. var flere inne på den tanke at belgvekstene måtte ha en annen N-kilde enn andre planter, bl.a. Boussingault. Men løsningen på gåten kom først i 1886, da Hellriegel og Wilfarth på et naturforskersmøte i Berlin la fram resultatene av sine undersøkelser over belgplantenes N-forsyning. De godtgjorde at belgplantene står i en særstilling med hensyn til N-forsyningen, og de antok at det er bakterier i belgplantenes rotknoller som er i stand til å assimilere det fri kvelstoff i lufta, og siden avgi en del av dette kvelstoff til plantene. I 1888 påviste Bejerinck bakterien, som ble kalt Bacillus raditicola, seinere Bact. raditicola. I det siste er slektsnavnet Rhizobium mye brukt.

Men alt før den vitenskapelige forklaring var funnet, hadde Schultz-Lupitz benyttet seg av denne belgvekstens særevne i stor stil ved grønngjødsling til den magre sandjord på godset sitt.

Etter Hellriegel, Wilfarth og Bejerinck's viktige oppdagelser ble det stor interesse for bakteriologien. Allerede i 1877 hadde Mintz gjort det høgst samsynlig at nitrifikasjonen måtte være en mikrobiologisk prosess. I 1890 isolerte Winogradsky nitrifikasjonsbakteriene. Seinere fant en de frittlevende kvelstoffsamlende bakterier Clostridium Pasteurianum og Azotobacter chroococcum.

Enkelte av den plantefysiologiske forsknings problemer og resultater etter århundreskiftet kommer vi inn på seinere.

Særlig stort har framskrittet i dette tidsrom vært innen et annet fag som gjødsellæren støtter seg til, nemlig jordbunns-læren. Den første behandling av jordbrunns-læren som særskilt vitenskap kan regnes til 60-årene av forrige århundre. Etter århundreskiftet har jordbunns-læren vært

gjenstand for en rivende utvikling. Av de utallige spørsmål av viktighet for gjødsellæren, som jordbunnsforskningen har kastet lys over, nevner jeg bare plantenæringsstoffenes absorpsjon, frigjøring og transport i jorda. Her har bl.a. den kolloidkjemiske forskning fått stor betydning.

Siden Liebig's tid har kjemien vært den viktigste grunnvitenskap for gjødsellæren. Ikke bare i forskningsarbeidet, men også i gjødslingens praksis har den kjemiske forskning og dens resultater satt sterke spor. Kunstgjødselframstillingen, som både er blitt en viktig industrigren og av så stor betydning for jordbruket, er et resultat av kjemisk og fysisk forskning og av tekniske framskritt i forening.

For utbyggingen av den moderne gjødsellære har endelig dyrkingsforsøket spilt en viktig rolle. Van Helmont utførte som før nevnt karforsøk allerede omkr. år 1600. I de følgende to hundre år hører vi at det leilighetsvis ble gjort karforsøk, men det er først fra det 19. årh. karforsøkene med jord, sand og vatn er blitt utviklet til det viktigste forskningsmiddel de nå er, og brukt i stor utstrekning. P. Wagner og E.A. Mitscherlich er to kjente navn i arbeidet med karforsøk med direkte sikte på praktiske gjødslingsspørsmål.

Markforsøk av aller enkleste slag er vel eldre enn karforsøk. ("Åkerprøver" anbefales av enkelte forfattere allerede for over 200 år siden.) I første halvdel av forrige århundre ble mer planmessige og målbevisste markforsøk bl.a. utført av Boussingault på Bechelbronn og J.B. Lawes og J.H. Gilbert på Rothamsted. (En del av de eldre gjødslingsforsøk på Rothamsted fortsetter ennå etter omtrent 100 års forløp.) Markforsøkernes metodikk er etter hvert utviklet så de nå tilfredsstillende forholdsvis strenge krav til moderne forskningsmidler. Her har dansken P. Nielsen (1829-1897), Bastian R. Larsen (1856-1919) og flere andre forskere fra de nordiske land gjort en fortjenestfull innsats. Markforsøkene er blitt et verdifullt forskningsmiddel i gjødslingsspørsmål og av overordentlig stor betydning for gjødslingens praksis.

Kjemi, plantefysiologi, jordbunnsfysikk og dyrkingsforsøk er grunnpilarene for den moderne gjødsellære.

## II. Plantenes næringsstoffer.

I alt er ca. 60 grunnstoffer påvist i plantene. Mange stoffer er alltid å finne i plantelegemet, andre kan forekomme eller mangle. Noen finnes i relativt store, andre i ytterst små mengder. Noen er absolutt nødvendige for plantenes normale vekst og utvikling, andre kan unnværes

og synes altså ikke å spille noen livsviktig rolle. Av de unnværlige stoffer som normalt forekommer i plantene, ser enkelte ut til å kunne være nyttige for noen arter eller under visse forhold.

Iallfall til og med første tiår av dette århundre var det vanlig lære at disse 10 grunnstoffer er nødvendige for plantene: C, O, H, N, P, S, K, Ca, Mg, og Fe. I virkeligheten har det aldri vært så fullkommen enighet om avgrensingen mellom nødvendige og unnværlige stoffer som en kan få inntrykk av etter den populære framstilling. Seinere er det godt gjort at også B, Mn, Cu, Zn, Mo og Cl er nødvendig for sannsynligvis alle høyere planter. En rekke andre stoffer ser ut til å være nyttige for enkelte plantearter eller under visse forhold. Det er tilfelle med Na, Si, Cl, T, V, Cr m.fl. Somme oppfatter enkelte av disse grunnstoffer som ununnværlige. Det er ikke umulig at ennå flere stoffer kan komme til i rekken av dem som regnes for nødvendige for plantene.

Om Mn, B, Cu og Zn har en lenge visst at de er giftige selv i små mengder. Den nyere kunnskap om dem går ut på at de i enda mindre mengder er nødvendige for plantenes livsfunksjoner. De opptrer normalt i så små mengder at det er mest praktisk å angi dem i milliontedeler av tørrstoffet, mens mengden av de øvrige næringsstoffer mer praktisk uttrykkes i prosent. Mn, B, Cu, Zn, Fe og Mo kalles ofte mikronæringsstoffer, dvs. stoffer som plantene trenger bare i svært små mengder. De andre kan vi kalle makronæringsstoffer. I stedet for mikronæringsstoffer brukes ofte betegnelsene sporstoffer eller sporelementer. Disse betegnelser hentyder bare til at det er stoffer som opptrer i små mengder, og burde egentlig helst brukes i en videre betydning.

Når det gikk så lang tid før det ble oppdaget at mikronæringsstoffene har avgjørende betydning for plantenes livsfunksjoner, var det nettopp fordi det trenges så uhyre små mengder av dem. Ved forsøk blir behovet for slike stoffer lett dekket ufrivillig og ukontrollert ved forurensninger i kjemikalier, ved forekomst i vatnet eller ved små stoffmengder som skriver seg fra forsøkskarenes vegger. Sammen med det som finnes i frøet, kan dette være nok til normal utvikling av plantene. Det dreier seg ofte om så små mengder at det skal fine analysemetoder til å påvise og bestemme dem, og særlig stor forsiktighet for å unngå at plantenes behov blir dekket ukontrollert.

### 1. Kort oversikt over de enkelte stoffer.

Vi skal ikke her gå nærmere inn på det som er kjent om de enkelte stoffers plantefysiologiske forhold, men bare nevne enkelte ting som er av særlig interesse i gjødsellæren.

#### K u l l s t o f f .

Kullstoff utgjør oftest over 40 % av tørrstoffet i plantene. Det tas opp som CO<sub>2</sub> fra lufta gjennom bladene og nyttiggjøres ved kullsyreassimilasjonen. Av CO<sub>2</sub> og vatn og med lyset som energikilde lager de grønne planter kullhydrater, som igjen kan brukes ved syntesen av andre organiske stoffer. Det gamle stridsspørsmål om plantene også kan ta opp kullstoffforbindelser gjennom røttene må vel nå kunne besvares slik, at de kan nytte visse oppløselige organiske stoffer, men under naturlige vekstvilkår spiller sikkert kullstofforsyningen ad denne vei liten eller praktisk talt ingen rolle

#### K v e l s t o f f .

Kvelstoff må de fleste grønne vekster få fra jorda gjennom røttene. Av høgere planter er det særlig belgvekstene som kan nytte det elementære kvelstoff i lufta, ved symbiose med knollbakterier.

Fra jorda tas kvelstoffet først og fremst opp som nitrat. Men ved forsøk i sterilt system er det godtgjort at også ammoniumsalter kan nyttes direkte, dvs. uten at det først er foregått nitrifikasjon. De forskjellige vekster har noe ulik evne til å ta opp ammonium-N, og ammoniumsaltenes effektivitet kan også veksle med mengden av visse andre joner i næringsoppløsningen. Ammoniumsaltene nyttes således bedre ved høgere pH i næringssubstratet enn ved låg, og i sur væske er bl.a. nærvær av Ca-joner av betydning for effektiviteten. For de fleste kulturvekster synes nitrat å være sikrere og bedre som direkte kvelstoffkilde enn ammoniumsalter, men det er ingen tvil om at mer eller mindre kvelstoff også under naturlige vekstvilkår tas opp som ammonium-N.

Nitrit er plantegift selv i nokså små mengder, men det er godtgjort at også nitriter kan nyttes direkte i visse konsentrasjoner. Nitrit spiller ingen rolle som gjødsel. I jorda omsettes det som kjent til nitrat. Da denne omsetning går raskt, er nitritmengden i jorda alltid forsvinnende liten.

Plantenes evne til å nytte direkte visse organiske stoffer som kvelstoffkilde har vært omstridt. De seinere år har bl.a. den finske forsker Virtanen gitt interessante bidrag til utredning av spørsmålet.

Etter Virtanens forsøk skal plantene kunne ta opp bl.a. asparaginsyre og glutaminsyre. De forskjellige vekster ser ut til å ha ulik evne til å nytte organiske kvelstofforbindelser. Rødkløver vokste til og med bedre med organisk kvelstoff enn med nitrat, mens det var omvendt med t.eks. kvitkløver. I et forsøk med rødkløver i steril kvartssand ble avlinga og N-mengden i avlinga pr. kar:

	<u>Tørrstoff, g</u>	<u>N-mengde, mg</u>
Kaliumnitrat.....	2,329	50,6
Asparaginsyre.....	4,428	90,9
Asparagin.....	2,108	43,8

I et annet forsøk brukte han ekstrakt av god grasmyratorv som N-kilde:

	N i næringsvæsken, mg:		I avlinga:	
	Ved starten	Til slutt	Tørrstoff, g	N-mengde, mg
Bygg:				
Med torvekstrakt	18,5	9,7	0,650	9,5
Uten "	0	0	0,125	0,7
Erter:				
Med torvekstrakt	30,8	15,1	0,930	21,1
Uten "	0	0	0,268	5,6

Virtanens forsøk kan i likhet med endel andre forsøk bare tolkes på den måten at plantene er i stand til å ta opp visse oppløselige organiske kvelstofforbindelser. Det er nærmere bestemt visse aminosyrer og visstnok enkelte amider (bl.a. urinstoff) som er tjenlige som direkte kvelstoffkilde.

Selv om det altså synes sikkert at plantene kan ta opp visse organiske kvelstofforbindelser, er det ikke dermed gitt at dette betyr noe synderlig for kvelstofforsyningen under naturlige vekstvilkår.

Virtanen mener også å ha påvist at bakterieknollene på belgvekstens røtter tar til å skille ut kvelstofforbindelser mens plantene enda står på et tidlig utviklingstrin. Det dreier seg vesentlig om aminosyrer, og disse ser ut til å kunne nyttes direkte av andre planter som vokser sammen med belgvekstene. Det utskilte kvelstoff skal nemlig kunne nyttes også om vekstsubstratet holdes sterilt. Rotknollene fortsetter å skille ut kvelstoff gjennom hele veksttiden, og det skal iflg. Virtanen være betydelige kvelstoffmengder som de levende bakterieknoller gir fra seg. Om dette er det ellers delte meninger.



I plantene er kvelstoffet som kjent vesentlig til stede i organisk form, først og fremst som eggkvite og mer eller mindre amider, men også i mindre mengder i klorofyll, alkaloider m.fl. Uorganiske kvelstofforbindelser kan også opptre i mindre mengde. I blad og andre saftige plantedeler kan en ofte påvise nitrat. I visse arter, og særlig etter sterk kvelstoffgjødsling eller på jord med kraftig nitrifikasjon, kan nitratinholdet være mye større enn vanlig (t.eks. i rotvekster). Dette kan sannsynligvis tas som et uttrykk for mangel på likevekt mellom kvelstoffabsorpsjonen og kullsyreassimilasjonen. Små mengder ammonium-N finnes også.

Råproteininnholdet er som kjent forskjellig for ulike arter og plantedeler, og det varierer sterkt med utviklingstrinnet. Ved rikelig kvelstofforsyning kan totalinnholdet av kvelstoff bli atskillig høyere enn vanlig. I slike tilfelle utgjør ofte de stoffer som ved analyse sammenfattes under fellesnavnet amider, en større del av totalmengden enn ellers.

Kvelstofforsyningen virker sterkt på plantenes vekst og stoffproduksjon, samtidig som den også gir seg til kjenne i deres utseende og kan virke på avlingskvaliteten på forskjellig vis. Ved svært knapp kvelstofforsyning blir plantene lyst grønne, bladene mindre enn ellers og blomstene ofte færre og mindre. Planter av grasfamilien busker seg lite. Med svak vekst følger vanlig mindre evne til å komme over angrep av parasitter (eks. jordloppeangrep) og andre ytre skader.

Særlig rik kvelstofforsyning ytrer seg bl.a. ved mørk grønn farge, rikt bladverk, og ved sterkere busking hos grasartene. Den vegetative utvikling blir frodig og varer lenger. Modningen sinkes, framfor alt hvis tilgangen på kvelstoff er stor lenge ut gjennom veksttiden. Poteter reagerer for slik gjødsling ved å utvikle svært ris, mens utviklingen av knoller sinkes. Stor bladmasse, lange strå og forholdsvis svakt utviklet støttevev øker faren for at kornåkeren legger seg. Også treaktige vekster fortsetter veksten lenge på høstkanten ved rik kvelstofforsyning og blir dermed mer utsatt for frostskaade. Den anatomiske bygning endres, bl.a. ved at visse vev blir løsere, og ved svakere utviklet kutikula. Dette kan være en fordel for enkelte grønnsakvekster, men det kan også være en ulempe, fordi plantene blir mer disponert for visse soppsykdommer (rust, meldugg).

## F o s f o r .

Fosfor opptas vesentlig som fosfatjoner av ortofosfat. De surstoffattige og surstoffrie uorganiske fosforforbindelser er utjenlige som P-kilde og til dels sterk plantegift. Om plantenes evne til å nytte visse organiske fosforforbindelser har meningene vært delte. Slike stoffer som lesitin, fyтин og nukleinsyre kan visstnok brukes direkte som fosforkilde, men det er uvisst om dette har noen betydning under naturlige vekstvilkår.

I plantelegemet opptrer fosfor i visse eggekvitestoffer, i fosfatider, m.fl. organiske stoffer og for en del i uorganisk form. Fosformengden er forholdsvis stor i visse planteorganer, t.eks. i frø.

Ved siden av at fosfor er bestanddel av visse organiske stoffer, har det også sine funksjoner i plantenes livsprosesser. Her skal vi bare nevne noen særvirkninger av stoffet som er av interesse i gjødsellæren. Sterk fosformangel kan sinke kornmodningen, mens god forsyning kan påskynde den. I praksis er vel fosfatgjødslingens virkning på modningstiden som regel ganske svak, men under visse forhold ser den ut til å kunne bety atskillig.

Mange undersøkelser viser at røttene blir bedre utviklet ved god forsyning med fosfor enn ved svak. Dette gjelder både rotvekster og korn, og bl.a. i Storbritannia blir det også tillagt betydning for eng- og beitevekster.

Knapp fosforforsyning gir seg ikke så tydelig til kjenne i plantenes utseende som kvelstoffmangel. Ved sterk fosformangel blir plantene misfarget på forskjellig vis. Kornartene får t.eks. en rød-fiolett farge på bladskjeder og stengler. Bladplaten blir ved samtidig rikelig kvelstofforsyning mørkt grønn.

## K a l i u m .

Kalium tas opp av en rekke forskjellige kaliumsalter.

I plantene finnes stoffet i størst mengde i de vegetative deler og særlig i bladene. Det er i uorganisk form, bare bundet til organiske stoffer i salter av organiske syrer. En stor del av kaliuminnholdet finnes i celledsaften.

Kalium ser ut til å være særlig viktig for kullhydratproduksjonen, men spiller også en rolle for eggekvitesyntesen og andre prosesser. Særlig i karforsøk øker kalium sukkerprosenten i beter og stivelseinnholdet i poteter. Kalium ser også ut til å motvirke potetenes tilbøyelighet til å bli mørke når de kokes.

Anatomisk kan kalium bl.a. virke til en kraftigere utvikling av støttevevet. Kornplantene skulle etter dette få stivere strå. Bladene ser også ut til å få tykkere kutikula. Dette kan kanskje forklare at planter som er godt forsynt med kalium, motstår melduggangrep bedre enn de som lir av kaliummangel. Tilstrekkelig forsyning med kalium påstås også å betinge en mer økonomisk vasshusholdning og skulle dermed sette plantene i stand til å klare seg bedre i tørke. Om dette i tilfelle skyldes nedstemt transpirasjon, større opptaking av vatn eller begge deler er ikke helt klart. På forsøksfelter ser en ikke sjelden at kløver og høstkorn blir mest skadd om vinteren der det er sterkere mangel på kalium. Dette kan henge sammen med det høyere sukkerinnhold som er påvist i unge høstkornplanter etter god gjødsling med kalium, eller skyldes en større saltkonsentrasjon i collesaften. God gjødsling med kalium ser også ut til å ha en særvirkning deri at plantene blir noe mer motstandsdyktige mot låg temperatur i veksttiden (nattefrost).

De forskjellige særvirkninger av kalium (eller kaliumsalter) henger visstnok nøye sammen med virkningen på stoffproduksjonen (avlinga). Særvirkningene vil som regel opphøre når kaliummengden er blitt så stor at en fortsatt øking ikke gjør avlinga vesentlig større. Det vil m.a.o. ikke svare til hensikten å gjødsle særlig sterkt med kalium bare for å gjøre høstkornplantene mer vintersterke, potetene sterkere mot nattefrost eller liknende.

Riktig sterk kaliummangel ytrer seg mer eller mindre tydelig ved misfargede, særlig gulaktige eller brune flekker og partier på bladene.

#### K a l s i u m.

En rekke forskjellige kalsiumsalter kan tjene som kalsiumkilde. I plantene forekommer kalsium i størst mengde i bladene. Frø og som regel også knoller inneholder lite kalsium. I unge blad er en stor del av kalsiummengden oppløselig i vatn, i eldre en mindre del. Den uoppløselige del består først og fremst av oksalat. En del kalsium synes også å være bundet til organisk stoff på en eller annen måte.

Hvilke funksjoner kalsium har vet vi lite om. Somme har ment det vesentlig tjener til å felle ut visse organiske syrer som blir til ved stoffomsetningene i planten.

#### M a g n e s i u m

forekommer i plantene i mengder som stort sett nærmest kan sidestilles med fosfor. Det opptrer dels i organiske og dels i uorganiske forbindelser.

Det er bl.a. bestanddel av klorofyll og ser ellers ut til å ha visse oppgaver i stoffomsetningen og stofftransporten.

Mangel på magnesium gir seg først og fremst til kjenne ved nekrotiske bladflekker, tildels ved ujamn fordeling av klorofyllet, og hos frukttrær ofte ved tidlig bladfall og fruktfall.

#### S v o v e l

kan de grønne planter bare ta opp av sulfater. Surstoffattige og surstoffrie svovelforbindelser er plantegift. Proteinstoffer og en del andre organiske stoffer inneholder svovel. Ved sterkere svovelmangel minner plantenes utseende om kvelstoffmangel.

#### J e r n

finnes bare i små mengder i plantene. Det er nødvendig for klorofyll-dannelsen, men ikke bestanddel av klorofyll. Jernmangel ytrer seg ved klorose.

#### M a n g a n

virker sannsynligvis bl.a. som katalysator ved forskjellige oksydasjons- og reduksjonsprosesser i plantene. Det trenges bare i små mengder, men forekommer likevel i litt større mengder i plantene enn flere andre mikronæringsstoffer. Dets funksjoner er lite kjent, men mangel på mangan har ofte ytringsformer som er forholdsvis lett å kjenne. Lysflekksjuke skyldes manganmangel. Den opptrer særlig på havre, men også på andre kornarter, og gir seg til kjenne tidlig i veksttiden ved lyse, visne bladflekker, som ordner seg i rekker på langs av bladet, særlig på den nedre halvdel. Ved sterke angrep skyter ikke plantene. På andre vekster (bygg, poteter, betar, jordbær, kål osv.) er sjukdomstegnene noe annerledes, men sterkere manganmangel ytrer seg nesten alltid ved bladflekker, der vevet dør og tørker inn.

#### B o r

har vist seg å være nødvendig for en lang rekke vekster. Det er sannsynligvis uunnværlig for alle grønne planter. Borinnholdet i plantene er svært lite. En god beteavling kan inneholde opp til 50 g B pr. dekar. De aller fleste andre avlinger inneholder langt mindre, en bra kornavling bare noe slikt som 2-3 g eller enda mindre.

Hvorfor bor er nødvendig er ikke på det rene ennå. Ved en kraftig virkning på kolloidene antas det å spille en rolle for stoffopptaking og stofftransport. Videre ser det ut til å være nødvendig for celledelingen.

Bormangel ytrer seg ved forskjellige sykdommer og abnormiteter på kulturvekstene. Vattersott på kålrot og nepe, og hjerteråt på forbete og sukkerbete er vel de mest utbredte bormangelsykdommer. Ellers kjenner en forskjellige ytringsformer av bormangel på blomkål, selleri, gulrot, rødbete m.m.fl. Likeså hos eple, pære o.a. frukttrær. Kornartene og andre enfrøbladete vekster har lite borbehov og er sjelden utsatt for bormangel under naturlige vekstvilkår. Særlig sterk bormangel hos kornartene ytrer seg ved abnormt sterk busking som fortsetter unormalt lenge, ved korte stengelinternodier og stengler, til dels ved at aksskytingen uteblir eller ved dårlig kjerneutvikling (få korn). Kløver reagerer for bormangel ved dårlig rotutvikling, veksthemming og, som så mange andre vekster, ved svak blomstring og dårlig frøsetting.

#### K o p p e r

har sannsynligvis bl.a. visse katalytiske virkninger i plantene. Det forekommer i ørsmå mengder. En havreavling inneholder t.eks. bare noe slikt som 3-4 g Cu pr. dekar.

Gulspissjuke (særlig på bygg og havre, men også på kveite, mindre på rug) er den lengst kjente og mest omtalte ytringsform for koppermangel. Kornplantene får tidlig gule bladspisser, som visner, ruller seg sammen og blir hengende som tråder ned fra resten av bladplaten. Sterkt angrepne planter skyter ikke topp eller aks. Når sykdommen opptrer i mildere form, kan plantene være nesten fri for sykdomstegn på bladene og skyte normalt, men det blir lite eller ikke korn. Koppermangel er ellers kjent hos mange andre kulturvekster, t.eks. kålrot, nepe, gulrot, kløver og flere grasarter, sjeldnere på treaktige vekster. Sjukdomstegnene er ofte lite karakteristiske. Skaden er nesten alltid større på den generative enn på den vegetative utvikling.

#### S i n k.

Sinkmangel ytrer seg ofte ved mangelfull klorofyllutvikling.

#### M o l y b d e n.

Molybdeninnholdet i plantene er overordentlig lite. Mindre enn 1 g Mo i avlinga fra ett dekar er nok for de fleste eller kanskje alle urteaktige vekster. Mo ser bl.a. ut til å ha en funksjon i nitratreduksjonen i plantene. Molybdenmangel er best kjent hos blomkål. Her ytrer den seg bl.a. ved deformerte blad (whiptail). Ellers er molybdenmangel også kjent på friland hos kløver, gulerot, salat m.fl. vekster.

Til slutt tar vi med litt om noen grunnstoffer som ikke regnes for nødvendige næringsstoffer, men som likevel under visse forhold kan være nyttige eller spille en rolle på annen måte.

#### N a t r i u m

finnes alltid i planteasken, til dels i større mengde. Av de mange forsøk må en slutte at det ikke er absolutt nødvendig, men det kan være nyttig. Særlig ser betes ut til å sette pris på natrium. At natrium også ellers kan være til nytte, og da særlig ved knapp forsyning med kalium, ble først påvist av Hellriegel og er siden bekreftet mange ganger. Men natrium kan aldri helt erstatte kalium. Dette forklares gjerne slik at Na kan erstatte K til visse funksjoner (t.eks. i virkningen på det osmotiske trykk i cellene), men K har visse spesialfunksjoner som Na ikke kan utføre. Natrium setter m.a.o. plantene i stand til å klare seg med mindre kalium, men kan ikke erstatte det helt.

#### K l o r

er også alltid til stede i planteasken i ikke ubetydelig mengde. Det tas opp av klorider. De surstoffrike klorforbindelser er sterk plantegift. (Eks.  $\text{NaClO}_3$  som middel mot ugras, og  $\text{NaClO}_4$  som giftstoff i chilesalpeter før, mens rensingen ennå var mindre fullstendig).

Mange forsøk viser at små klormengder (i klorider) gir bedre vekst for visse vekster. På den annen side kan større mengder gjøre skade. Klor senker tørrstoff- og stivelseinnholdet i poteter og skal være årsak til mindre avling av jordbær og tomater. Betes synes derimot å ha nytte av klor. Andre vekster som setter pris på noe klor, skal etter amerikaneren Gaskill være asparges, gulrot og løk. Kål, rabarbra og bringebær regner han for klorømfintlige.

#### K i s e l

regnes vanlig heller ikke for nødvendig. Den eldre lære om at kisel gjør kornstrået stivere og motvirker legde holder ikke stikk. Både markforsøk og karforsøk har vist at silikater fremmer veksten når fosforforsyningen er knapp, men årsaken til dette ligger visstnok iallfall vesentlig i kjemiske prosesser i jorda. Det er usikkert om kisel i denne sammenheng spiller noen plantefysiologisk rolle. Men det er heller ikke utelukket at stoffet har en viss plantefysiologisk betydning. Forsøk også fra de seinere år tyder på det.

2. Noen fra gjødslingssynspunkt viktige forhold ved plantenes stoffopptaking.

Mineralstoffene blir normalt vesentlig tatt opp gjennom røttene. Med unntak av belgvekstene (og enkelt udyrkede vekster av andre plantefamilier), er det samme tilfelle med kvelstoffet. Men plantene kan også ta opp både mineralstoffer og kvelstoff gjennom overjordiske organer, særlig gjennom bladene. Under naturlige vekstvilkår er vel denne evne praktisk talt uten betydning. For kulturplantene kan den derimot være viktig under visse forhold. Ved mangel på mikronæringsstoffer kan det tildels være mer praktisk å sprøyte plantene med en oppløsning av vedkommende stoff enn å blande det inn i jorda og henvise plantene til å finne det igjen der. Den samme framgangsmåte kan brukes for magnesium til frukttrær. Det går også an å sprøyte urinstoff i oppløsning over bladverket på frukttrær i stedet for å gjødsle med kvelstoffgjødsel på vanlig måte.

I denne korte omtale av noen plantefysiologiske forhold vil vi vesentlig ha stoffopptakingen gjennom røttene for øye.

Plantene har som kjent evne til å utvikle seg normalt (og til en viss grad vokse like godt) ved nokså ulik tilgang på de forskjellige næringsstoffer. Denne tilpasningsevne er naturligvis meget viktig både for viltvoksende og dyrkede vekster. Den skyldes for det første plantenes selektive absorpsjonsevne, dvs. deres evne til å ta opp næringsstoffene i andre mengdeforhold enn de forekommer i den næringsoppløsning de vokser i. For det annet har plantene en viss evne til å økonomisere med stoffer som det er knapp tilgang på, og til innen visse grenser å disponere et opptatt overskott slik at det ikke gjør skade. Dette viser seg ved at det prosentiske innhold av de enkelte stoffer i plantelegemet kan variere betydelig uten at det resulterer i store vekstforstyrrelser. Begge egenskaper sammen gjør at plantene finner seg til rette i næringsoppløsninger med annen sammensetning eller ved en annen tilgang på de ulike stoffer enn den som i og for seg skulle høve best.

Men tilpasningsevnen gjelder bare til en viss grad. Hvis konsentrasjonen av de forskjellige stoffer i næringsoppløsningen forskyves ut over visse grenser, blir noen stoffer enten opptatt i for store eller i utilstrekkelige mengder. Følgen blir skadevirkninger, som vi vanlig betegner som giftvirkninger eller som mangelsjukdommer. Begge betegnelser er uttrykk for forstyrrelser i de normale livsfunksjoner. Det avgjørende er ikke bare konsentrasjonen (tilgangen) på hvert enkelt stoff for seg,

men i høg grad også konsentrasjonsforholdet mellom visse stoffer. Konsentrasjonen av et jon i næringsoppløsningen kan ha vesentlig innflytelse på den fysiologiske virkning av andre joner. Vi kjenner mange fysiologiske interferensvirkninger mellom næringsstoffene.

Høg konsentrasjon av ett stoff krever i mange tilfelle en høg konsentrasjon også av et bestemt annet stoff. Lar vi t.eks. kveitekorn spire i destillert vatn, vokser frøplantene til næringsforrådet er oppbrukt. Tilfører vi et nærings salt, t.eks.  $MgCl_2$ , blir veksten mye dårligere. I en oppløsning av både  $MgCl_2$  og  $CaCl_2$ , blir derimot veksten nesten som i destillert vatn. På tilsvarende måte kan to næringsoppløsninger med hvert sitt stoff i så stor konsentrasjon at det virker skadelig, bli uskadelig når de blandes sammen. Dette er utslag av joneantagonisme.

En kjenner en lang rekke eksempler på antagonisme. Det er t.eks. et antagonistisk forhold mellom K og Mg, mellom Ca og K, Ca og Mg, mellom Mn, Cu m.fl. tunge metaller og Fe osv. At plantene kan vokse ved lågere pH i næringsoppløsninger og jord når konsentrasjonen av næringsalter er stor enn når den er liten, må også oppfattes som et utslag av antagonisme.  $Ca^{++}$  har framtrædende evne til å minske de uheldige virkninger av sterk surhet i næringssubstratet.

Her er ikke stedet til å komme inn på spørsmålet om joneantagonismens vesen. Det skal bare nevnes at jonene etter sin egenart har ulike virkninger på plasmakolloidene og kan endre deres kolloide tilstand. Dette kan hemme eller lette opptakingen av andre joner.

Vi kjenner også eksempler på interferensvirkninger som består i at god tilgang på ett næringsstoff kan lette plantenes forsyning med et bestemt annet stoff. God nitratforsyning kan t.eks. til en viss grad sette plantene i stand til å ta opp noe mer magnesium. Dette er det motsatte av antagonisme - av enkelte forfattere kalt synergisme.

Her fester vi oss særlig ved at et stoff som blir opptatt i uforholdsmessig stor mengde, kan vanskeliggjøre opptakingen eller transporten av ett eller flere bestemte andre stoffer. Den nødvendige likevekt i stoffopptaking og normale livsfunksjoner ellers er altså betinget av at mengdeforholdet mellom de forskjellige stoffer i næringsoppløsningen ikke blir forskjøvet ut over visse grenser. En næringsoppløsning som svarer til disse krav, sies å være balansert. Er det et misforhold i konsentrasjonen av de ulike stoffer, betegnes næringsoppløsningen som ubalansert. Skadevirkningen på plantene kan enten oppfattes som mangel på visse stoffer eller som giftvirkninger av andre, uten det er lett å skille mellom de to årsaker.



Ubalanserte næringsoppløsninger får en særlig lett i vasskultur-forsøk. Men tilsvarende forhold forekommer også i jord, selv om absorpsjons- og frigjøringsprosesser her virker til større stabilitet.

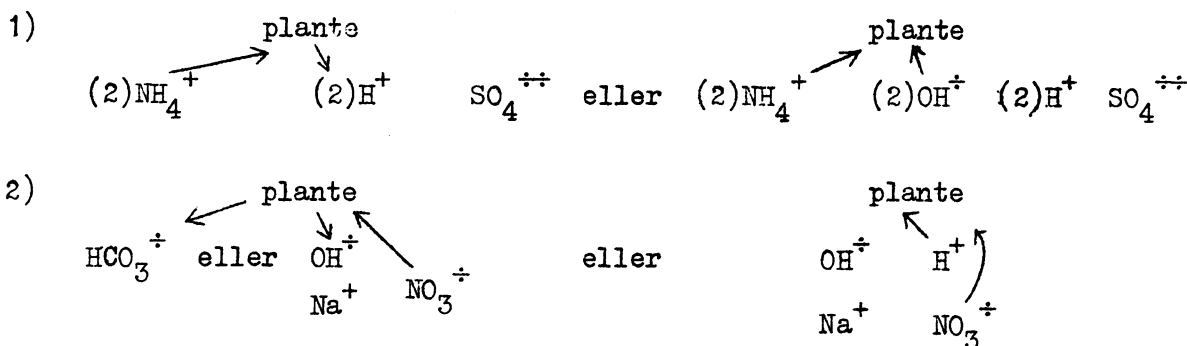
Enda et forhold av betydning i gjødsellæren er næringssaltenes fysiologiske reaksjon. Dermed mener vi den ulike spesifikke virkning de enkelte næringsalter har på vekstsubstratets reaksjon, uavhengig av den kjemiske reaksjon saltene har oppløst i vatn. Kalsiumnitrat er et nøytralt salt, men det har likevel tendens til å forskyve vekstsubstratets reaksjon i alkalisk retning. Virkningen på reaksjonen gjør seg først gjeldende når plantene kommer med i spillet. Vi sier at kalsiumnitrat er et fysiologisk alkalisk nærings salt. Ammoniumsulfat endrer reaksjonen i motsatt lei og kalles derfor et fysiologisk surt salt. Et nærings salt som ikke har noen tydelig virkning på vekstsubstratets (spesielt næringsoppløsningens) reaksjon, betegner vi som fysiologisk nøytralt.

Også dette forhold antas å henge sammen med stoffopptakingen gjennom røttene. En må gå ut fra at næringsstoffene som regel vandrer inn i planterøttene som joner, og da som jonepar, dvs. som ekvivalente mengder av anjoner og katjoner. (Når plantene direkte kan nytte visse organiske stoffer, t.eks. noen aminosyrer, må de nok også kunne ta opp relativt store molekyler, men dette kan oppfattes som unntak.) Videre vet vi at plantene tar opp mer katjoner enn anjoner av visse næringsalter og mer anjoner enn katjoner av andre. De tar eksempelvis mer  $\text{NO}_3^-$  enn  $\text{Ca}^{++}$  fra  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$  og mer  $\text{NH}_4^+$  enn  $\text{SO}_4^{--}$  fra  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ . I en allsidig næringsoppløsning er det mange kombinasjonsmuligheter for jonene og dermed til en viss grad forutsetninger for at summene av opptatte katjoner og anjoner fra saltene blir like store. Men ofte finner en likevel at summen av opptatte katjoner er større enn summen av anjoner, eller omvendt. Da selv en meget liten forskyvning i mengdeforholdet mellom positivt og negativt ladde joner straks ville utløse sterk motstand som kan liknes med en automatisk bremse med momentan virkning, kan overskottsoptak av den ene jonekategori bare komme i stand ved en kompensasjon som bibeholder likevekten.

En slik regulering kan skje ved endring av mengdeforholdet mellom  $\text{H}^+$  og  $\text{OH}^-$ . En kan forklare det slik at plantene når de tar opp næringsaltene katjoner i overvekt, enten skiller ut  $\text{H}^+$  eller tar opp  $\text{OH}^-$  i mengder som er ekvivalent med katjonoverskottet. Likevekten mellom joner med positiv og joner med negativ ladning vil i begge tilfelle holdes vedlike ved en reaksjonsforskyvning i sur retning. Analogt skulle plantene kunne ta opp mer anjoner enn katjoner enten ved å skille ut ekvivalente

mengder av  $\text{HCO}_3^-$  eller  $\text{OH}^-$ , eller ved å ta opp like mye  $\text{H}^+$ . Resultat: Fortsatt likevekt mellom positive og negative joner, men en reaksjonsforskyvning i alkalisk retning.

Teorien kan skjematisk framstilles slik:



Den sterkt sure virkning av ammoniumsulfat skyldes ellers også for en stor del nitrifikasjonen av ammoniumkvelstoffet.

Næringssaltenes fysiologiske reaksjon kommer sterkest fram i karforsøk. Det henger sammen med at det ofte blir brukt relativt store gjødselmengder og dertil ofte vekstsubstrater med liten bufferevne (næringsoppløsninger, kvartssand eller blandinger av kvartssand og jord). Til veksthuskulturer som gjødsles med svært store kvelstoffmengder, kan virkninger også være tydelig etter ett enkelt års gjødsling. Ved vanlig gjødsling i jordbruket blir den vanlig først tydelig etter flere eller mange års forløp.

### 3. Næringsstoffenes betegnelse i gjødsellæren.

I gjødsellæren har det vært vanlig å regne med fosforsyre (egentlig fosforpentoksyd,  $\text{P}_2\text{O}_5$ ) i stedet for fosfor, og kali (kaliumoksyd,  $\text{K}_2\text{O}$ ) i stedet for kalium. Dette er levninger fra en forlengst oppgitt kjemisk oppfatning, og både navn og regnemåte har bare holdt seg fordi de er så inngrodd. I virkeligheten er det ingen rimelig grunn til å regne med oksyder i stedet for grunnstoffene.

Her i landet har vi fra 1. juli 1947 gått over til å regne med P i stedet for  $\text{P}_2\text{O}_5$  og K i stedet for  $\text{K}_2\text{O}$ , men slik at de gamle verdier inntil videre i visse tilfelle skal tilføyes i parentes. For kalkingsmidler skal en etter forslaget fortsatt regne med CaO. I Danmark gikk de offisielt over til grunnstoffbetegnelsen i 1938.

Her i kontratrykket bruker jeg de nye betegnelser, men slik at jeg også tar med tallangivelser for oksyder. Uttrykksmåten blir ellers noe preget av overgangen.

Ved omregning av grunnstoffmengder til oksyder eller omvendt multipliserer en med disse faktorer:

Fra $P_2O_5$	til	P,	faktor	0,437
" P	"	$P_2O_5$ ,	"	2,29
" $K_2O$	"	K,	"	0,830
" K	"	$K_2O$ ,	"	1,20
" CaO	"	Ca,	"	0,715
" Ca	"	CaO,	"	1,40

### III. Næringsbehov og gjødselbehov.

Begrepet næringsbehov kan ha et kvalitativt eller kvantitativt innhold. Her bruker vi det i kvantitativ forstand og legger den betydning i ordet at hver vekst må ta opp en viss minstemengde av hvert næringsstoff for å gi en avling av en viss størrelse.

Det prosentiske innhold av de forskjellige næringsstoffer i de ulike vekster varierer mye, ikke bare med utviklingstrinnet, men også etter vekstvilkår, gjødsling m.m. Tabellen nedenfor er et forsøk på å stille opp middeltall for innholdet av N, P og K i de viktigste jordbruksvekster, uttrykt i prosent. Tallene støtter seg så vidt mulig til norske analyser.

Middelinhold av N, P ( $P_2O_5$ ) og K ( $K_2O$ ), i prosent:

	N	P ( $P_2O_5$ )	K ( $K_2O$ )
Bygg, korn	1,55	0,29 (0,65)	0,46 (0,55)
" , halm	0,60	0,09 (0,20)	0,79 (0,95)
Havre, korn	1,65	0,29 (0,65)	0,46 (0,55)
" , halm	0,60	0,09 (0,20)	0,91 (1,10)
Kveite, korn	1,90	0,31 (0,70)	0,43 (0,55)
" , halm	0,45	0,07 (0,15)	0,71 (0,85)
Rug, korn	1,70	0,31 (0,70)	0,50 (0,60)
" , halm	0,45	0,07 (0,15)	0,71 (0,85)
Rødkløver, tørket	1,85 (2,4)	0,22 (0,50)	1,66 (2,00)
Timotei, "	1,00 (1,44)	0,18 (0,40)	1,45 (1,75)
Poteter, knoller	0,30	0,05 (0,12)	0,50 (0,60)
" , ris	0,30	0,07 (0,15)	0,42 (0,50)
Fornepe, røtter	0,15	0,04 (0,08)	0,25 (0,30)
" , blad	0,30	0,04 (0,09)	0,25 (0,30)
Kålrot, røtter	0,17	0,04 (0,08)	0,25 (0,30)
" , blad	0,30	0,06 (0,14)	0,25 (0,30)

En kan også tale om vekstens ulike gjødslingsbehov eller forskjellige krav til gjødslinga. Dermed mener vi at noen kulturvekster krever sterk gjødsling for å gi god avling, mens andre under samme forhold kan gi bra avling med vesentlig svakere gjødsling. Dette henger delvis sammen med næringsbehovet, men skyldes også vekstens ulike evne til å skaffe seg næringen. Næringsbehov og gjødslingsbehov faller altså ikke sammen.

Vekstens ulike evne til å skaffe seg næringsstoffene kan ha flere årsaker:

1. Rotsystemet kan være kraftigere eller svakere utviklet.
2. Planterøttene kan tenkes å være mer eller mindre aktive til å skaffe næringen til veie. Om disse ting vet vi lite.
3. Næringen kan tas opp gjennom kortere eller lengre tid. Det kan bli opptatt særlig mye i visse perioder, eller opptakingen kan være jammere fordelt gjennom lengre tid. Dess kortere tid en vekst har til å ta opp de næringsstoffene den trenger, og dess mer stoffopptakingen er konsentrert om kortere perioder av veksttiden, dess større krav vil det under ellers like forhold stilles til innholdet av tilgjengelig næring i jorda.
4. Foruten ulik evne til å nytte jordnæringen, er belgvekstens særevne til å hente kvelstoff fra lufta en viktig årsak til at vekstens næringsbehov og gjødslingsbehov ikke faller sammen.

Noen eksempler vil vise forholdet mellom næringsbehov og gjødslingsbehov: Neper, kålrot, poteter og kål har stort næringsbehov. Særlig trenger de mye kvelstoff og kalium. De må gjødsles sterkt enda næringen tas opp gjennom et langt tidsrom. Bygg setter større krav til gjødslingen og næringsinnholdet i jorda enn t.eks. havre. Dette skyldes ikke at bygget har større næringsbehov, men må iallfall delvis ha sin grunn i at det har et svakere rotsystem og tar opp næringen i løpet av kortere tid.

Alle belgvekster er rike på kvelstoff, men trenger likevel mindre kvelstoff fra gjødsel og jord enn andre vekster, fordi de er i stand til å nytte det elementære kvelstoff i lufta. Grasartene i eng og på beite inneholder mye mindre kvelstoff enn kløverartene, men trenger sterkere kvelstoffgjødsling.

#### IV. Avlinga som funksjon av vekstfaktorene.

Av erfaring vet vi at økt næringstilgang (stigende gjødselmengder) innen visse grenser virker til kraftigere vekst og større avling. Med andre vekstfaktorer som temperatur, vassforsyning m.fl. er det i hovedsaken på samme vis. Særlig i gjødsellæren er det viktig å finne mer almenlydige kvantitative uttrykk for sammenhengen mellom vekstfaktorenes virkeintensitet og avlingsstørrelsen.

Den første som søkte å gi et generelt uttrykk for hvordan avlingsstørrelsen bestemmes av vekstfaktorene var Justus von Liebig. Han gjorde det ved den såkalte minimumslov, som sier at "det næringsstoff som er til stede i minimum i forhold til behovet, bestemmer hvor stor avlinga blir". A. Meyer utvidet loven ved å skrive den om til "den vekstfaktor som er til stede i minimum - " osv. Denne formulering av minimumsloven er den vanligste. (Som nevnt i den historiske oversikt hadde Sprengel før Liebig vært inne på det som er kjernen i minimumsloven.)

Minimumsloven framstilles ofte ved ei tønne med ulike lange staver. På samme måte som den korteste stav bestemmer hvor mye vatn tønna kan holde, slik beror avlingsstørrelsen på minimumsfaktoren. Dette bilde skriver seg ikke fra Liebig, men ble som flere andre slike bilder til ved en konkurranse om den mest instruktive framstillingsmåte av det essensielle i minimumsloven.

Liebig taler om minimumsfaktoren i entall - altså en enkelt faktor som setter grenser for hvor stor avlinga blir. Konsekvensen måtte være at en bare kunne oppnå større avling ved å stille denne faktor gunstigere. Liebig er også vanlig tillagt den oppfatning, at avlingsøkningen skulle være direkte proporsjonal med endringen i minimumsfaktoren opp til det punkt hvor denne faktor ikke lenger er i minimum. Etter dette skulle prinsippet for minimumsloven kunne framstilles grafisk slik som fig. 1 viser.

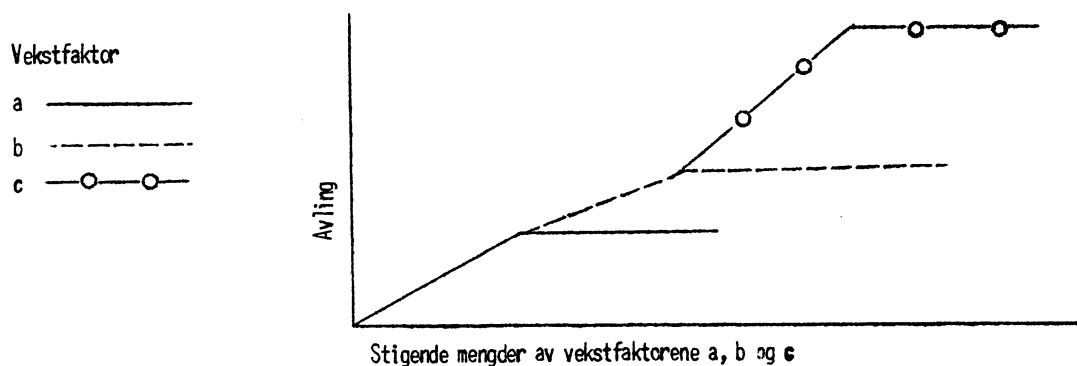


Fig. 1.

I virkeligheten er det tvilsomt om Liebig har tenkt seg direkte proporsjonalitet mellom økingen i minimumsfaktoren og avlingsøkningen. Han er nok kommet med enkelte uttalelser som kan tolkes slik, men andre uttalelser tyder på det motsatte. Det er i det hele tatt et uklart punkt hos Liebig. En seinere tysk vitenskapsmann, P. Wagner, uttalte seg derimot en tid klart for direkte proporsjonalitet mellom næringstilføring og avling.

Liebigs minimumslov har utvilsomt hatt meget stor betydning - ikke bare i gjødsellæren eller med tanke på planteproduksjonen i det hele tatt. Hovedinnholdet i minimumsloven er til og med overført til forhold langt utenfor landbruksnæringen.

Da spørsmålet ble nærmere utredet ved forsøk, viste det seg snart at denne lære ikke holder stikk. Fig. 2 viser resultatet av karforsøk med stigende N-mengder, utført av Hellriegel. Her er avlingskurven av den sigmoide type, dvs. at avlinga først stiger forholdsvis svakt, derpå sterkere og så igjen svakere.

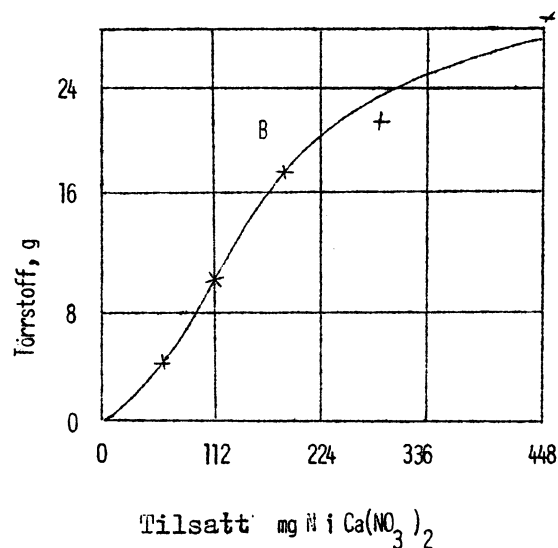


Fig. 2.

Blant de mange forsøk på å finne matematiske uttrykk for vekstfaktorenes virkning på avlinga er Mitscherlich's ligning den mest kjente.

Vi skal først se på den teori ligningen bygger på. Mitscherlich går ut fra at hvis vekstvilkårene var optimale på alle vis, hvis det m.a.o. i et tenkt tilfelle ikke eksisterte noen minimumsfaktor, ville en få absolutt maksimalavling. Det ville ikke være mulig å drive avlinga høyere opp ved å endre de ytre vekstvilkår, men bare gjennom endring av plantenes indre egenskaper (ved foredlingsarbeid). Er derimot en eller flere vekst-

faktorer ikke til stede i optimum, må avlinga bli mindre. Stilles denne eller disse faktorer gunstigere, øker avlinga. På grunnlag av forsøk mener Mitscherlich å kunne stille opp to "lover":

1. Loven om vekstfaktorenes virkning.
2. Loven om vekstfaktorenes virkningsfaktor.

Loven om vekstfaktorenes virkning lyder slik: "Den meravling en får ved en viss øking av en vekstfaktor er proporsjonal med differansen mellom maksimalavlinga og avlinga før (uten) forandringen". Med maksimalavlinga menes her den største avling en kan få ved å øke bare den vekstfaktor en i hvert enkelt tilfelle har for øye, mens alle andre blir uforandret. Det er altså den største avling en kan få ved en gitt konstellasjon av alle andre vekstfaktorer, ikke den teoretiske absolutte maksimalavling det var tale om ovenfor. Denne sats gjelder for alle vekstfaktorer.

Loven om vekstfaktorenes virkningsfaktor lyder: "Hver vekstfaktor har en bestemt virkningsfaktor, som er uforanderlig under alle forhold". Virkningsfaktoren karakteriserer nøyere virkemåten for den enkelte vekstfaktor. I ligningen skulle virkningsfaktoren for kvelstoff ha en bestemt tallverdi, virkningsfaktoren for fosforsyre ( $P_2O_5$ ) en annen og for kali ( $K_2O$ ) en tredje. Alle verdier skulle være konstante - uten variasjon etter planteart, jord, meteorologiske forhold osv.

Med dette kommer Mitscherlich til følgende generelle matematiske uttrykk for en enkelt vekstfaktors virkning på avlinga:

$$\frac{\Delta y}{\Delta x} = (A - y) c$$

$\Delta y$  er meravlinga for en uendelig liten øking  $\Delta x$  av en vekstfaktor,  $A$  = maksimalavlinga,  $y$  = avlinga før forandringen av  $x$  og  $c$  = virkningsfaktoren for vedkommende vekstfaktor. Etter integrering får ligningen denne form:

$$\log (A - y) = \log A - cx$$

Vi skal se litt nøyere på ligningen. I samsvar med loven om vekstfaktorenes virkning gir den en avlingskurve med stadig avtakende stigning. Proporsjonaliteten mellom differansen  $A - y$  og meravlinga kan framstilles enkelt ved å sette den "mengde" av en vekstfaktor som gir avlinga  $\frac{1}{2} A$  til 1. Med tanke på gjødsellæren kan vi kalle denne enhet for en næringsenhet. Setter vi  $A = 100$  og altså  $\frac{A}{2} = 50$ , får vi:

Næringsenhet	Diff. A - y	Meravling	Totalavling
1ste .....	$100 \div 0 = 100$	50	50
2nen .....	$100 \div 50 = 50$	25	75
3dje .....	$100 \div 75 = 25$	12,5	87,5
4de .....	$100 \div 87,5 = 12,5$	6,25	93,75

(Som vi ser, er dette en del av en uendelig rekke. Ved den forenklete framstilling kommer en aldri opp til 100.)

Fig. 3 uttrykker loven om vekstfaktorenes virkning på denne enkle måten. Prinsippet er almengyldig uten forskjell etter tallverdien av c. Forholdet mellom avlingene ved 1, 2, 3 osv. næringsenheter skal være det samme selv om c og kurvens form varierer. Framstillingsmåten kan bare brukes når en regner med næringsenheter av størrelse som angitt ovenfor.

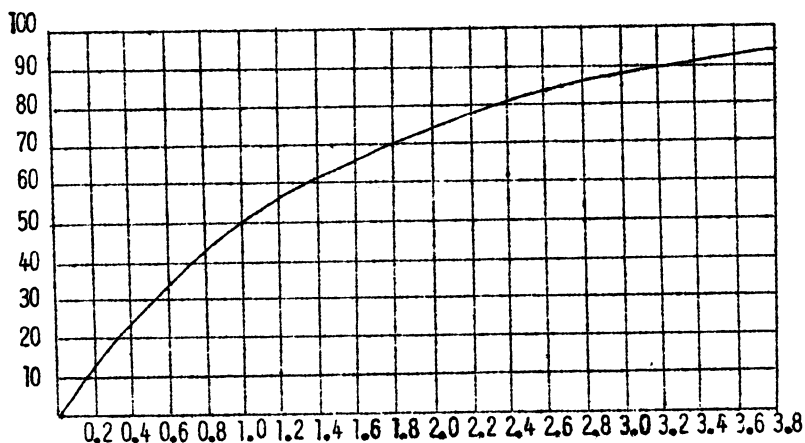


Fig. 3.

Kurvens form bestemmes ellers av c. Den integrerte ligning kan også skrives slik:

$$\log A - \log (A - y) = cx$$

Av ligningen i denne form ser en at x må være stor når c er liten, og omvendt. En stor tallverdi av c gir altså kurven sterk stigning, ved liten tallverdi av virkningsfaktoren blir stigningen mindre sterk.

Mitscherlich satte verdien av c til 0,122 for N, 0,60 for  $P_2O_5$  og (når det er Na til stede) 0,93 for  $K_2O$ .

Avlinga bestemmes iflg. Mitscherlich i hvert enkelt tilfelle ved et samspill mellom flere faktorer, men hver faktor virker på sin karakteristiske måte.

Fig. 4 illustrerer samspillet mellom ulike mengder av to faktorer.



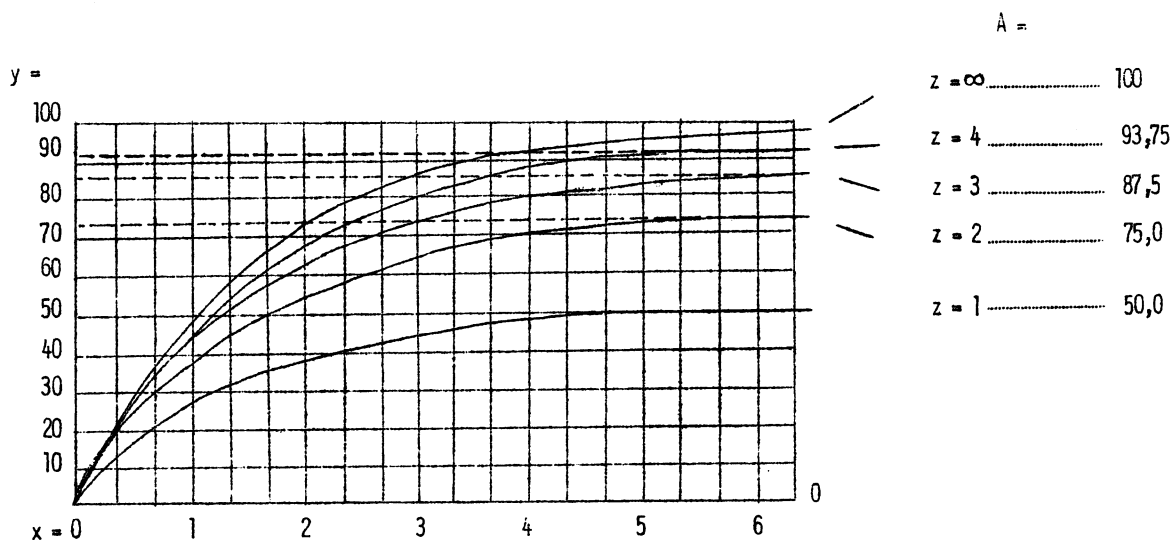


Fig. 4.

Når  $z$  varierer, endres maksimalavlinga og dermed også avlinga for en hvilken som helst verdi av  $x$ . Bare en tredimensjonal framstilling (et legeme med  $x$  og  $z$  på de to akser i grunnplanet og  $y$  som høyde) vil kunne vise avlinga ved alle verdier av både  $x$  og  $z$ .

Mitscherlich's lov gir altså for det første greitt uttrykk for at det ikke er direkte proporsjonalitet mellom endringen i en vekstfaktor og den resulterende meravling. Dette betyr et avgjort framskritt sammenliknet med Liebig's minimumslov. Som fig. 4 viser, kommer det også klart fram at avlinga bestemmes ved et samspill mellom flere vekstfaktorer. Dette svarer langt bedre til vår erfaring enn minimumslovens ordlyd om en minimumsfaktor.

Erfaring lærer at en som regel kan øke avlinga ved å stille flere faktorer gunstigere hver for seg. En får t.eks. utslag for flere næringsstoffer gitt enkeltvis, for både gjødsling, kalking og vatning hver for seg osv. Slik skal det være iflg. Mitscherlich, men ikke etter minimumsloven når en tar den bokstavelig. Forskjellen har også konsekvenser på flere andre måter. Etter minimumslovens ordlyd må planteartenes forekomst og frekvens i naturen kunne være gode indikatorer for en bestemt vekstfaktor, t.eks. for kalkinnholdet i jorda eller jordreaksjonen. Iflg. Mitscherlich bestemmes vekstvilkårene ved et samspill mellom flere eller mange vekstfaktorer. Dermed blir det klart at en må være kritisk og forsiktig når en vil bruke en eller flere plantearter som kjennetegn for virkningen av en enkelt vekstfaktor.

Skjønt Mitscherlich's ligning har mange fordeler, kan vi ikke

oppfatte den som uttrykk for en naturlov, slik som Mitscherlich selv har gjort. Det kan gjøres mange og ganske sterke innvendinger mot den. Læren om virkningsfaktorens konstans holder ikke stikk, og setningen om vekstfaktorenes virkning er ikke almenyldig. Videre har det vært innvendt at avlingskurven også har en nedstigende gren. Tilfører en overdrevet store næringsmengder, eller lar en i det hele tatt en eller flere vekstfaktorer virke overdrevet sterkt, gjør de skade, og avlinga blir mindre. Ved et tillegg til Mitscherlich's ligning i den opprinnelige form har en villet gi uttrykk for at en fullstendig avlingskurve også har en nedstigende gren, men dette er av mindre interesse i gjødsellæren.

Også den oppstigende del av kurven får ofte en annen form ved forsøk enn den skulle ha etter ligningen. Ved forsøk med stigende mengder av ett eller flere næringsstoffer får en av og til sigmoide avlingskurver, eller relativt større meravlinger for noe større næringsmengder enn for mindre. I karforsøk med næringsoppløsning eller sand er den sigmoide kurveform til og med nokså vanlig. I markforsøk er derimot minkende meravlinger for like store doser av gjødsel eller næringsstoff det vanligste. Årsaken kan tenkes å være at markforsøket så godt som alltid viser oss bare en del av avlingskurven. Vi får ikke med det første kurvestykket, fordi jorda selv gir en del næring til forsøksveksten.

Men også i markforsøk hender det ikke sjelden at meravlinga blir forholdsvis større for store gjødselmengder enn for små. Dette må oppfattes som deler av sigmoide meravlingskurver. Årsakene kan dels ligge i plantefysiologiske og dels jordbunnskjemiske forhold. Forholdsvis større utslag for større gjødselmengder enn for små er t.eks. ingen sjelden foreteelse i forsøk med stigende fosfatmengder. I forsøk med stigende kvelstoffgjødselmengder til eng og beite med mye kløver finner en ikke sjelden forholdsvis større utslag for store gjødselmengder enn for mindre. Dette henger nok iallfall delvis sammen med de forandringene i bestandens botaniske sammensetning som gjødslinga er årsak til. En gir på en måte de ulike gjødselmengder til forskjellig plantebestand, og eksemplet står altså i en annen stilling enn når det gjelder en enkelt planteart. (Selvsagt må en også være oppmerksom på at tilsynelatende tiltakende avlingsøking med økende gjødslingsstyrke kan skyldes forsøksfeil og altså ikke behøver være reell.)

Selv når stigende gjødselmengder gir stadig avtakende meravling for et visst kvantum, kan avlingskurven avvike mye fra Mitscherlich's ligning. En kan i det hele tatt gjøre mange innvendinger mot den, og det er lett å finne eksempler på at den ikke svarer til resultater av forsøk.

Mitscherlich's ligning er ikke almenyldig, men den er i mange tilfelle et tilnærmet uttrykk for hvordan avlinga varierer med en vekstfaktor. Oppfattet på denne måten er den ofte til nytte ved behandling av tallmaterialet fra forsøk. Hvis avlingene i et forsøk med ulike gjødselmengder er i samsvar med Mitscherlich's ligning, kan en bl.a. bruke den når en vil regne ut avlingene for andre gjødselmengder enn de som er forsøkt. En kan både utjevne, interpolere og ekstrapolere. Ekstrapolering er usikrere enn interpolering.

Om bruken av ligningen skal jeg bare gjøre oppmerksom på at en kan regne med andre c-verdier enn de Mitscherlich oppgir. Er forsøket utført med minst 4 gjødselmengder (grunnkjødslet eller ugjødslet og 3 mengder av forsøkskjødsla), kan en ut fra meravlingene regne ut både A og c, og prøve om de observerte meravlinger svarer til ligningen. For at regnearbeidet skal falle lett, må gjødselmengdene stå i enkle innbyrdes tallforhold, som 1 : 2 eller 1 : 3. Ligningen har samme form, og c får samme verdi enten en regner med hele avlinga eller med meravlinga. A får selvsagt forskjellig verdi. Den betyr i det ene tilfelle den maksimale avling, i det annet den maksimale meravling.

Mitscherlich selv gjør et spesielt bruk av ligningen. Han mener at en med et enkelt gjødslingsforsøk i kar som grunnlag kan regne ut hvor mye jorda inneholder av visse næringsstoffer i aktiv form. Derav skulle en videre kunne slutte seg til hvor mye en bør tilføre i gjødsel. Om dette mer i en annen sammenheng (s. 84).

Mitscherlich's ligning er ikke den eneste matematiske formulering av avlinga som funksjon av vekstfaktorene. Det er forsøkt med mange andre. Her skal vi bare nevne hyperbelligningen:

$$y = \frac{A x}{B + x}$$

x = en viss mengde av en vekstfaktor, y = den tilsvarende avling, A = maksimalavlinga, og B er en koeffisient som må beregnes i hvert enkelt tilfelle.

Som navnet sier, gir ligningen en hyperbel, altså en avlingskurve med minkende utslag for suksessiv øking av faktoren, men med en noe annen form enn den en får etter Mitscherlich's ligning. Også hyperbelligningen er tildels gitt et tillegg slik at den kommer til å omfatte også den nedgående del av avlingskurven.

Hyperbelligningen er lettere å regne med enn Mitscherlich's, og forholdet mellom gjødselmengdene spiller ingen rolle for regnearbeidet.

Koeffisienten B får forskjellig verdi alt etter som en regner med totalavling eller meravling.

I noen tilfelle kan forsøksresultatet svare best til Mitscherlich's ligning, i andre tilfelle til hyperbelligningen, og i atter andre tilfelle er ingen av dem brukbare. En må selvsagt alltid undersøke om observasjonene viser tilstrekkelig samsvar med den ligningen en vil bruke.

Om framgangsmåten ved regningen med de to ligninger viser jeg til K.A. Bondorff: Landbrugets Jorddyrking I. København 1938.

Til slutt skal jeg minne om at de ligninger og avlingskurver som det har vært talt om her, ikke må forveksles med vekstligninger og vekstkurver. De siste framstiller avlinga (eller tørrstoffmengden) som funksjon av tiden. De angir m.a.o. vekstintensiteten på forskjellig utviklingstrin eller til forskjellig tid i vekstperioden. Dette skal vi ikke gå inn på her.

#### V. Næringsstoffhusholdningen i jorda.

Jorda er for det første leverandør for større eller mindre mengder av plantenæringsstoffer. På få unntak nær er den også et nødvendig mellomledd når vi vil gripe inn i plantenes næringsforsyning ved gjødsling. Som regel kan vi ikke gi næringen direkte til kulturvekstene på samme måte som til husdyra. I veksthus går det nok an å drive økonomisk plantedyrking i næringsoppløsninger, uten egentlig jord. Til en viss grad kan en også i praksis sprøyte grønne planter med næringsoppløsninger og henvide dem til å ta opp næringsstoffene gjennom bladverket. Dette er i mange tilfelle aktuelt for mikronæringsstoffer. Ellers nytter en plantenes evne til å ta opp næring gjennom bladene når en sprøyter frukttrær med oppløsninger av magnesiumsulfat eller av urinstoff. Men som regel må vi tilføre mineralstoffer og kvelstoff via jorda. I jorda kan stoffene få forskjellig skjebne som har avgjørende betydning for næringseffekten.

Næringsstoffhusholdningen i jorda har altså stor interesse i gjødsellæren. Med næringsstoffhusholdningen mener vi i en sum tilføring og bortføring av stoffer, mange slags stoffomsetninger, binding og frigjøring på ulike måter, stofftransport med vatn og på annet vis m.m.

### 1. Kvelstoff.

Over 99 % av alt kvelstoff på vår klode forekommer fritt i lufta. Mindre enn 1 % er til stede i bundet form.

Kvelstoffinnholdet i jorda varierer fra noen hundredels % i humusfattig mineraljord til over 3 % i særlig godt formoldet myrjord. De absolutte mengder er vanlig noen hundre kg pr. dekar i mineraljord. I mektigere lag av kvelstoffrik torv kan mengden gå opp i noen få tonn N pr. dekar. Til jamføring kan nevnes at lufta over ett dekar jord nær havets nivå over alt på kloden inneholder ca. 7800 tonn kvelstoff.

Bare noen få plantearter kan nytte det elementære kvelstoff i lufta direkte. Belgvekstene kan under gunstige forhold ta 10-20 kg N pr. dekar fra lufta i løpet av sommeren. Blågrønne alger kan nyttiggjøre noe luftkvelstoff direkte. Det samme gjelder visse frittlevende mikroorganismer i jorda (Azotobacter spp., Clostridium spp.). De spiller sannsynligvis vesentlig mindre rolle enn ofte antatt, fordi kvelstoffbindingen krever omsetning av store mengder organisk stoff for å skaffe energi.

Litt kvelstoff kommer til jorda med nedbøren. Mengdene kan variere fra adskillig under 0,5 kg til betydelig over 1 kg pr. dekar om året. En større del av dette kvelstoff er ammonium-N, som skriver seg fra brenning og råtning av organisk stoff eller er til stede i uhyre små partikler av organisk materiale som stiger opp fra jord og vatn. En mindre del er nitrat, som er blitt til ved elektriske utladninger i atmosfæren.

Det aller meste av kvelstoffet i jorda er i organisk bundet form og ikke direkte tilgjengelig for de grønne planter. Men det organiske materiale er som kjent gjenstand for en nedbryting, som besørges av lågere dyre- og planteorganismer i jorda. Plante- og dyrerestene spaltes gjennom mange mellomledd og ad forskjellige omveger til uorganiske sluttprodukter, bl.a. ammoniumforbindelser, som i sin tur kan gå over til nitrat. På denne måten blir kvelstoffet litt om senn tilgjengelig for de høgere planter.

Jordas bidrag til plantenes kvelstofforsyning beror på hvor mye kvelstoff som går over i nyttbar form i løpet av en viss tid, t.eks. en vekstperiode. Dette avhenger av flere faktorer som for oversiktens skyld kan innordnes under 3 punkter:

1. Humusmengden.
2. Omsetningshastigheten.
3. Humuskvaliteten.

Under ellers like forhold vil naturligvis tilgangen på nyttbart kvelstoff fra jorda rette seg etter innholdet av organisk stoff.

Omsetningshastighetens betydning er også uten videre klar. Den beror dels på det organiske stoffs beskaffenhet og andre jordegenskaper, dels på ytre forhold. Høg temperatur (innen visse grenser), god surstofftilgang og tilstrekkelig fuktighet påskynder omsetningen av organisk stoff. Låg temperatur, liten tilgang på surstoff og sterk uttørking sinker eller stanser destruksjonsprosessen. Knapp forsyning med de mineralstoffer som mikroorganismene trenger, og sterkt sur jordreaksjon gjør også omsetningshastigheten mindre.

Humuskvaliteten har betydning på flere måter. Noen organiske kvelstoffforbindelser nedbrytes lett og raskt, andre er mer resistente. Dessuten har mengdeforholdet mellom C og N stor betydning. Organisk stoff med vidt C/N-forhold avspalter ikke N. Kvelstoffet brukes opp etter hvert av de mikroorganismer som besørger nedbrytingen. Omsetningen fører bl.a. til et kullstofftap i form av  $\text{CO}_2$ . Derved blir C/N-forholdet gradvis snevrere. Når denne utvikling er nådd til et visst punkt, blir det nedbrutt større mengder kvelstoffforbindelser enn det som trengs til å dekke mikroorganismenes behov. Dermed begynner en avspalting av ammoniumforbindelser, som kan komme de høgere planter til gode.

Noen eksempler vil vise hva disse forhold betyr for kulturveksternes kvelstofforsyning. Myrjorda er i hvert fall prosentisk rik på kvelstoff. Det absolutte kvelstoffinnhold i matjorda varierer mye. I udyrket tilstand er myrjorda oftest lite omsatt her i landet. Derfor gir den som regel forholdsvis lite kvelstoff til kulturvekstene de første år. Grøfting, jordarbeiding, kalking, gjødsling med fosfat- og kaliumgjødsel og eventuelt innblanding av mineraljord påskynder omsetningen av det organiske stoff. I god grasmyrtorv varer det ikke lenge før kvelstoffmobiliseringen går så raskt at det betyr mye for kulturveksternes kvelstofforsyning. Kvitmosetorv har mindre kvelstoffinnhold. De forskjellige kulturinngrep setter nok omsetningen i gang, men jorda beholder i lang tid et vidt C/N-forhold og gir lite kvelstoff fra seg til kulturvekstene. Kvelstoffbehovet må dekkes ved gjødsling eller gjennom belgvekster.

Udyrket mineraljord har ofte råhumus. Den har liten betydning som kvelstoffkilde de første år etter oppdyrkingen. Ellers vet vi at mineraljord i forsvarlig kultur som regel gir fra seg mer kvelstoff dess rikere den er på humus.

Høgt over havet og langt mot nord, der sommeren er kort og

kjølig, går kvelstoffmobiliseringen mye langsommere enn i varmere klima. På slike steder spiller til og med godt formoldet myrjord mindre rolle som kvelstoffkilde.

Organisk materiale som blir blandet inn i jorda, kan ha svært forskjellig virkning på kvelstoffhusholdningen. Er det relativt kvelstoffrikt og nedbrytes raskt, kan det tjene som en god kvelstoffkilde fra første stund. Er det rikt på lett spaltbare kullhydrater og relativt kvelstoffattig, vil det i første omgang tvert imot være årsak til et kvelstoffkonsum ved mikroorganismer. Kullhydratene er energikilde for mikroorganismene, som formerer seg overordentlig sterkt. Hvis kvelstoffinnholdet i det organiske stoff er for lite til å dekke mikrobenes kvelstoffbehov, bruker de nitrat og ammoniumkvelstoff som skriver seg fra jord eller gjødsel, og overfører det til organisk form. Etter en tids forløp er mye av kullstoffet gått vekk som  $\text{CO}_2$ . Masser av døde mikroorganismer destrueres. Kvelstoffkonsumet opphører og en avspaltning av uorganisk kvelstoffforbindelser kan begynne. Dette imntreffer ved noe forskjellig C/N-forhold. Broadbent fant at det foregikk et kvelstoffkonsum når forholdet var videre enn 33 og en ammoniakkavspaltning når det kom ned i 17 eller lågere. Mellom disse grenser forekom hverken kvelstoffassimilasjon eller ammoniakkavspaltning av større betydning.

Organisk materiale som nedbrytes langsomt, virker mindre sterkt både i den ene og den annen retning.

Et lite laboratorieforsøk av Waksman og Tenney (U.S.A.) illustrerer godt hvor forskjellig ulikt organisk materiale virker på kvelstoffhusholdningen. De undersøkte  $\text{CO}_2$ -utviklingen, avspaltningen av ammoniumkvelstoff og N-assimilasjonen etter innblanding i jord av 2 g tørrstoff av rugplanter på forskjellig utviklingstrin, og lagring av prøvene i et tidsrom på 27 døgn. Resultatet var:

	<u><math>\text{CO}_2</math>-utvik-</u> <u>ling, mg C</u>	<u>Avspaltet</u> <u>amm.-N, mg</u>	<u>N-assimila-</u> <u>sjon, mg</u>
Plantene 25-35 cm høge.....	286,8	22,2	0
" like før skyting.....	280,4	3,0	0
" " " blomstring.....	199,5	0	7,5
" nesten modne.....	187,9	0	8,9

Det unge plantemateriale inneholder mindre lignin og har et trangere C/N-forhold enn det eldre. Det første er blitt omsatt raskere og har avspaltet ammonium-N, mens det eldre materiale tvert imot har ført til N-assimilasjon.

Som praktiske eksempler kan vi nevne at nedpløying av en grønn belgvekstavling virker som kvelstoffgjødsel, mens innblanding av halm i jorda resulterer i kvelstofforbruk. Frisk eller lite omsatt halm i jorda om våren vil redusere kvelstofftilgangen og vanlig minske avlinga hvis det ikke blir gjødslet tilsvarende sterkere med kvelstoff.

For å få et riktigere bilde av det som er sagt ovenfor, skal vi ha i minne at det samtidig foregår både mineralisering av organiske kvelstofforbindelser og overføring av uorganisk kvelstoff til organisk form i jorda. For de høgere planters kvelstofforsyning fra jorda er det avgjørende om den ene eller den annen retning er i overvekt, og hvor stor overvekten er.

Det uorganiske kvelstoff i jorda forekommer praktisk talt bare som  $\text{NH}_4^+$  og  $\text{NO}_3^-$ . Kulturjord inneholder vanlig lite  $\text{NH}_4\text{-N}$  når en ser bort fra en kortere tid etter gjødsling med ammoniumsalter eller med husdyrgjødsel. Nitratmengden svinger sterkt med gjødsling, nitrifikasjon og plantenes kvelstofforbruk.

Nitratjonene absorberes ikke i jorda og holder seg altså i jordvæsken. Derfor er de lett utsatt for å vaskes ut.  $\text{NH}_4$ -joner bindes derimot til jordkolloider med elektronegativ ladning på samme måte som metalljonene (nærmest som  $\text{K}^+$ ). Da også mengden av  $\text{NH}_4$ -joner er liten, finnes de bare i svært små mengder i jordvæsken og er lite utsatt for utvasking.

Utvaskingen av kvelstoff varierer med klima, jord, gjødslings- og bruksmåte m.m. Den er vanlig størst om høsten og vinteren så lenge det ikke er tele i jorda.

Braadlie målte og analyserte grøftevatnet fra et dyrket jordstykke med leirjord på forsøksgården Voll og fra et dyrket grasmyrareal på Mæresmyra. Undersøkelsene strakte seg over 2 år på Voll og 1 år på Mæresmyra. Kvelstoffmengdene i grøftevatnet ble i middel pr. dekar og år:

	<u>Voll</u>	<u>Mæresmyra</u>
Nitrat-N .....	0,928 kg	0,086 kg
Amm.-N .....	0,025 "	0,011 "
Org. N .....	<u>0,771 "</u>	<u>1,209 "</u>
Ialt .....	1,724 kg	1,306 kg

Årsnedbøren var nesten 800 mm på Voll og ca. 630 mm på Mæresmyra. Jamført med resultatene av liknende undersøkelser i andre land er ikke tallene urimelige, men det er likevel ting som tyder på at disse og



de tilsvarende tall for andre stoffer som blir gjengitt lenger fram, er i største laget. Grøftevatnet utgjorde nemlig 70-85 % av nedbøren. Det er usannsynlig mye og gir grunn til mistanke om at vatnet i virkeligheten er kommet fra et større areal enn det er regnet med.

I lysimeterforsøk på Ås var N-mengden i avløpsvatnet fra leirjord i middel ca.  $1,5 \text{ g/m}^2$  de seinere år etter at jorda hadde pakket seg godt sammen. De første år mens jorda enda lå løs, var den større.

Ved slike undersøkelser i andre land har en funnet at kvelstoffet vesentlig blir vasket ut som nitrat. I grøftevatnet på Voll og Mæresmyra har en betydelig del av kvelstoffet vært i organisk bundet form. Slik undersøkelsene ble utført, er det ikke utelukket at mye av det organiske stoff er kommet til i grøftemunningen eller like etter vatnet kom ut av denne. I lysimeterforsøkene fant vi også betydelige mengder av organisk stoff i avløpsvatnet så lenge jorda i lysimeterkarene enda ikke hadde pakket seg godt sammen. Seinere har det vært lite org. N i vatnet. Det er altså usikkert hvor mye vekt en i det hele tatt skal legge på tallene for denne kvelstofffraksjon.

De kvelstoffmengder kulturjorda taper ved utvasking, er alltid små jamført med det som blir tatt bort med avlingene.

Under visse forhold ser jorda ut til å kunne tape adskillig kvelstoff som gass. For et stykke prærieland i Saskatchewan i Canada har en satt opp dette regnskap for kvelstoffet i jorda:

	<u>%</u>	<u>lb pr. acre</u>
N i jorda før oppdyrking	0,371	6940
N " " 22 år etter "	0,254	<u>4750</u>
Differanse		2190
Funnet i avlingene		<u>700</u>
N-tap på annen måte		1490 = ca. 23 %
N-tap " " " pr. år		68 = 7,6 kg/dekar

Klimaet er slik at det ikke kan ha foregått noen utvasking. En har ellers funnet noe liknende andre steder der klimaet er omtrent like ens. Forholdet kan heller ikke forklares ved vinderosjon. Jord som er oppbevart i store kar, har nemlig også mistet kvelstoff på en måte som vi ikke kjenner nøyere til. En regner derfor med at jorda under visse forhold, t.eks. når prærien blir dyrket opp, mister elementært kvelstoff. I det siste har en vært inne på at dette tap kanskje kan oppstå under nitrifikasjonsprosessen.

Til slutt et eksempel på gjødselkvelstoffets skjebne i jorda. I et 5-årig lysimeterforsøk på Ås (Ødelien og Vidme: Lysimeterforsøk på Ås 1938-43. Meld. fra N.L.H. 1945) ble det gjødslet med 1,5 kg/m<sup>2</sup> storfe-gjødsel hvert av de 4 første år (ledd II), 3 kg 1. og 3. år (III) og 6 kg 1. år (IV). Dessuten ble det brukt like mye N, P og K i kunstgjødsel som i ledd II hvert år (V), og som III hvert annet år (VI). Ledd I var ugjødslet. Forsøksveksten var poteter alle år. Vi fant følgende merinnhold av N i knoller og ris (røttene ble etterlatt i jorda), jamført med ugjødslet (i % av tilført N):

	II	III	IV	V	VI
I avling.....	30,4 %	32,9 %	36,5 %	66,4 %	64,9 %
" avløpsvatn.....	0,3 "	4,3 "	6,1 "	4,7 "	0,3 "
Rest .....	66,9 "	62,8 "	57,4 "	28,9 "	34,8 "

"Resten" må i dette tilfelle antas være bundet i jorda i organisk form. Vi har i hvert fall ikke kjennskap til prosesser som kan gi grunnlag for en annen forklaring under slike forhold.

## 2. Fosfor.

Fosforinnholdet i helt tørr jord er vanlig av størrelsesordenen 0,01-0,15 % P. I matjorda er stoffet dels i uorganisk og dels i organisk form. Den organiske fraksjon utgjorde:

Etter Damsgaard-Sørensen (Danmark)

i 445 prøver av dyrket jord .....	20-80 %
" <u>Armi Kaila</u> (Finnland)	
i middel for 30 prøver av sand- og mojord .....	42 "
" " " 40 " " leirjord .....	40 "
" " " 30 " " myrjord .....	61 "

Noe eldre amerikanske undersøkelser viste 15-50 % organisk bundet P. I prairiejorda i U.S.A. regner en i middel med nesten 50 % av fosformengden i organisk form.

Storparten av det uorganiske fosfor er dels til stede i primær form som apatitt, dels sekundært bundet til Ca, Al, Fe eller til kolloider, særlig leirkolloider. De viktigste organiske fosforforbindelser i jorda er fytin og nukleinsyrer.

Både de uorganiske og de organiske fosforforbindelser i jorda er tungt oppløselige. Ved ekstraksjon med vatn får en bare ut ytterst små

mengder. Og jordvæske som vinnes ved å fortrennes med en annen væske, ved sentrifugering eller på andre måter, inneholder oftest bare brøkdeler av 1 mg P pr. l. Når en gjødsler med vassløselig fosfat (t.eks. primært kalsiumfosfat i superfosfat), bindes fosfatjonene raskt og nesten fullstendig. Fosforinnholdet i jordvæsken tiltar ikke vesentlig.

I samsvar med dette er fosfor lite bevegelig i jorda. Det vandrer bare i mindre grad og svært langsomt nedover med synkevatnet, og er vanlig bare utsatt for ubetydelig utvasking. I jord med podsollprofil er det nok lett å påvise en transport av fosfor nedover i jorda, men dette er vel å merke resultatet av en prosess som har strukket seg over lange tidsrom. Braadlie fant bare 0,017 mg P pr. l og 9 g P pr. dekar og år i avløpsvatnet fra leirjord på Voll. De tilsvarende tall på Maresmyra var etter tur 0,004 mg og 2 g. I lysimeterforsøk er utvaskingen ofte større for alle stoffer enn i marken, men også her dreier det seg om små mengder P. Dette er noen middeltall fra lysimeterforsøk, uttrykt pr. dekar:

Rothamsted	110 g P
Aberdeen	55 " "
Darmstadt	9-35 " "
Ås	7-9 " "

Største delen av det tilførte fosfor har tendens til å holde seg i det jordsjikt der det blir mekanisk innblandet. Fordelingen i jordprofilet retter seg altså i høy grad etter innblandingsmåten og jordarbeidingen. I dyrket jord her i landet er vanlig matjorda vesentlig rikere på fosfor enn de djupere sjikter. Ved overgjødsling på eng og beite blir en stor del absorbert i et forholdsvis tynt overflatesjikt. Følgende tall fra undersøkelser på et kulturbeite i Sverige viser særlig stor forskjell i innholdet av lett oppløselig fosfor i ulik avstand fra jordoverflaten:

Dybde, cm	0-2	2-4	4-6	6-10	10-15	15-20
Laktattall	172	156	22	8	4	3

Plantene gjør også sitt til det ulike fosforinnhold i forskjellig dybde i jord som ligger til eng eller beite i noen år. Planterøttene tar opp fosfor også fra de djupere sjikter og etterlater en del av det i den store rotmasse nærmere jordoverflaten og i planterester oppå jorda.

Den raske og vidtgående utfelling av fosfatjoner fra jordvæsken skyldes dels at de bindes til metalljoner, særlig Fe, Al og Ca. Dels bindes de til kolloider, særlig kolloide seskvioksyder. De fosfatjoner

som kommer i jordvæsken ved forvitring av det primære fosforholdige mineral apatitt, i gjødsel eller ved nedbryting av organiske fosforforbindelser, bindes i utpreget sur jord fortrinsvis til Fe, Al, og til jern- og aluminiumrike kolloider. Ved svakt sur, nøytral og alkalisk reaksjon felles de vesentlig av Ca som en rekke forskjellige fosfater, fra sekundært fosfat til basiske kalsiumfosfater.

Bl.a. vår landsmann Thorbjørn Gaarder har belyst dette både ved forsøk med oppløsninger og ved undersøkelser av naturlig jord. (Gaarder: Die Bindung der Phosphorsäure im Erdboden. Medd. nr. 14 fra Vestlandets forstl. forsøksstation. 1930. Gaarder og Grahl-Nielsen: Die Bindung der Phosphorsäure im Erdboden II. Untersuchungen aus West-Norwegen. Medd. nr. 18 fra Vestlandets forstl. forsøksstasjon. 1935). De første forsøk viste bl.a. at i en oppløsning med ekvivalente mengder av fosfatjoner og metalljoner felles fosfatjonene mest fullstendig av Fe ved pH ca. 2,2, av Al ved ca. 3,7 og av Ca ved pH > 6. Ved stort overskott felles fosfatjonene nesten fullstendig som ferrifosfat i pH-intervallet 4-7,5 og som aluminiumfosfat ved pH 5-7,5. Videre viste det seg at silikatjoner kan motvirke fosfatjonenes felling mer eller mindre. De legger beslag på en del Fe- eller Al-joner. Kolloid jern- og aluminiumhydroksyd virker omtrent som de tilsvarende joner, og kolloid kisel-syre på liknende måte som silikatjoner. Humuskolloider virker prinsipielt på samme måte som kolloid kisel-syre og innen et videre pH-intervall enn denne.

Gaarder og Grahl-Nielsen arbeidet med sterkt utvasket jord fra udyrkede steder på Vestlandet. Etter tilsetning av stigende mengder syrer og baser til jord og vatn i visse mengdeforhold undersøkte de fosfatkon-sentrasjonen i filtratet innen et svært vidt pH-intervall når det hadde innstilt seg en likevekt mellom den faste og den flytende fase. På dette grunnlag tegnet de oppløselighetskurver for jordfosfatene. Videre under-søkte de mengdeforholdet i kolloidmaterialet mellom humusstoffer og kisel-syre på den ene side og kolloide seskvioksyder på den annen side. De første har som kjent syrekarakter og kalles derfor ofte asidoider, mens de siste har basekarakter og kalles basoider. Forholdet kan angis ved kvotienten  $\frac{\text{Asidoider}}{\text{Basoider}}$  eller forkortet  $\frac{A}{B}$ .

Denne nokså summariske karakteristik av kolloidmaterialet viste sterk sammenheng med de funne oppløselighetsforhold for jordfosfatene. Jord med liten tallverdi av kvotienten  $\frac{A}{B}$  viste seg å gi svært små fosfat-mengder i filtratet innen et større eller mindre pH-intervall. Mengden

av fosfatjoner i filtratet var i hvert fall større ved noe høyere pH når asidoidmengden var større i forhold til basoidmengden. Som eksempel kan nevnes at filtratet av en jord med  $\frac{A}{B} = 0,10$  praktisk talt ikke inneholdt fosfatjoner i området pH 3-8. Filtratet av en annen jord med kvotienten 0,46 inneholdt svært lite fosfatjoner ved pH < 4, men noe mer (0,1-0,2 mg PO<sub>4</sub> pr. 0,1 l filtrat ved pH > 4). I en tredje jord med  $\frac{A}{B} = 3,52$  varierte innholdet av fosfatjoner i filtratet i pH-intervallet fra ca. 2 til ca. 7 mellom 3 og nesten 6 mg PO<sub>4</sub> pr. 0,1 l.

I mindre ekstrem jord må nødvendigvis andre stoffer spille en større rolle. Bl.a. må en regne med en mer eller mindre framtrædende virkning av Ca<sup>++</sup>, i hvert fall ved noe høyere pH. G. Semb har brukt Gaarders arbeidsmetoder på jord fra forskjellige steder på Østlandet og har som en måtte vente funnet oppløselighetskurver av andre og innbyrdes forskjellige typer. (G. Semb: Undersøkelser over fosforsyrens oppløselighet i østnorske jordtyper. Meld. fra N.L.H. 1943.)

Disse undersøkelser av Gaarder m.fl. har som så mange andre bare omfattet den uorganiske fosforfraksjon i jorda. Vi nøyer oss her med å peke på at den uorganiske absorpsjonsmekanisme er bestemt av mange faktorer. På den ene side beror den på jordreaksjonen og mengden av aktivt Al, Fe og Ca m.fl. stoffer (de første både som joner og i kolloide forbindelser). På den andre side retter den seg etter mengden av humuskolloider og kolloid kiseltsyre. Ved høyere pH spiller også kullsyren en rolle. Videre fester vi oss ved at fosfatjonene slett ikke bare går inn i forbindelser etter støkiometriske forhold, men i stor utstrekning også blir bundet til kolloider.

Den organiske fosforfraksjon er de seinere år med rette blitt gjenstand for større oppmerksomhet enn før. I likhet med N og S kan P gå over fra uorganisk til organisk form når det blir assimilert av mikroorganismer og høyere planter. Omvendt kan det organiske bundne P mineraliseres når mikroorganismer eller dyr bryter ned organisk stoff. I jorda går omsetningene i begge retninger, men ikke like lett under alle forhold. Mineralisering av organisk bundet P begynner først når fosforinnholdet i det organiske stoff overstiger en terskelverdi, som iflg. Armi Kaila (Finnland) i middel ligger ved ca. 0,2 % P i tørrstoffet, men ellers kan variere betydelig oppover eller nedover. Lett omsettelig organisk stoff med lågt fosforinnhold (t.eks. halm) vil være årsak til assimilasjon av uorganisk P ved mikroorganismer.

Fra gjødslingssynspunkt er hovedspørsmålet hvilken rolle det organisk bundne fosfor spiller som fosforkilde for plantene. På den ene

side vet vi at fytin og nukleinsyrer lett blir spaltet av enzymer, og at de også ser ut til å kunne nyttes direkte av plantene. Dette skulle tale for at det organisk bundne fosfor kan bli tilgjengelig etter hvert som proteinstoffer og andre stoffer brytes ned. På den annen side har de seinere års forskning vist at nukleinsyrer og fytin kan bindes slik i jorda at de er lite utsatt for ensvirkning og ikke kan tas opp av plantene. I utpreget sur jord bindes fytin til Fe og Al og blir derved lite tilgjengelig for plantene. På liknende måte ser nukleinsyrene ut til å bli bundet til leirmineraler ved sterkt sur reaksjon. Alt i alt synes det organisk bundne fosfor å spille en betydelig, men nokså varierende rolle for plantenes fosforforsyning.

Sett fra vekst dyrkingssynspunkt må fosforhusholdningen i jorda i det hele tatt betegnes som treg og lite økonomisk. Holder vi oss bare til fosforinnholdet i de nyttbare plantedeler og ser bort fra innholdet i røtter og andre planterester som blir igjen i jorda, utgjør stigningen i det totale P-innhold i avlingene etter gjødsling med fosfor som regel bare 10-20 % av den tilførte mengde og tildels mindre det første året, selv når en bruker rimelige fosformengder til jord i mindre god fosfortilstand. Settes utnyttingsgraden av det tilførte P = total-P i avling etter P-gjødsling ÷ total-P i avling uten P-gjødsling, tar altså plantene som regel ikke opp over 10-20 % av P-mengden i gjødsla første året, og vel oftest neppe mer enn 20-30 % de første 5 år. Om en kunne ta P-innholdet i røtter, stubb og andre planterester med i regnestykket, ville bildet ikke bli vesentlig forandret. Til gjengjeld kan virkningen av en enkelt gjødsling med noe større fosformengder vanlig påvises gjennom mange år. Men summen av det påviselige merinnholdet i avlingene pleier vanlig ikke overstige noe slikt som 50 %, og kan være betydelig mindre. Stigningen i laktattallet eller andre liknende kjemiske uttrykk for jordas fosfortilstand etter gjødsling er også vanlig mye mindre enn den som svarer til den tilførte P-mengde. På den annen side er nedgangen i laktattallet mindre enn det som svarer til nettobortføringen av P med avlingene.

Forklaringen på alt dette må særlig ligge i absorpsjonsforholdene. Den praktiske konsekvens er for det første at det kreves store fosformengder i gjødsla til å sette jorda i vesentlig bedre fosfortilstand. For det annet vil en god fosfortilstand holde seg i forholdsvis lang tid. Forutsatt at absorpsjonsforholdene for fosfor ikke er særlig ugunstige, er fosfortilstanden sterkt preget av jordas gjødsling med fosfor i kortere eller lengre tid tilbake.

Ved systematisk undersøkelse av fosfortilstanden på en del bruk i Vestfold (utført av Inst. for jordkultur i 1941) var laktattallet i middel:

	12 sterkt gjødslede bruk:		12 svakere gjødslede bruk:	
	Ant. prøver	Laktattall, mid.	Ant. prøver	Laktattall, mid.
Leirjordsprøver	206	4,3	180	2,9
Sandjordsprøver	142	7,7	94	3,6

Etter det som er sagt ovenfor, ville det kreve en flere ganger større fosformengde i gjødsel enn forskjellen i laktattallene direkte gir uttrykk for, hvis en skulle få laktattallene i middel opp på samme nivå for de svakere gjødslede bruk som de allerede er for de sterkere gjødslede. Omvendt kunne en også tappe jorda på de sterkere gjødslede bruk for mye større fosformengder enn forskjellen direkte gir uttrykk for, før laktattallene ville komme ned på samme middelnivå som på de svakere gjødslede bruk. Ved sammenlikning av enkeltbruk vil en naturligvis i mange tilfelle finne vesentlig større forskjell enn differansen mellom middeltallene. Dertil kommer at avlingene på de sterkere gjødslede bruk er større, og at de gjennomgående viste seg å ha et større prosentisk fosforinnhold (i timotei og kløver). Disse bruk hadde altså også betydelig større fosformengde sirkulerende i kretsløpet jord → avling → gjødsel → jord. Forskjellen blir enda større derved at det på de sterkere gjødslede bruk som regel kommer større fosformengder inn i sirkulasjonen i innkjøpt kraftfôr og mineralfôrblandinger.

På bruk med sterk gjødsling gjennom atskillige år tilbake finnes altså vanlig et vesentlig større fosforforråd enn på svakt gjødslede bruk. Det viser seg bl.a. på den måten at utslagene for fosfat i markforsøk oftest er vesentlig mindre på de første.

I middel for en årrekke tar vanlige avlinger av våre vanlige jordbruksvekster bort fra jorda 1-1,8 kg P pr. dekar og år. Det skal altså ikke store fosformengder i gjødsel til for å oppnå likevekt mellom tilføring og bortføring. Med det nåværende fosforforbruk her i landet tilfører vi sannsynligvis atskillig over dobbelt så mye fosfor i gjødsel som vi tar bort med avlingene. Det kan ikke være tvil om dette betyr en gradvis forbedring av fosfortilstanden. På den annen side må det etter det som er sagt ovenfor, ventelig tilføres et større eller mindre overskott av P for å holde jorda i uforandret fosfortilstand på lengre sikt.

Det ligger nær å spørre om noe kan gjøres for å øke virkehastigheten og totaleffekten av det fosfor vi tilfører i gjødsel, og for å mobilisere en del av fosforreservene i jorda.

Ved kalking av sur jord kan en del fosfatjoner frigjøres ved avspalting fra Fe- og Al-fosfater og fra forbindelsen med kolloidmateriale i jorda, og felles igjen som forskjellige slags kalsiumfosfater ved høyere pH. Enda mer betyr det kanskje at organisk bundet fosfor blir mobilisert ved raskere nedbryting av organisk stoff i det hele tatt, og ved avspalting og raskere mineralisering av organiske fosforforbindelser som er bundet til visse uorganiske stoffer i sur jord (jfr. ovenfor). Alt dette resulterer i at plantene finner mer nyttbart P i jorda. Derfor viser markforsøkene ofte betydelig mindre avlingsutslag for fosfatgjødning på kalket enn på ukalket og sur jord. På den annen side kan svært sterk kalking føre til at det dannes basiske kalsiumfosfater, som inneholder P i mindre lett tilgjengelig form.

Da kalkingen forandrer absorpsjonsmekanismen i jorda, kan også fosfor som blir tilført etter kalkingen, komme til større nytte. Noen tall fra et lite laboratorieforsøk vi gjorde for noen år siden, illustrerer at det kan være betydelig forskjell på fosforabsorpsjonen i ukalket og kalket jord. Av 5 forskjellige prøver av leirjord ble det laget en serie uten og en med kalk. Begge serier ble delt i en rekke uten og en med superfosfat. Etter at prøvene hadde stått en tid, ble laktattallet bestemt. Merinnholdet av laktatopløselig P i de fosfatgjødningsslede rekker utgjorde i prosent av den tilsatte P-mengde i superfosfat:

Jord nr.	1.	2.	3.	4.	5.
Ukalket	27 %	14 %	20 %	12 %	25 %
Kalket	33 "	25 "	24 "	23 "	31 "

Slike tall kan ellers variere sterkt. En kan t.eks. finne en særlig stor brøkdel av det tilførte fosfor som laktatopløselig i askefattig kvitmosetorv og en svært liten del i sterkt sur, jern- og aluminiumrik mineraljord.

I kalkrik (og særlig sterkt kalket) jord kan en del av det fosfor som er tilført i gjødsel, gå inn i apatittlignende forbindelser og sannsynligvis bare svært langsomt bli nyttbart for plantene igjen. Dette er påvist på de gamle forsøksfelter på Rothamstead.

Foruten ved måtelig kalking kan en til en viss grad beskytte fosfatjonene som kommer i jorda med gjødsel, mot ugunstig absorpsjon ved radsåing av lett oppløselig fosfat. Når fosfatet blir plasert som en streng i høvelig dybde, kommer det i mindre grad i berøring med jorda og kan bedre holde seg i tilgjengelig form. I flere forsøk i andre land



har en på denne måte oppnådd samme fosforeffekt av omtrent halv gjødselmengde det første året. Hvor stor forskjellen kan være de seinere år, er mindre klart.

Ved gjødsling med gramulert superfosfat skulle en teoretisk sett ha håp om å oppnå noe liknende i mindre grad. Dette spørsmål kommer vi tilbake til lenger fram.

I enkelte tilfelle har en fått bedre virkning av superfosfat ved å blande det i husdyrgjødsel før spredningen. En må anta at dette vesentlig vil være tilfelle på jord med svært ugunstige absorpsjonsforhold. Husdyrgjødsel kan til en viss grad og for en tid minske fosfatjonenes kontakt med jorda. Den intime kontakt mellom fosfatjonene og organiske gjødselkolloider vil vel til en viss grad virke i samme lei.

Ved valg av høvelige fosfatgjødselslag skulle en også kunne ha håp om å oppnå noe bedre effekt. I jord med svært ugunstige absorpsjonsforhold for P skulle tyngre oppløselige fosfater være å foretrekke. På slike steder kan t.eks. thomasfosfat virke bedre enn superfosfat.

Både markforsøk og karforsøk har vist at gjødsling med silikater kan sette plantene i stand til å klare seg bedre ved knapp forsyning med fosfor. Dette ble først påvist i de klassiske markforsøk på Rothamsted i England. Tallene nedenfor viser middelavlingene av bygg i tidsrommet 1864-94.

Gjødsling	Korn kg/dekar		Halm kg/dekar	
	Uten silikat	Med silikat	Uten silikat	Med silikat
Nitrat	159	199	203	249
" + fosfat	248	255	309	324
" + kaliumsalt	168	214	225	272
" + fosfat + kaliumsalt	242	261	318	347

En legger merke til at silikatvirkningen er størst ved knapp forsyning med fosfor. Årsaken må først og fremst være at silikatjonene gjør jordfosfatene mer tilgjengelige. Dette har likevel ingen stor praktisk betydning, særlig fordi det er billigere å gjødsle med fosfat enn med silikat.

Vi kan altså til en viss grad og på forskjellige måter gripe inn i fosforhusholdningen i jorda, men ikke i den grad som vi kunne ønske.

(The phosphorus cycle and soil fertility, av W. H. Pierre i Jour. of the American Society of Agronomy, vol. 40 (1948) er en leseverdige oversikt.)

### 3. Kalium.

Kaliuminnholdet i jorda kan variere fra noen hundredels prosent til 3-4 %. De høgste tall må betegnes som sjeldne unntak. Minimumsverdiene er også svært sjeldne for mineraljord, men vanlige for myrjord.

En stor del av kaliuminnholdet i jorda er bundet i krystallgitteret i primære og sekundære kaliumminerale. De viktigste primære kaliumminerale hos oss er ortoklas, biotitt og muskovitt. De sekundære kaliumholdige minerale finner vi dels i leirskifer o.l. sedimentære bergarter og dels i jorda. Av leirminerale kan nevnes den store gruppen som vanlig betegnes som hydroglimmer (hos somme forfattere ensbetydende med illitt) og montmorillonitt. De første er oppstått av glimmerminerale.

Foruten det gitterbundne kalium inneholder jorda mer eller mindre K som er løst bundet til uorganiske og organiske kolloider, såkalt ombyttbart K. Endelig forekommer naturligvis litt kalium i jordvæsken.

Både kjemiske undersøkelser, karforsøk og markforsøk viser at glimmerminerale lett kan gi fra seg betydelige kaliummengder uten at krystallgitteret brytes ned. Mest utpreget er denne egenskap hos visse biotittvarieteter. Feltspat gir derimot fra seg lite K selv når den er svært finmalt. Da feltspat også forvitrer seint i vårt klima, spiller den sikkert mindre rolle som kaliumkilde for plantene enn glimmerminerale. Dette må fram for alt være tilfelle i Norge, hvor fjellgrunnen er relativt rik på glimmer.

Leirmaterialet inneholder K dels fast bundet i krystallgitteret og dels i såkalt ombyttbar tilstand. Med det siste forstår vi kaliumjoner som holdes fast til kolloidpartiklene på slik måte at de lett og raskt kan byttes ut og erstattes med andre joner med positiv elektrisk ladning.

Vi kan skille mellom ikke ombyttbart K, ombyttbart K og K i jordvæsken. I virkeligheten er det ingen skarpe grenser mellom gruppene, men her som så ofte ellers er det nyttig å sette mer eller mindre vilkårlige grenser. Stoffet kan flyttes fra gruppe til gruppe ved reversible prosesser etter dette skjema:

K i jordvæsken  $\longleftrightarrow$  ombyttbart K  $\longleftrightarrow$  ikke ombyttbart K.

Når  $K^+$  fjernes fra jordvæsken ved plantenes forbruk eller ved utvasking, kan kaliuminnholdet fornyes ved utbytting fra den ombyttbare

fraksjon. Denne får i sin tur et større eller mindre tilsig ved at K som ikke er ombyttbart i vanlig mening, går over til å bli det. Ved gjødsling med kaliumgjødsel blir K-konsentrasjonen i jordvæsken større. Dette fører til innbytting av  $K^+$  i absorpsjonskomplekset.  $K^+$  går først og fremst inn i den ombyttbare fraksjon, men under visse forhold kan det delvis bindes på slik måte at det kommer inn under betegnelsen ikke ombyttbart. Dette som eksempler på reversible prosesser som på forskjellig vis kan settes i verk mellom to av fraksjonene eller mellom alle tre.

Både størrelsesforholdet mellom de tre fraksjoner og omfanget av de skisserte prosesser varierer sterkt med forskjellige jordegenskaper. Leirjord inneholder stort sett relativt mye ombyttbart K, selv om det er betydelig skilnad etter mineralinnholdet og forvitningsgraden. Også overføringen av K fra ikke ombyttbar til ombyttbar tilstand kan spille forholdsvis stor rolle i leirjord. Utpreget sandjord har vesentlig mindre eller lite ombyttbart K, og frigjøringen av ikke ombyttbart K er også av mindre omfang. Derfor er plantenes kaliumforsyning uten gjødsling som regel vesentlig bedre i leirjord enn i sandjord. Leirjorda har også mye større evne til å holde fast kalium som blir tilført i gjødsel. Til dels kan en større del av det tilførte K bindes i ikke ombyttbar tilstand. Denne absorpsjon er knyttet til visse leirmineraler, bl.a. forskjellige forvitningsprodukter av glimmer.

For plantenes kaliumforsyning på kort sikt er naturligvis det som finnes i jordvæsken, og det ombyttbare K det viktigste. Plantene kan bl.a. bytte til seg ombyttbart  $K^+$  med  $H^+$ . Dette ombytte kan skje i stort omfang ved planterøttens og mikroorganismenes  $CO_2$ -produksjon ( $CO_2$  danner  $H_2CO_3$ , som opptrer som  $H^+ + HCO_3^-$ ).

Selv om innholdet av lett ombyttbart K i jorda er av stor betydning for plantenes kaliumforsyning, kan det ikke alltid være riktig å sette denne fraksjon = øyeblikkelig nyttbart K. En kan ikke gå ut fra at plantene er i stand til å nytte det ombyttbare K til siste rest, og heller ikke at de bare kan nytte dette + det som forekommer i jordvæsken. Det er ingen tvil om at også noe av den ikke ombyttbare fraksjon kan være direkte og så å si øyeblikkelig tilgjengelig. Under visse forhold ser den til og med ut til å kunne spille en viktig rolle, mens den under andre forhold synes å være uten øyeblikkelig betydning.

Da jordvæsken alltid inneholder mer eller mindre  $K^+$ , vil det naturligvis foregå en større eller mindre utvasking i humid klima. Utvaskingen avhenger i høg grad av jordbunnsforhold, klima og gjødsling.

Som et eksempel gjengir jeg også her noen tall fra Braadlies undersøkelser på Voll og Mæresmyra:

	K-mengde i vatnet:	
	middel pr. l, mg	pr. dekar og år, kg
Voll (midd. for 2 år).....	4,8	2,85
Mæresmyra.....	6,5	3,10

I lysimeterforsøk på Ås har den årlige utvasking fra en noe sandblandet leirjord i middel vært 2,5 - 3 g/m<sup>2</sup> K de seinere år. De første år da jorda ennå var unormalt løst lagret, var utvaskingen større.

Det sier seg selv at utvaskingsfaren tiltar med nedbøren (egentlig med synkevassmengden), og at den er stor i utpreget sand- og grusjord og mindre i leirjord. I myrjord ser kalium ut til å være nokså sterkt utsatt for utvasking. I et lysimeterforsøk på Ås (Ødelien og Uhlen: Lysimeterforsøk på Ås. Meld. fra N.L.H. 1952) brukte vi en svært sterk engangsgjødsling med kaliumgjødsel 33 % (83 kg/dekar K) til en noe sandblandet leirjord og undersøkte merutvaskingen og merbortføringen av K i avlingene m.m. de følgende 3 år. Avlingene (av havre høstet som grønnfôr) var små, da det ikke ble gjødslet med kvelstoff, men noe større på kalket enn på ukalket jord. Vi fant følgende fordeling av tilført K:

	Ukalket jord	Kalket jord
Funnet i avløpsvatnet.....	2 %	2,3 %
" " avlingene.....	1,8 "	6,7 "
" som ombyttbart etter 3 år:		
i matjorda.....	46,5 "	40,4 "
i sjiktet 20-40 cm.....	7,8 "	7,6 "
Rest.....	41,9 "	43,0 "

Faren for utvasking av gjødsel-K må åpenbart være svært liten i denne jord. Det har foregått en tydelig, men ikke stor nedvasking av K til sjiktet 20-40 cm under overflaten. Selv om litt sannsynligvis er vasket enda djupere ned og absorbert der, må "resten" vesentlig være bundet i ikke ombyttbar tilstand. Ved røntgenundersøkelse viste det seg at jorda inneholder vermiculitt, en art hydroglimmer med stor evne til å binde K i ikke ombyttbar form. I hvilken grad denne rest er tilgjengelig for plantene har vi ikke nøyere kjennskap til.

I et lysimeterforsøk med den samme jord i 1938-43 har vi et godt eksempel på hva leirrik jord i god kultur kan bety som kaliumkilde. I løpet av de 5 år var K-innholdet i potetknoller og ris ÷ K i sette-

potetene i alt ca. 54 g/m<sup>2</sup> og totalinnholdet i avløpsvatnet ca. 22,5 g/m<sup>2</sup>, alt uten gjødsling. Nettotapet svarer altså til ca. 230 kg kaliumgjødsel pr. dekar, og enda var jorda siste året i stand til å gi en avling på nesten 500 kg tørrstoff pr. dekar i knoller og ris tilsammen.

Mens leirjorda kan gi store K-mengder til plantene i lang tid, må en på myrjord vanlig dekke plantenes K-behov helt ved gjødsling. Utvasket sand- og grusjord er heller ikke i stand til å gi noe stort bidrag til kulturvekstenes K-forsyning.

Vanlige avlinger av våre viktigste jordbruksvekster tar i middel bort 7-12 kg K pr. dekar og år, enkelte vekster mye mer.

#### 4. Kalsium.

Det totale kalsiuminnhold i jorda varierer innenfor svært vide grenser og er ellers av mindre praktisk interesse når det gjelder mineraljord. En stor del forekommer i inaktiv form som bestanddel av mange forskjellige mineraler. Det er kalsiumforbindelser med basisk karakter som særlig interesserer, og det er egentlig dem vi tenker på når vi taler om kalkinnholdet i jorda.

Visse kalsiumforbindelser har vanlig avgjørende betydning for jordreaksjonen. Alkalisk reaksjon i humid klima skyldes nesten alltid kalsiumkarbonat. Så lenge jorda inneholder noe vesentlig av jamt fordelt CaCO<sub>3</sub> er reaksjonen i hovedsaken bestemt av et system av hydrokarbonat og kullsyre, og pH varierer innenfor nokså snevre grenser nær nøytralpunktet på den alkaliske siden. Forholdet er i hovedsaken det samme som i en oppløsning av CaCO<sub>3</sub> i kullsyreholdig vatn. I en slik oppløsning varierer pH med CO<sub>2</sub>-trykket i lufta over væsken som tallene nedenfor viser:

<u>CO<sub>2</sub> i lufta over oppløsningen, vol. %</u>	<u>Oppløsningsens pH</u>
0,03	8,4
0,3	7,8
1	7,5
100	6,1

I jorda er forholdene mer komplisert, men i hovedsaken like ens. Ved det kuldioksydtrykk som hersker i jorda, vil pH vanlig ligge mellom 7 og 8 når den inneholder CaCO<sub>3</sub>. Sterkere alkalitet skyldes alkalialter, som kan opptre i store mengder i arid jord.

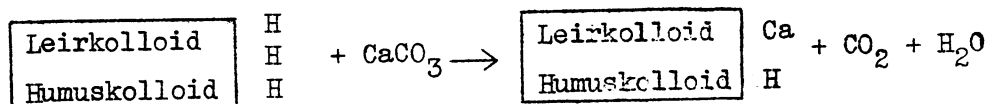
I jord uten  $\text{CaCO}_3$  beror reaksjonen vanlig på sammensetningen av den sverm av positivt ladde joner som omgir de negativt ladde (uorganiske og organiske) jordkolloider. Sammen med overveiende metalljoner har disse kolloider saltkarakter. Hvis metalljonene i kolloidkomplekset suksessivt blir erstattet med proton, får leirkolloidene i tiltakende grad syrekarakter og avspalter mer og mer  $\text{H}^+$  ved dissosiering. Tar en bort hele den ombyttbare metalljonmengden i mineraljord, går pH vanlig ned til ca. 4. Lågere pH i mineraljord skyldes oftest svovelsyre. Kvitmosetorv har ofte  $\text{pH} < 4$ .

I humid jord dominerer vanlig  $\text{Ca}^{++}$  blant de ombyttbare metalljoner. (Jord som nylig har ligget under havvatn er et unntak.) Ved flere undersøkelser har  $\text{Ca}^{++}$  vist seg å utgjøre 70-90 % av den ombyttbare metalljonmengden. Dermed er det klart at det må være en sammenheng mellom utbyttbart Ca og pH. I en og samme jord med ellers uforandrede egenskaper er det nøye sammenheng. Når den ombyttbare Ca-mengde øker, stiger pH, og omvendt. Jamfører en derimot utbyttbart Ca og pH i jordprøver med ulikt innhold av leirkolloider og humusstoffer, må sammenhengen nødvendigvis være mindre tydelig. Dess mer jorda inneholder av slike stoffer, dess større katjonmengde må det være med i spillet. Det er egentlig mengdeforholdet mellom metalljonene og vannstoffjoner i leir- og humuskolloidkomplekset det kommer an på.

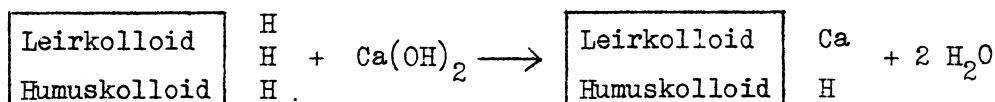
Noen tall etter Åslander (Sverige) kan være av interesse i denne sammenheng:

	pH	Innhold av "lett tilgjengelig" Ca
Mojord med noe humus .....	5,5	401 mg pr. kg
Grasmyratorv .....	5,5	2515 " " "
Leirjord med midd. humusinnhold .....	5,3	195 " " "
Grasmyratorv .....	5,3	5360 " " "

Kalking er tilføring av basiske kalsiumforbindelser (vanlig karbonat, hydroksyd eller oksyd) til jorda. Det som primært skjer når en kalker, er kort sagt at  $\text{Ca}^{++}$  erstatter  $\text{H}^+$  i absorpsjonskomplekset, og at  $\text{H}^+$  går sammen med  $\text{OH}^-$  til  $\text{H}_2\text{O}$ . Skjematisk kan prosessen uttrykkes slik:



eller



Jorda blir rikere på ombyttbart  $\text{Ca}^{++}$ , samtidig som det blir mindre  $\text{H}^+$  både i tilknytning til kolloidmaterialet og i jordvæskene. Dess mer leirkolloider og humuskolloider jorda inneholder, dess mer  $\text{H}^+$  må erstattes med  $\text{Ca}^{++}$ , og dess mer kalk må det til for å få en viss stigning i pH i ett bestemt jordkvantum. Jorda har m.a.o. ulike bufferevner. Da ombyttingskapasiteten for katjoner er mye større for humuskolloider enn for leirkolloider, virker humusinnholdet sterkere på bufferevnen enn leirinnholdet.

Hvis en bruker svært store kalkmengder eller kalker svakt sur jord, blir ikke hele kalkmengden omsatt slik som forklart. En del vil holde seg som karbonat, eller gå over til karbonat hvis en bruker lesket kalk. Noen tall etter Hissink (Holland) viser dette. Han satte like store kalkmengder til jordprøver med ulike reaksjoner og bestemte økingen i innholdet av ombyttbart Ca, og eventuelt karbonatinnholdet. Resultatet var:

Jord nr. ....	7	4	5	6	3	1	2
Ukalket, pH .....	4,6	4,8	5,2	6,1	6,3	7,6	8,0
Kalket, pH .....	5,5	6,8	5,9	6,6	7,2	7,8	8,0
Av tilsatt Ca ble funnet:							
Som ombyttbart .....	88 %	100 %	95 %	50 %	28 %	12 %	2 %
I $\text{CaCO}_3$ .....	12 "	0 "	5 "	50 "	72 "	88 "	98 "

En må ha i minne at også bufferevnen spiller en viktig rolle her. Enkelte tall i Hissinks forsøk tyder ellers på at ikke all kalk har rukket å bli omsatt med jorda.

Jorda gir som kjent fra seg kalk i avlingene og ved utvasking. I humid klima er den siste tapspost vanlig flere ganger større enn den første. Avlingene av våre vanlige jordbruksvekster tar i middel neppe bort mer enn 3-4 kg Ca pr. dekar om året.

Utvaskingstapet beror særlig på klima, jordart, kalkinnholdet i jorda og gjødslinga.

Braadlie fant disse middeltall ved undersøkelser av avløpsvatnet fra dyrket jord på to steder i Trøndelag:

	Ca pr. l, mg	Ca pr. dekar og år, kg
Voll, midd. for 2 år .....	45,2	26,7
Mæresmyra .....	26,1	12,5

En jamføring av noen middeltall fra Braadlies undersøkelser viser at vatnet inneholder mye mer Ca enn K. Vi føyer også til tallene for P.

	<u>Ca</u>	<u>K</u>	<u>P</u>
Voll, mg/l.....	45,2	4,8	0,01
Mæresmyra, mg/l.....	26,1	6,5	0,004

I lysimeterforsøk har Ca-mengden i avløpsvatnet svært ofte variert mellom 8 à 10 og 30-35 g/m<sup>2</sup> (= kg/dekar) pr. år, men det finnes også eksempler på både større og mindre mengder. I lysimeterinnretningen på Ås har avløpsvatnet fra en noe sandblandet leirjord vanlig inneholdt 8-9 g/m<sup>2</sup> Ca pr. år.

En bør ellers være oppmerksom på at Ca-mengden i avløpsvatnet ikke er nøyaktig det samme som Ca-tapet fra matjorda, altså det som interesserer aller mest fra jordkultursynspunkt. Det er vanlig matjorda som mister mest Ca, dels på grunn av CO<sub>2</sub>-produksjonen, og dels fordi plantene bruker noe Ca. Noe Ca kan vaskes ut av matjorda og bli absorbert igjen i djupere jordsjiktet.

Noen tall fra markforsøk på de danske forsøksgårder Tylstrup og Lundgaard viser at tapet av Ca fra matjorda kan tilta sterkt ved sterk kalking. Det ble kalket med sterkt stigende kalkmengder i 1921. Ca-innholdet i matjorda ble bestemt i 1925 og 1934. Tallene nedenfor viser nedgangen i Ca-innholdet i tiårsperioden:

Tilført CaCO <sub>3</sub> i 1921 kg/dekar	Ca-tap beregnet som CaCO <sub>3</sub> , kg/dekar	
	<u>Tylstrup</u>	<u>Lundgaard</u>
0	27	22
200	154	145
400	294	285
800	473	500
1600	818	992
3200	1752	1949

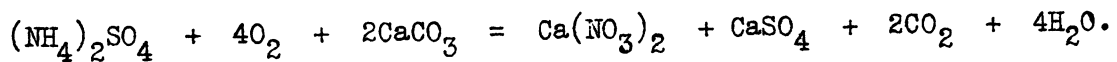
Det er utpreget sandjord på begge steder, og forskjellen i kalkmengdene er overordentlig stor. Ca-tapet tiltar slett ikke alltid så sterkt etter kalking. I lysimeterforsøk på Ås ble det kalket med 1 kg CaCO<sub>3</sub> pr. m<sup>2</sup> til en sandholdig leirjord med pH litt over 6. I løpet av 3 år fikk vi dette bilde av fordelingen av det tilførte Ca:



I avløpsvatnet.....	0 %
" avlingene .....	0,1 "
Som utbyttbart Ca i matjorda etter 3 år ---	62,4 "
" " Ca i sjiktet 20-30 cm " ---	10,8 "
Rest .....	26,7 "

Her er altså Ca-mengden i avløpsvatnet ikke blitt større etter kalkingen, men det har foregått en tydelig transport av Ca nedover i jorda. "Resten" er nok i dette tilfelle vesentlig til stede som  $\text{CaCO}_3$ .

Visse kunstgjødselslag kan øke utvaskingen av Ca, altså tære på kalkinnholdet og forskyve jordreaksjonen i sur retning. Ammonium-sulfat virker slik, særlig som følge av nitrifiseringen av ammoniumkvelstoffet. Vi kan sette opp følgende ligning:



Bortsett fra svært tørt klima blir kalsiumsulfatet vasket ut. I jord uten  $\text{CaCO}_3$  går det ut over det ombyttbare Ca, og jorda blir surere.

Hvis en som ovenfor forutsetter at hele kvelstoffmengden blir nitrifisert, trengs det etter ligningen ca. 150 kg  $\text{CaCO}_3$  pr. 100 kg  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$  for å oppveie forskjellen mellom dette gjødselslag og kalsiumnitrat med hensyn til virkningen på kalktilstanden og jordreaksjonen. Da  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$  er et fysiologisk svakt alkalisk næringssalt, trengs det egentlig litt mindre  $\text{CaCO}_3$  til å eliminere virkningen av  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$  alene.

Kaliumgjødsel tærer også på Ca-forrådet i jorda.  $\text{Cl}^-$  og  $\text{SO}_4^{--}$  blir nemlig for største delen vasket ut og tar da med seg metalljoner, særlig  $\text{Ca}^{++}$  og  $\text{Mg}^{++}$ . Våren 1943 gjødslet vi med  $83 \text{ g/m}^2$  K i kaliumgjødsel 33 % til den sandblandede leirjorda i lysimeterkarene her på Ås. Dette resulterte i større utvasking av metalljoner. Til høsten 1946 ble merutvaskingen i alt i  $\text{g/m}^2$ :

	Ca	Mg	K	Na	Cl
Uten kalk	30,9	9,6	1,7	8,6	92,3
Med "	30,6	8,3	1,9	6,0	92,7

Den største utvasking foregikk om høsten det året det ble gjødslet med kaliumgjødsel om våren.

Selv om kaliumgjødsel tærer noe på Ca-innholdet, virker det mindre på jordreaksjonen, vel fordi Ca og Mg delvis blir erstattet av K.

Mens altså noen kunstgjødselslag tærer på det aktuelle Ca-innhold og har mer eller mindre tendens til å gjøre jorda surere, er det

andre som virker omvendt. Kalkkvelstoff og thomasfosfat inneholder noe kalk. Kalksalpeter har som før nevnt en fysiologisk svakt alkalisk reaksjon.

- - - -

Vi går nå over fra kalsium- og kalkhusholdningen i jorda til spørsmålet om kalktilstandens, jordreaksjonens og kalkingens virkning på plantene, spesielt kulturvekstene.

Årsakssammenhengen her er komplisert. Både kjemiske, plante-fysiologiske, mikrobiologiske og fysiske faktorer er med i spillet.

For 25-30 år siden var det ikke så sjelden å støte på den oppfatningen at jordreaksjonen i og for seg har en vesentlig direkte betydning for plantenes vekst. Det ble også gjort mange forsøk på å angi bestemte pH-optima for forskjellige plantearter. Selvsagt er plantene ute av stand til å utvikle seg normalt, eller de går ganske enkelt til grunne ved særlig låg eller særlig høg pH. Også innen det reaksjonsområde hvor plantene klarer seg, kan en noe lågere eller høgere pH innvirke på forskjellige livsfunksjoner, bl.a. på hvor lett de tar opp visse næringsjoner. Men tross dette er det blitt vanlig oppfatning at den direkte virkning av noe høgere eller noe lågere pH i hvert fall ikke har noen stor betydning i det pH-intervall som er av størst interesse for kulturjord. Vi regner også her som ellers med et samspill mellom vekstfaktorene. Bl.a. vet vi at konsentrasjonen av visse andre joner betyr atskillig for hvordan plantene reagerer for ekstremt låg pH i næringssubstratet.

Blant mange andre kan vi som eksempel velge noen karforsøk av Åslander (Sverige) til å illustrere dette. Han dyrket bygg i en næringsoppløsning med pH 3,5, dels med vanlig saltkonsentrasjon og dels mer eller mindre fortynnet. Ved vanlig konsentrasjon vokste byggplantene godt, men veksten ble raskt dårligere ved suksessiv fortynning. I parallelle forsøk med næringsoppløsningen innstilt på tilnærmet nøytral reaksjon hadde den samme fortynning liten betydning for veksten. Også i markforsøk viser det seg at god gjødsling setter kulturvekstene i stand til å klare seg bedre i sterkt sur jord.

Ca-joner ser ut til å være særlig effektive som motvekt mot stor H-jonkonsentrasjon. Det er ikke utelukket at dette i enkelte tilfelle kan spille en rolle når en kalker sterkt sur jord, og det er vel også sannsynlig at det av og til kan være knapp tilgang på næringsstoffet Ca. Men alt i alt er det gode grunner for den oppfatning at hverken selve reaksjonsforandringen eller en direkte virkning av Ca vanligvis spiller

noen stor rolle når vi kalker, i hvert fall når vi ser bort fra ekstremt sur jord. Kalken har mange sekundære virkninger som bevislig betyr mye mer.

Hvis vi suksessivt endrer jordreaksjonen fra sterkt sur til svakt alkalisk med stigende mengder kalk, skjer det på mange måter en gradvis omstilling av næringshusholdningen i jorda.

Under omtalen av fosforhusholdningen i jorda ble det nærmere forklart at måtelig sterk kalking av sur jord kan mobilisere både organiske og uorganiske fosforforbindelser, og at fosfor som blir tilført i gjødsel etter kalkingen, kan bli noe mindre utsatt for ugunstig binding. Sterk kalking, som resulterer i alkalisk jordreaksjon, kan på den annen side føre til at det dannes basiske kalsiumfosfater, som også er mindre lett tilgjengelige for plantene. Forskjellige ting tyder på at pH omkring 6-7 i mineraljord stort sett betinger den gunstigste fosforhusholdning. Vesentlig lågere pH er vanlig ugunstigere enn noe høyere. Den positive virkning av kalking inkluderer ofte en betydelig fosforvirkning. På leirjord i dårlig fosfortilstand på Østlandet går meravlinga for kalking ikke sjelden ned til det halve eller til og med til bare tredjeparten når en gjødsler godt med fosfat.

De tallrike undersøkelser over kalkingens virkning på kaliumhusholdningen har gitt ulike og tildels innbyrdes nokså motstridende resultater. Vi må gå ut fra at kalkingen kan virke på både binding og frigjøring av kalium, på utvasking og binding i tungt tilgjengelig form osv. Kalium ser bl.a. ut til å være mest utsatt for utvasking når reaksjonen er sterkt sur, og mest utsatt for absorpsjon i ikke ombyttbar form ved høy pH. På den annen side kan kalkingen under visse forhold frigjøre kalium. Den praktiske betydning av alt dette er nok likevel vesentlig mindre enn den rolle kalkingen spiller for fosforhusholdningen.

Tyskeren Ehrenberg formet for over 30 år siden en læresetning som er blitt kalt kalk-kaliloven. Den går ut på at hvis plantenes kaliumforsyning er knapp, vil kalkingen forverre forholdet og gjøre kaliumbehovet større. Både eldre og nyere arbeider tyder på at det ligger en realitet bak denne læresetningen, men bare på utpreget kaliumfattig jord. Forklaringen ligger sannsynligvis for en stor del i en plantefysiologisk antagonisme mellom Ca og K.

Kalktilstandens betydning for kvelstoffhusholdningen består bl.a. i at nedbrytingen av organisk stoff og nitrifikasjonen går raskere i jord med høyere pH enn i utpreget sur jord. Belgvekstene får i mange tilfelle bedre vekstvilkår og binder mer kvelstoff fra lufta. Den viktigste av de

kvelstoffsamlende bakterier som lever fritt i jorda, Azotobacter chroococcum, kan ikke leve i utpreget sur jord. Den er vel forresten uten praktisk betydning her i landet og spiller sannsynligvis i det hele en større rolle i litteraturen enn i jorda.

Mange mikronæringsstoffer forholder seg svært forskjellig ved ulike jordreaksjoner.

I sterkt sur mineraljord er konsentrasjonen av  $Mn^{++}$  av og til så stor at den kan gjøre direkte skade på kulturvekstene. Ved stigende pH avtar manganjonkonsentrasjonen. Det toverdige mangan går etter hvert ved kjemiske og mikrobiologiske prosesser over til forbindelser hvor stoffet opptrer med høyere valens, særlig som fireverdig. Slike stoffer er lite tjenlige som mangankilde ved høy pH. Ved å senke pH igjen kan en få prosessene til å gå i motsatt retning. Borforbindelsene i jorda er lettest oppløselige ved lågere pH. Kalking gjør dem tyngre oppløselige og mindre tilgjengelige for plantene. Om årsakene til dette er det mange forskjellige oppfatninger uten at noen av dem er alminnelig akseptert. Plantenes borbehov blir også større etter kalking. Det skyldes et fysiologisk samspill mellom B på den ene side og Ca, kanskje også andre stoffer, på den annen side. Sink og kopper blir stort sett fastere bundet ved høy pH enn ved låg. Også disse metaller blir altså vanligvis mindre tilgjengelige for plantene ved kalking.

Molybden blir derimot lettere tilgjengelig. Det forholder seg altså motsatt de fleste andre mikronæringsstoffene og mer likt fosfor. Det er mulig at ombyttbare molybdatjoner ( $MoO_4^{--}$ ) blir satt i frihet ved å bli fortrent av  $OH^-$ .

Kalking av sur jord kan altså endre plantenes forsynings-situasjon i vesentlig grad. Den kan gjøre sitt til å løse visse forsyningsproblemer, men den kan også gjøre andre svært aktuelle.

Ellers kan jordreaksjonen også virke inn på andre kjemiske jordegenskaper som har betydning for plantene. Bl.a. kan konsentrasjonen av  $Al^{+++}$  og  $Mn^{++}$  i jordvæsken i sterk sur jord være så stor at det virker vekstskadelig.

For jordas fysiske egenskaper betyr kalktilstanden mest i leirjord. Jord i god kalktilstand får lettere stabil grynstruktur. Derved blir leirrik jord mindre klinet når den er våt, ikke så hard når den tørker og lettere å arbeide. En festet seg en tid nokså ensidig ved en kolloidkjemisk forklaring på dette. Den gikk ut på at  $Ca^{++}$  nøytraliserer kolloidenes negative ladning, gjør dem mer tilbøyelig til å slutte seg sammen til aggregater og dermed også mer effektive til å binde sammen de

litt større partikler. Nå vet vi at både levende mikroorganismer og visse organiske stoffer som dannes under nedbrytingsprosessen, er viktige stabiliseringsfaktorer for grynstrukturen. Etter det vi nå vet om disse ting, må kalkens virkninger på jordstrukturen ha både biologiske og kolloidkjemiske årsaker.

Om patogene mikroorganismer er det bl.a. kjent at slimsåppen Plasmodiophora brassicae, som er årsak til klumprot på korsblomstrede vekster, er mest aktiv i sur jord. De Actinomyces-arter som ytrer seg ved flatskurv på poteter, forholder seg motsatt.

Kalkvirkningen i agronomisk betydning er en sumvirkning. Enkeltvirkningene kan være flere eller færre, positive eller negative, sterkere eller svakere alt etter som forholdene skifter fra sted til sted og fra tid til tid. At kalking samtidig har både gunstige og ugunstige virkninger på kulturvekstene er sikkert ingen sjeldenhet. Fosfortilstanden kan t.eks. bli bedre, samtidig som forsyningen med bor eller mangan kommer i faresonen. Totalvirkningen på avlingene kan også være positiv eller negativ.

Det hele blir enda mer komplisert ved at enkeltvirkningene ikke er ens for alle vekster. Noen vekster reagerer som kjent sterkt, andre svakt for knapp forsyning med hvert av næringsstoffene bor, mangan og molybden. På tilsvarende måte er de enkelte vekster bevislig mer og andre mindre ømfintlig for stor konsentrasjon av  $Al^{+++}$ ,  $Mn^{++}$  og  $H^+$ . Det som ofte betegnes som ulikt kalkbehov for de forskjellige kulturvekster, har i virkeligheten mange forskjellige årsaker. Dermed blir det også forståelig at det er så vanskelig å rangere kulturvekstene etter kravet til jordreaksjonen og kalktilstanden slik at rekkefølgen har generell gyldighet.

I Danmark har de på grunnlag av markforsøk ordnet de viktigste jordbruksvekster i denne rekkefølge med avtakende krav til jordreaksjon og kalktilstand: Lucerne > sukkerbete > forbete > kveite > bygg > kålrot > turnips > kløver > havre > rug > poteter. Bortsett fra at de første og siste vekster i rekken har en relativ sikker plassering, er rekkefølgen ikke almenyldig. I tillegg til det som er sagt ovenfor, kan det også være ganske stor sortsforskjell.

Tallene nedenfor angir avlingene i f.e. pr. dekar i et mangeårig markforsøk med kalking på N.L.H.'s gårdsbruk (i middel for de to år 1943 og 1949). Jorda er en leirjord med mye grovleir og finsand. Den har pH litt over 6, altså en reaksjon som ikke tyder på større behov for kalking ved vanlig jordbruksmessig drift.

Kalksteinsmjøl, kg/dekar	0	500	1000	2000
Poteter, f.e./dekar	489	+ 16	- 32	- 62
Forbeter, "	724	+ 36	+ 16	+ 24
Kålrot, "	491	+ 129	+ 169	+ 142

Kalkingen har ellers gitt små utslag i kornavlingene (bygg, kveite og havre), mens høyavlingene (timotei og kløver) viser en svak tendens til nedgang, særlig for de større kalkmengder.

De større meravlinger for kålrot enn for forbete på dette felt har spesielle årsaker. For det første har et ganske sterkt klumprotangrep på kålrot gjort mye mindre skade etter kalking. Etter sterk kalking var det også bormangelsykdom både på forbete og kålrot, og bormangelen har som vanlig gått mest ut over avlingsstørrelsen for bete.

Om andre kulturvekster får det være nok å nevne at de viktigste grasarter i eng og på kulturbeite ikke er særlig utpreget hverken i den ene eller den annen retning med hensyn til kravet til jordreaksjonen, men likevel med nokså tydelig innbyrdes forskjell. Engkvein har t.eks. utpreget evne til å klare seg på sur og kalkfattig jord, mens engrapp, timotei og engsvingel stiller større krav. Av grønnsakvekstene hører bl.a. purre til de kravfulle. Om frukttrær blir det ofte sagt at kjernefrukttrær helst vil ha svakt sur og steinfrukttrær svakt alkalisk reaksjon, men det synes tvilsomt om dette bør stilles opp som alminnelig krav.

#### 5. Andre stoffer.

I dette avsnitt skal vi ta en kort oversikt over de andre mineralske plantenæringsstoffer og enkelte andre stoffer som har en viss interesse fra vekst dyrkingssynspunkt. De næringsstoffene som blir omtalt her, har ikke så alminnelig betydning som de foregående, men ikke sjelden kan ett enkelt eller flere sammen spille en avgjørende rolle.

Av flere grunner vil ventelig knapp forsyning med andre plantenæringsstoffer enn N, P og K komme til å spille større rolle i framtiden enn de har gjort hittil. De viktigste årsaker til dette er:

1. Folketilveksten og hensynet til størst mulig selvforsyningsgrad med jordbruksprodukter tvinger til oppdyrking av næringsfattig jord, som mer enn rikere jord disponerer for mange forskjellige stoffmangler.

2. Vi må nødvendigvis arbeide for å øke avlingene. Men større avlinger betyr behov for større mengder av alle næringsstoffer.

3. Utviklingen i kunstgjødselindustrien har vært og er preget av et målbevisst arbeid på å framstille høgprosentige kvelstoff, fosfor- og kaliumforbindelser. Det betyr minkende mengder av flere andre næringsstoffer i gjødsla og et annet næringsstoff-forhold.

4. Mangel på visse mineralstoffer inntreffer lettest ved plante-produksjon uten forbindelse med husdyrhold. Hvis førproduksjonen og husdyrbruket har stor plass, og det blir tatt vare på dyregjødsla, kommer en stor del av mineralstoffinnholdet i plantene tilbake til jorda.

#### M a g n e s i u m .

Både treaktige og urteaktige kulturvekster er utsatt for magnesiummangel. Her i landet er den velkjent på frukttrær, særlig eple. Den er sterkt utbredt på Vestlandet, opptrer ofte på Sørlandet og ikke sjelden på Østlandet. Den opptrer både i planteskoler og i eldre og nyere plantninger. De siste år er magnesiummangel også påvist på poteter og havre her i landet. Sannsynligvis finnes den også på andre urteaktige vekster, men vi kjenner i hvert fall ikke til at den spiller noen stor rolle bortsett fra frukttrær.

I andre land har en lenge kjent til magnesiummangel på sterkt utvasket og sur sand- og grusjord. Slik jord disponerer ikke sjelden for mangel ganske enkelt fordi den er fattig på Mg i nyttbar form. I andre tilfelle er magnesiummangelen kaliumindusert, dvs. at den kommer av sterk gjødsling med kalium. Ved svært sterk gjødsling med K tar plantene vanlig opp relativt store mengder av dette stoff, men til gjengjeld mindre Mg (antagonisme). Hvis denne forskyvning går ut over visse grenser, ytrer den seg som magnesiummangel. Balansen må søkes gjenopprettet ved å gjødsle med Mg, ved svakere gjødsling med K eller på begge måter samtidig.

Ved siden av den fysiologiske antagonisme mellom de to næringsstoffer kan sterk kaliumgjødsling på lengre sikt også virke i samme lei ved å øke utvaskingen av Mg. Storparten av de klorjoner og sulfatjoner som kommer i jorda med kaliumsaltene, blir i humid klima vasket ut sammen med ekvivalente mengder av metalljoner, først og fremst  $Ca^{++}$  og  $Mg^{++}$ . Om dette viser jeg til s. 51 og skal her bare føye til Mg-regnskapet for ca.  $2\frac{1}{2}$  år etter sterk kaliumgjødsling i den ukalkede serie i lysimeterforsøket på Ås:

	<u>Uten K</u>	<u>Med K</u>
Tilført Mg i gjødsel, g/m <sup>2</sup> .....	0	3,5
Bortført " " avling, " .....	1,0	1,2
" " " avløpsvatn, g/m <sup>2</sup> .....	4,2	13,8
Balanse .....	- 5,2	11,5

Magnesiummangel skyldes altså dels naturlige jordegenskaper og dels er den en følge av gjødslingen. Mangelen må nødvendigvis først og fremst inntreffe ved sterk kaliumgjødsling på magnesiumfattig jord. Men den viser seg også ofte ved sterk gjødsling på rikere jord, og i andre land er den langt fra ukjent også ved svak kaliumgjødsling på magnesiumfattig jord.

Det er ellers ennå atskillig uklarhet om praktisk viktige sider av magnesiumhusholdningen i jord og planter.

#### S v o v e l .

Svovelmangel har vært kjent i lengre tid i Australia, U.S.A. og flere andre steder. De siste år har vi også fått føling med svovelmangel her i landet.

Svovelinnholdet i jorda varierer sterkt, særlig etter humusinnholdet. Etter undersøkelser i andre land må en anta at det har tendens til å være litt mindre enn totalinnholdet av P. Størparten er organisk bundet. Svovel i form av sulfat vaskes lett ut, men kan delvis bli overført i organisk form av høyere planter og mikroorganismer, eller for en mindre del absorberes som sulfatjon.

I humid klima taper jorda årlig ganske store svovelmengder ved utvasking som sulfatjon. I lysimeterforsøket på Ås 1938-42 inneholdt avløpsvatnet i middel 3,25 - 6,25 g S pr. m<sup>2</sup>. Mengden var størst ved gjødsling med superfosfat og kaliumsulfat, mindre uten gjødsling og ved gjødsling med husdyrgjødsel.

På svovelregnskapets inntektsside har vi også de mengder som kommer i jorda med nedbøren. Ved mange undersøkelser i andre land har en funnet fra noen tiendedels kg helt opp til 8-9 kg S i nedbøren pr. dekar og år, de største mengder nær store byer. Fra Norge har vi ingen slike tall av interesse for jordbruket. I jordbruksdistriktene inne i landet er kanskje svovelinnholdet i nedbøren av størrelsesordenen vel 0,5 kg pr. dekar.



Svovelinholdet i gjødsel (kunstgjødsel og dyregjødsel) har her i landet vært oppe i 25-30 000 tonn S årlig de siste år, dvs. i middel over 3 kg pr. dekar dyrket jord og ca. 3 ganger mer enn det sannsynlige svovelinhold i avlingene. Så lenge situasjonen er slik, er det liten grunn til å tro at plantenes svovelforsyning er et dagsaktuelt spørsmål. Men hvis vi skulle gå over til å bruke vesentlig svovelfattig kunstgjødsel (dobbeltsuperfosfat eller andre svovelfrie fosfatslag, svovelfattig fullgjødsel og kaliumgjødsel med lite svovelinhold), ville situasjonen være fullstendig forandret. Ved husdyrløs drift ville forholdet bli enda mer utpreget. For hvert større skritt mot denne tenkte ytterlighet blir det større grunn til å være oppmerksom på svovelspørsmålet.

#### B o r .

Totalinnholdet av bor varierer fra noen få hundre g til atskillige kg i matjorda på ett dekar jord. Som regel har bare en liten del av hele mengden aktuell interesse for plantenes borforsyning på kort sikt.

Om borinnholdet i plantene se s. 14. .

Bormangel er velkjent på mange rotvekster, på grønnsakvekster, frukttrær osv. Poteter reagerer ikke sjelden for gjødsling med bor, mest på næringsfattig myrjord, men også på næringsrik mineraljord. Fra utlandet er det mange eksempler på positive utslag for borgjødsling til belgvekster, særlig lucerne, men også kløver. Kornartene er sjelden utsett for bormangel, grasartene i eng og på beite visstnok aldri. I alt er det påvist bormangel på 16-17 forskjellige frilandsvekster her i landet. Ellers er den kjent og mer eller mindre utbredt både i europeiske og oversjøiske land.

Mangel på bor er ikke nøye knyttet til bestemte jordegenskaper, enda den gjør seg tydelig mer gjeldende under visse jordbunnsforhold og mindre under andre. Jord med sand- og gruskarakter, myrjord og all sterkt utvasket jord disponerer mest for bormangel. Jord som er mindre utvasket, eller som har større leirinnhold, er vanlig ikke så utpreget borfattig. Likevel er bormangel på visse vekster ikke sjelden også på rikere jord, t.eks. på næringsrik morenejord og havleire inne i landet. Det er ellers grunn til å anta at behovet for gjødsling med bor vil tilta. Ved moderne drifts- og gjødslingsmåter og slik som klimaet er i største delen av landet, er det sannsynlig at jorda ofte mister mer bor med avlingene og ved utvasking enn den får tilført i gjødsel + de små mengder som kommer med nedbøren. Samtidig har borbehovet tendens til å stige i samsvar med at

dyrkingen av mer krevende vekster blir utvidet, og at avlingene blir større. Det er lite sannsynlig at jorda stort sett og i lengden kan kompensere for et underskott og dekke det stigende behov ved mobilisering av bor fra tungt oppløselige forbindelser.

Kalking, og særlig sterk kalking, forsterker eller framkaller ofte bormangel. Faren for skadevirkning av større bormengder er derimot størst ved sur jordreaksjon. Årsakene til dette har vi vært inne på før.

Det kan også nevnes at bormangelen er mest merkbar i tørre år og perioder.

### K o p p e r .

Mangelfull forsyning med kopper går sterkt ut over kornavlingene av bygg, havre og kveite. For avlingene og varigheten av rødkløver og timotei spiller også kopperforsyningen en viktig rolle. Som eksempel gjengir vi etter Sorteberg noen avlingstall fra forsøk på myr på Ny Jords forsøks- og demonstrasjonsgård på Smøla :

CaO kg/dekar	Rødkløver, kg høy pr. dekar				Timotei, kg gras pr. dekar	
	1944		1945		1945	
	Uten Cu	Med Cu	Uten Cu	Med Cu	Uten Cu	Med Cu
400	0	480	40	490	1160	2270
600	0	464	50	388	910	2090
1000	0	404	50	230	1130	1970

Koppermangel er ellers kjent på en lang rekke urteaktige kulturvekster, i andre land også på frukttrær. Poteter og rug er lite utsatt.

Koppermangel opptrer særlig på jord med sand- og gruskarakter, framfor alt når den er sterkt utvasket og har råhumus i udyrket tilstand. Ellers treffer en ofte på koppermangel på myrjord, særlig på myrer med kvitmoserik torv. Slike jordbunnsforhold er her i landet mest utbredt i det ytre kyststrøk fra Sørlandet og nordover langs hele vestkysten. Vi kan oppfatte norskekysten som en utløper av et stort koppermangelområde langs Nordsjøkysten i Holland, Tyskland og Danmark, der klima, jordbunnsforhold og naturlig vegetasjon har visse likheter med dette kyststrøket hos oss. Også i innlandsdistriktene er kulturvekstene av og til utsatt for koppermangel under liknende jordbunnsforhold som langs kysten, men mye sjeldnere, og så vidt vi vet, aldri på leirjord eller næringsrik morenejord. Også husdyr er utsatt for koppermangel på steder der plantene får for lite kopper.

Etter undersøkelser i Danmark, Tyskland, Holland o.a. steder er det blitt vanlig oppfatning at sterk binding av kopper til visse, ikke nærmere kjente organiske stoffer i jorda er en hovedårsak til koppermangel. Svenske forskere hevder derimot at kopper ikke blir sterkere bundet til organisk enn til uorganisk materiale. De mener videre å kunne påvise at koppermangel står i nokså nøye sammenheng med innholdet av "totalt utbyttbart" kopper i jorda. Her i landet er sannsynligvis dels kopperfattig opprinnelsesmateriale (særlig for myrjord), dels utvasking og dels kraftig binding av kopper særlig til visse organiske stoffer, hovedårsakene til at jorda på sine steder disponerer for koppermangel for mange kulturvekster.

Etter erfaringer fra andre land skal koppermangel være mest alminnelig på jord som er dyrket opp forholdsvis nylig. Det er likevel ingen tvil om at den svært ofte opptrer på gammel kulturjord med. Jord som disponerer for koppermangel, er oftest sterkt sur før den blir tatt under kultur. Kalking gjør vanlig stoffet mindre tilgjengelig for plantene, men sammenhengen med jordreaksjonen og kalktilstanden er ikke så entydig og sterk som for mangan og bor.

#### M a n g a n .

Manganmangel er særlig velkjent på havre, bygg og kveite, men gjør ellers ofte skade på poteter, beter, grasarter, forskjellige grønnsakvekster og mange andre urteaktige plantearter, frukttrær og bærbusker.

Manganmangel kommer nesten alltid av at manganforbindelsene i jorda er lite tjenlige for plantene, sannsynligvis meget sjelden av at innholdet er for lite. Plantenes manganforsyning beror vesentlig på to faktorer: Jordreaksjonen og oksydasjons-reduksjonsbetingelsene i jorda.

Manganmangel er nokså nøye knyttet til meget svakt sur, nøytral eller svakere alkalisk jordreaksjon. På leirjord opptrer den nesten bare ved  $\text{pH} > 7$ . På sandjord og myrjord kan manganforsyningen komme i farsonen allerede ved  $\text{pH}$  ca. 6. I særlig manganfattig jord kan kanskje plantene få for lite av dette stoff også ved noe sterkere sur reaksjon, men etter alt å dømme sjelden. Hvordan endringer i jordreaksjonen virker på manganforbindelsene er omtalt før. Reaksjonen er i den grad avgjørende for manganhusholdningen at en og samme jord kan utsette plantene for skadevirkning av for mye mangan når reaksjonen er sterkt sur, og disponere for kraftig manganmangel etter sterk kalking.

Ved god luftveksling (surstofftilgang) i tilnærmet nøytral eller svakere alkalisk jord går oksydasjonen og inaktivering av mangan raskere

og lengere. Derfor er plantene mest utsatt for mangel når jorda ligger løs eller tørker sterkt.

Gjødsling med koppersulfat kan undertiden gjøre sitt til å vanskeliggjøre manganforsyningen på jord med høg pH.

Mangannangel gjør mye mindre skade hos oss enn i mange andre land, fordi storparten av Norges jord er sur. Men den forekommer av og til på kalkrik eller sterkt kalket jord. Mest ondartet opptrer den på enkelte kystmyrer med et relativt tynt torvlag på underlag av skjellsand.

#### J e r n .

Jernmangel er kjent både på trær, busker og urteaktige vekster. Egentlig er det vel aldri eller i hvert fall ytterst sjelden for lite jern i jorda, men jernet kan opptre i utilgjengelig form, eller det kan bli inaktivert i plantene. I litteraturen står det vanlig at jernmangel er nokså nøye knyttet til kalkrik eller særlig sterkt kalket og fortrinsvis humusfattig jord. Her i landet er jernmangel merkelig nok best kjent på myrjord langs kysten. Mangelen gjør seg ellers mest gjeldende når jorda ligger løs, bl.a. når den er brukt til åker flere år på rad, og når den tørker sterkt. Allerede de karforsøk som ledet til at vi oppdaget jernmangel på myrjord, viste at gjødsling med koppersulfat forverrer jernmangelen (Ødelien: Jernmangel på myrjord og koppersulfatets virkning på plantenes jern- og manganforsyning. Tidsskr. f.d. norske landbruk 1945). Om denne virkning er knyttet til jorda, om den er fysiologisk eller begge deler vet vi ikke. Årsaksforholdet bak jernmangelen på myrjord er i det hele tatt nesten ukjent.

I løpet av de få år vi har kjent til jernmangel her i landet, er det funnet spredte tilfelle av sikker eller sannsynlig jernmangel på havre og timotei, engsvingel o.a. grasarter på kystmyrer fra Aust-Agder til Nordland. På sine steder kan den gjøre atskillig skade, men alt i alt spiller den neppe noen stor økonomisk rolle i Norge. I det aller siste er det påvist jernmangel på frukttrær i Hardanger.

#### M o l y b d e n .

I 1939 ble det endelig bevist at plantene trenger ørsmå mengder av molybden, og 2 år seinere ble det første tilfelle av molybdenmangel hos frilandsvekster oppdaget på en kløverart (Trifolium subterraneum) i Australia. Siden er det funnet sikre symptomer på molybdenmangel eller oppnådd store avlingsutslag for gjødsling med molybden til bl.a. blomkål,

luzerne og havre på friland og til tomat i veksthus. På forsøksfelter i Australia har en funnet molybdenmangel også for en rekke andre vekster. Her i landet er det påvist molybdenmangel på blomkål, gulrot, salat og visstnok også på havre på friland. På myrjord (Smøla) har gjødsling med molybden økt kløvermengden i enga betydelig og dermed også gitt større høyavling. I karforsøk har vi fått katastrofal molybdenmangel hos salat, forbete og gulrot i kvitmosetorv. Videre har persille, rødkløver o.fl. vist sterk molybdenmangel. I sterkt sur torv har mangelen også vært tydelig for bygg og timotei. For poteter og havre har vi derimot ikke kunnet påvise molybdenmangel i våre forsøk.

Plantenes behov for molybden er svært lite. (Se s. 15).

Molybdenmangel opptrer vesentlig ved utpreget sur jordreaksjon. Blomkål kan likevel være utsatt også ved noe høyere pH. Kalking gjør som før nevnt molybdenforbindelsene i jorda mer tilgjengelige for plantene og kan ofte eliminere molybdenmangelen fullstendig, i hvert fall for en tid. Etter karforsøkene må en ellers vente at knapp molybdenforsyning vil være mest merkbar i tørre år. Av karforsøk vet vi også at molybdenmangel gjør seg sterkere gjeldende ved gjødsling med nitrat-N enn ved bruk av ammonium-N.

På nøytral eller alkalisk jord som er rik på molybden, kan molybdeninnholdet i graset bli så stort at storfe og sau blir syke. Det ytrer seg særlig ved voldsom diaré. Slikt har en bl.a. eksempel på fra Somersset i England og visse steder i U.S.A.

#### S i n k .

Sinkmangel, mest på frukttrær, er kjent i mange europeiske land og spiller særlig stor rolle i visse deler av Sambandsstatene. Her i landet er det ikke påvist noe sikkert tilfelle ennå. Etter erfaringer andre steder skulle en særlig vente å kunne finne sinkmangel på kalkrik eller sterkt kalket jord som har sand- eller gruskarakter og har vært svært sterkt gjødslet med fosfat.

#### K o b o l t

er nødvendig for somme husdyrarter, men så vidt vi vet ikke for plantene. Koboltmangel hos storfe og sau opptrer her i landet særlig på sandjord og myrjord. Kalking gjør koboltforbindelsene i jorda mindre tilgjengelige for plantene og kan altså lett forverre koboltmangelen. På den annen side kan kalking også ha den motsatte virkning hvis den fører til at mengden

av kløver og andre belgvekster blir større. Koboltinnholdet i belgvekstene er nemlig betydelig større enn i grasartene.

#### J o d .

Vi har ikke bevis for at jod er nødvendig for plantene. Derimot er det velkjent at jodmangel kan være årsak til struma hos mennesker og husdyr. Det er særlig i visse innlandstrakter jord, vatn og planter er utpreget jodfattige. Det er ting som tyder på at plantene tar opp noe jod gjennom bladene fra lufta. Jodinnholdet i lufta avtar stort sett med økende avstand fra havet.

#### N a t r i u m .

Natrium vaskes forholdsvis lett ut av jorda. (Derfor er havvatnet rikt på Na). Bare i arid jord og på nylig tørrlagt havbunn finner en store mengder ombyttbart  $\text{Na}^+$ . Men også etter sterk gjødsling med Na-rik gjødsel kan jorda for en tid inneholde så mye av dette stoff at det gir leirrik jord uheldige fysiske egenskaper. Større mengder av  $\text{Na}^+$  bidrar nemlig til at jorda får framtrødende enkeltkornstruktur. Dette ytrer seg særlig ved at den blir svært klisset i våt tilstand og hard når den tørker. Vatning med vatn som inneholder mye  $\text{Na}^+$  kan volde store ulemper på denne måten.

#### K l o r .

Klorjoner vaskes lett ut av jorda. I største delen av vårt land kan vi regne med at storparten av det klor vi fører til jorda i gjødsel, som regel vil bli vasket ut i løpet av ett år. For de tørreste innlandsdistrikter må vi gjøre et unntak fra denne regel. Likevel kan store klormengder i gjødsel virke uheldig på klorømfintlige vekster, fordi det er mye klor innenfor røttens rekkevidde i veksttiden. Ved høstgjødsling med klorholdig gjødsel vil vanlig en stor del av klormengden være vasket ut, eller i hvert fall ned til djupere jordlag før våren.

(Om plantenes mikronæringsstoffer, andre sporelementer og visse makronæringsstoffer foreligger bl.a. disse større eller mindre oversiktsarbeider:

Karl Scharrer: Biochemie der Spurenelemente. Berlin 1941.

- Karl Lundblad: Mikroelement och bristsjukdomar hos odlade växter. Kungl. Landbruksakad. Tidsskr. 1945 (435-489).
- L. G. Willis: Bibliography of the Literature on the Minor Elements and their Relation to Plant and Animal Nutrition. New York 1948.
- O. Svanberg: Mikroelement och några andra sekundära grundämnen i jordbruk och husdjurskötsel. Stockholm 1949.
- M. Ødelien og A. Sorteberg: Mikronæringsstoffer og sporstoffer i jordbruk og hagebruk. Oslo 1951.)

#### VI. Noen merknader om humushusholdningen.

Betegnelsen humus blir her brukt i den videste betydning, som fellesnavn for alt organisk stoff i jorda. Egentlig er det bare dødt organisk stoff vi mener, men ved humusbestemmelsen lar det seg ikke gjøre å skille skarpt mellom dødt og levende organisk materiale.

Humusstoffene og deres betydning for mange viktige jordegenskaper blir behandlet i jordbunns læren. Her nøyer vi oss med å minne om at storparten av de planterester og annet organisk materiale som på forskjellig vis kommer i jorda (dannet på stedet eller tilført utenfra), blir destruert på forholdsvis kort tid. Bare en liten, men noe varierende del er eller blir til mer resistente stoffer, som kan holde seg i lengre tid. Det lett omsettelige organiske stoff har først og fremst betydning som næring og energikilde for mikroorganismene og det lågere dyreliv i jorda, den sterkt omsatte fraksjon for de kjemiske og fysiske egenskaper som først og fremst regnes som karakteristiske for humusstoffene.

Humusinnholdet i jorda innstiller seg etter mengden og arten av det organiske stoff som kommer til, og etter nedbrytingshastigheten. Rikelig tilgang på organisk materiale og forholdsvis langsom destruksjon betinger et større humusinnhold, liten tilgang og rask nedbryting fører til mindre humusinnhold.

Her i landet har kulturjorda for det meste et relativt stort innhold av humus. Det skyldes dels det kjølige og for en stor del nokså fuktige klima, og dels bruksmåten. Ved bruksmåten er det særlig engbruket og husdyrgjødselmengden som har betydning. Engbruket spiller sikkert større rolle for humushusholdningen i norsk jord enn dyregjødsel. Engvekstene har en stor rotmasse, og nedbrytingen av organisk stoff går

seinere når jorda ligger til eng enn når den blir brukt til dyrking av åkervekster. Dyrking av belgvekster og gras ett enkelt eller flere år på rad er ett av de mest effektive midler vi kjenner til å holde ved like eller øke humusinnholdet. Det har vi tallrike eksempler på fra langvarige markforsøk og andre undersøkelser.

Slutter vi med de regelmessige engperioder og går over til husdyrløst jordbruk med ensidig eller overveiende korndyrking, inntreer en ny humussituasjon. Det kommer mindre organisk materiale til jorda, nedbrytingen går raskere, og humusinnholdet må nødvendigvis minke mer eller mindre. Dyrker en poteter innimellom, eller blir jorda brakket av og til, vil dette ha tendens til å påskynde nedgangen i humusinnholdet.

Ensidig eller overveiende dyrking av andre vekster som etterlater relativt lite planterester og krever mye jordarbeiding, har naturligvis prinsipielt samme virkning på humusinnholdet. Bruker en t.eks. jorda til grønnsakdyrking mange år på rad, blir humusspørsmålet aktuelt. I planteskoler går det særlig sterkt ut over humusinnholdet.

Vi skal ellers være klar over at regelmessig tilføring av organisk materiale ikke bare har betydning for det totale humusinnhold på lengre sikt. Som alt nevnt spiller det en viktig rolle for mikroorganismene og det lågere dyreliv i jorda. Dertil kommer at det ved nedbrytingsprosessene lages visse organiske stoffer som har spesiell betydning for jordstrukturen. Visse stoffer som dannes under destruksjonsprosessene og i sin tur blir spaltet av mikrobene, har åpenbart en særlig evne til å binde småpartiklene sammen til aggregater. Uronsyreforbindelser eller visse andre polysakkarider som dannes av mikroorganismene, synes særlig å ha slike egenskaper. Sammen med de levende mikroorganismer som virker på liknende måte, ser de ut til å være viktige forutsetninger for det vi kaller stabil grynstruktur, en strukturstilstand som spesielt er viktig for jord med leirkarakter. Særlig for slik jord kan det bety atskillig at det regelmessig kommer nytt organisk materiale til jorda i ikke for små mengder og med ikke for lange mellomrom. Utpreget leirjord er merkbart mer bekvem de første år etter en engperiode enn når den er brukt til vanlige åkervekster mange år på rad.

Hva vanlige mengder av husdyrgjødsel og halm betyr for humushusholdningen kommer vi tilbake til seinere. Ellers kan en som kjent øke humusmengden i jorda for en tid ved gjødsling med kompost, tilføring av myrjord og grøngjødsling. Den siste er svært lite brukt her i landet.

Gjødsling med kunstgjødsel kan også øke humusmengden i vanlig kulturjord, fordi det gir større avlinger og dermed også mer røtter og



andre planterester i jorda. En annen sak er at gjødsling med husdyrgjødsel som gir like store avlinger, vil virke litt sterkere på humusinnholdet som følge av at også gjødsla inneholder organisk stoff. Om virkningen av kunstgjødsel på humushusholdningen er ellers å merke at den kan påskynde nedbrytingen av mindre omsatt, mineralfattig torv og råhumus. Den tilsvarende virkning av kalking er velkjent. At grøfting av sterkt vassjuk myr og mineraljord kan virke i samme lei er også gammelt kjent.

Humusproblemene er blitt gjenstand for stor oppmerksomhet, særlig de siste 20-25 år. Her i landet er slike spørsmål stort sett ikke så brennende aktuelle som mange andre steder, fordi humusinnholdet i kulturjord som før sagt gjennomgående er relativt stort. Men det er likevel all grunn til å være oppmerksom på humusholdningen, framfor alt i gartnerier, ved husdyrløs jordbruksdrift og på jord hvor humusinnholdet har tendens til å være lite, eller hvor et noe større innhold av humus er særlig viktig.

Til slutt skal jeg bare minne om at humusinnholdet og kvelstoffinnholdet i jorda stort sett tiltar og avtar samtidig. Som et grovt middel kan vi sette kvelstoffinnholdet i det organiske stoff i humid klima til ca. 5 %. Vi tenker da på dyrket jord og ser bort fra jord hvor nedbrytingen av det organiske materiale av en eller annen grunn er vesentlig hemmet.

Det organiske stoff inneholder også vanlig betydelige mengder av fosfor, svovel o.fl.a. mineralstoffer.

#### VII. Fruktbarhet, kulturtilstand, næringstilstand, hevde og næringsstoffbalanse m.m.

I landbrukslitteraturen brukes mange uttrykk uten nøyere definert innhold. Dette resulterer lett i uklarhet og misforståelser. Jeg skal her forsøke å definere eller forklare noen begreper som vi har bruk for i gjødsellæren, eller som har tilknytning til dette fagområde. Jeg skylder å gjøre oppmerksom på at det neppe vil være enighet om det innhold jeg legger i ordene.

Med jordas fruktbarhet menes vel vanlig dens produksjonsevne. Som regel tar vel karakteristikken sikte på dens naturlige egenskaper. Iallfall må en være klar over at fruktbarheten ikke kan føres tilbake til en eller flere helt bestemte egenskaper eller kombinasjoner av egenskaper. Hva som kan kalles fruktbar jord, er til en viss grad relativt.

Det beror nemlig på en rekke jordegenskaper i samspill med klimatiske faktorer og kommer også an på hvilke vekster den skal brukes til. En jords fruktbarhetsgrad kan variere med klimaet og med bruksmåten.

I denne sammenheng kan det også være grunn til å gjøre det klart at jorda bare er fruktbar hvis alle viktigere jordegenskaper av betydning for plantenes vekst er gunstige. En eneste ugunstig faktor av vesentlig betydning kan være nok til at jorda må settes i en mye lågere fruktbarhetsklasse enn dens egenskaper ellers skulle tilsi.

Med kulturtilstand forstås en alle kulturbestemte egenskaper ved jorda som er av betydning for vekst dyrkingen. Det er i en sum alt om grøfting, oppdyrkingsmåte og tidligere jordarbeiding, kalktilstand, ugrasmengde og hevd m.m.

Med næringstilstand mener en jordas evne til å forsyne plantene med næring. Uttrykket kan brukes med tanke på et bestemt næringsstoff eller om forsyningen med jordnæring i sin alminnelighet. I kulturjord beror næringstilstanden oftest både på jordas naturlige egenskaper og på tidligere gjødsling og bruk.

Hvis en mener bare det som er en følge av gjødsling (og bruk) i en kortere eller lengre årrekke tilbake, bør en bruke uttrykket hevd. Gjødsling (og bruksmåte) kan sette jorda i bedre eller i dårligere hevd.

En kan skille mellom direkte gjødselvirkning og ettervirkning. Med ettervirkning forstås en virkningen året etter gjødslinga og seinere. Ettervirkningen kan skyldes at gjødsla i seg selv virker seint. En del av næringsstoffene kan først bli tilgjengelig etter en tids forløp og kommer ikke til nytte det første året (eks. N i dyregjødsel). Men ettervirkningen kan også være en følge av at det er brukt større mengder av i og for seg tilgjengelig næring enn den første avling kan nytte, og at den overskytende del i hvert fall delvis er absorbert i nyttbar form (eks. overskottsgjødsling med fosfat). Endelig kan den skyldes avlingsrester som omsettes og virker som gjødsel. Ved god gjødsling i ett eller flere år kan en altså opparbeide et større eller mindre forråd av nyttbar næring i form av gjødselrester, absorberte næringsstoffer og avlingsrester. Jorda blir i bedre hevd.

Omvendt kan en ta bort mer næring enn en tilfører. Når dette drives så vidt at avlingene blir mindre, kaller vi dette rovdrift. Jorda kommer i dårligere hevd. Strengt tatt er enhver driftsmåte rovdrift hvis den fører til at jorda mister mer næring i avlingene, ved utvasking og på annen måte enn den får tilført ved gjødsling og på annet vis. Men det er i visse tilfelle forsvarlig økonomisk drift å tære på jordas forråd av

visse stoffer, og om slike bruksmåter er det ikke rimelig å bruke den odiøse betegnelse rovdrift. Det er t.eks. intet å innvende mot at en målbevisst søker å nyttiggjøre en del av den svære kvelstoffmengde i god myrjord. Heller ikke kan det være noe galt i å dra nytte av et stort forråd av tilgjengelig fosfor som er opparbeidet ved tidligere overskottsgjødsling. Å fortsette med full erstatningsgjødsling eller med overskottsgjødsling til slik jord vil jo være å vedlikeholde eller øke en død kapital, som iallfall ikke kan ha noen betydning ut over å tjene som reserve med særlig tanke på ekstraordinære forhold. I mange tilfelle blir det sikkert tatt fra jorda større kaliummengder enn det blir tilført, men heller ikke dette behøver alltid være noen feil. Det blir altså noe av en vurderingssak hva en skal kalle rovdrift.

Med dette er vi kommet inn på spørsmålet om næringsstoffbalansen i jorda, et forhold som ble tillagt stor vekt i eldre tid. D.s.k. statiske beregninger gikk ut på å vise hvor mye næringsstoffer det ble ført til jorda i gjødsel, og hvor mye som ble tatt bort med avling. Et slikt regnskap viser bare en del av stoffhusholdningen i jorda. Så viktige faktorer som tilføring på annen måte (t.eks. N-binding ved belgvekster m.m.), bortføring på annet vis (særlig ved utvasking), tilgjengelig forråd i jorda og absorpsjonsmåten holdes utenfor. Derfor kan forholdet mellom tilføring av næring i gjødsla og bortføring i avling ikke alene vise hva som er hensiktsmessig gjødsling.

På en annen side er naturligvis balansen mellom tilføring i gjødsel og bortføring i avling et forhold som fortjener oppmerksomhet, særlig med tanke på lengre tidsrom. Som et eksempel på tilføring i gjødsel og bortføring i avling av N, P og K gjengir jeg en oversikt for et forsøk med 8-årig omløpp på Askov i Danmark. De 8 år omfattet 1 år med brakk, 1 med førbeter, 4 med korn og 2 år eng. Jorda er lettere leirjord. Hel husdyrgjødselmengde utgjorde 1100 kg urinfattig fast gjødsel og 400 kg land i middel pr. dekar og år. Kunstgjødsel med like mye N, P og K kalles hel kunstgjødselmengde.

Bortføring og tilføring i middel pr. dekar og år var:

	Husdyrgjødsel:			Kunstgjødsel:	
	$\frac{1}{2}$	1	$1\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	1
N:					
I avling	7,0	8,7	9,9	8,2	11,0
" gjødsel	3,9	7,8	11,7	3,9	7,8
Tilført mindre (÷) eller mer (+) enn bort- ført	+3,1	+0,9	+1,8	+4,3	+3,2
P ( $P_2O_5$ ):					
I avling	1,4(3,1)	1,7(3,8)	1,9(4,3)	1,5(3,5)	1,8(4,1)
" gjødsel	0,9(2,1)	1,8(4,2)	2,8(6,3)	0,9(2,1)	1,8(4,2)
÷ eller + som ovenfor	+0,4(÷1,0)	+0,2(+0,4)	+0,9(+2,0)	+0,6(÷1,4)	0(+0,1)
K ( $K_2O$ ):					
I avling	7,8(9,4)	10,9(13,1)	13,0(15,7)	8,2(9,9)	12,2(14,7)
" gjødsel	3,7(4,4)	7,3(8,8)	11,0(13,2)	3,7(4,4)	7,3(8,8)
÷ eller + som ovenfor	+4,2(÷5,0)	+3,6(÷4,3)	+2,1(÷2,5)	+4,6(÷5,5)	+4,9(÷5,9)

Særlig for kvelstoff, men også for kalium viser ikke en slik oversikt den virkelige stoffbalanse i jorda. Kvelstoffbindingen ved belgplanter, ved frittlevende kvelstoffsamlende mikroorganismer og tilføringen med nedbøren er ikke kommet med i regnestykket, og heller ikke utvaskingen av kvelstoff og kalium. En må også regne med at en del av kvelstoffet i dyregjødsel er tapt som ammoniakk uten å være kommet i jorda. Alt i alt kan en kanskje gå ut fra at balansen for kvelstoff er gunstigere og for kalium litt ugunstigere enn tallene viser.

Likevel viser tallene enkelte ting som det er grunn til å merke seg. For det første ser en at merbortføringen er størst ved svak gjødsling og avtar med stigende gjødselmengder. Ved de sterkeste gjødslinger blir det i stedet overskottstilføring. For det annet viser tallene at det er forholdsvis lett å oppnå likevekt mellom tilføring og bortføring eller til og med positiv balanse for fosfor, mens det skal mye til for kalium. Ved svakere eller middels gjødsling stammer en betydelig del av verdistoffene i avlinga fra jorda eller lufta.

Naturligvis er det ikke bare balansen for N, P og K som kan få betydning. Det kan også tæres så mye på forrådet av visse andre stoffer at kulturvekstene blir utsatt for annen næringsstoffmangel.

God gjødsling setter jorda i bedre hevd (og næringstilstand). Derved blir den i stand til å gi større avlinger uten eller med svakere gjødsling. Sluttes en å gjødsle jord i god hevd, kan en i en kortere eller lengre årrekke tære på det næringsforråd som er opparbeidet. Avlingene holdes til en viss grad oppe ved ettervirkning av tidligere gjødsling. Men forrådet minker gradvis, jorda blir i dårligere hevd og næringstilstand, avlingene går ned. Ved fortsatt utpining kan en også tære på jordas naturlige næringsforråd. Foruten knapphet på forskjellige næringsstoffer kan nedgangen i avling også delvis skyldes dårligere fysiske egenskaper, bl.a. fordi humusmengden minker, o.a. årsaker.

Fig. 5 viser avling uten gjødsling på et forsøksfelt på leirjord på Askov i tidsrommet 1894-1920. Figuren viser avlingene i f.e. i gjennomsnitt for alle vekster i omløpet (rug, forbeter, havre og ett eller to år eng) og for fireårige perioder. Periodene er regnet ut med to års forskyvning for å minske de årlige svingninger i avlingsstørrelsen.

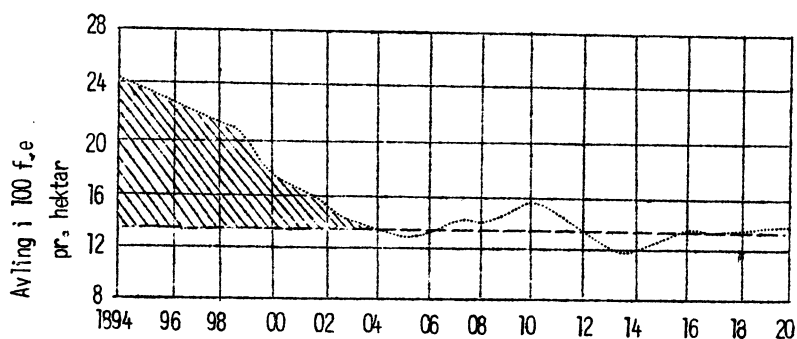


Fig. 5.

I de første 10 år gikk avlingene ned fra vel 240 til ca. 130 f.e. pr. dekar. Seinere har de holdt seg omtrent på samme nivå, selv sagt med svingninger som skyldes gode eller dårlige år. Både disse og mange andre liknende forsøk har ellers bekreftet den praktiske erfaring at de årlige variasjoner i avlingene er større når jorda er i dårlig enn når den er i god næringstilstand.

I et parallelt forsøk på sandjord på Askov gikk avlinga uten gjødsling ned fra ca. 180 til vel 120 f.e. pr. dekar på litt over 20 år. Etter denne tid er nedgangen liten. I et forsøk med uavbrutt kveite- dyrking på Broadbalk Field på Rothamsted ser avlingene uten gjødsling ut til å ha gått ned i et tidsrom på omkring 30 år. Siden har de i 60 år holdt seg omkring 70 kg korn og ca. 110 kg halm i middel, men selv sagt med variasjon fra år til år.

Det kan altså se ut til at avlingene på en utpint jord som

ellers stelles godt, etter en tids forløp har tendens til å innstille seg på et visst nivå. Iallfall vil de minke i et mye langsommere tempo enn før. Det må vel tas som et uttrykk for at permanente prosesser som forvitring, nedbryting av organisk stoff, tilføring av plantenæringsstoffer med nedbøren og binding av elementært kvelstoff ved mikroorganismer m.m. iallfall for en tid skaffer til veie de næringsmengder som trengs til denne produksjon.

På gamle gjødslingsfelter blir det ofte nedgang i avlingene også ved regelmessig gjødsling, ja til og med ved ganske god gjødsling. I mange tilfelle ser den ut til å komme før og noe sterkere ved gjødsling med tresidig kunstgjødsel enn når det brukes dyregjødsel. Sammenlikningen er ofte vanskelig, fordi det ikke er brukt korresponderende næringsmengder i de to slags gjødsel, men tendensen er til dels tydelig. Dette kan skyldes at dyregjødsel har en allsidigere stofflig sammensetning, eller henge sammen med særvirkninger på mikroorganismer og fysiske jordegenskaper.

Nedgangen i avlingene er sikrest og størst ved dyrking av en og samme vekst år etter år (monokultur). Dette viser plantevekslingens betydning. Også brakkbehandling kan hjelpe mer eller mindre til å holde jordas produksjonsevne oppe. Hvorfor det som regel er uheldig å dyrke en og samme vekst på samme sted i lengre tid vet vi lite om. Til dels skyldes det parasittangrep. I andre tilfelle kan det tenkes å føre til andre uheldige karaktertrekk ved mikrofloraen. Da det til dels hjelper å behandle jorda med giftstoffer, må en kunne slutte at årsaken i slike tilfelle kan føres tilbake til levende vesener. Av andre mulige forklaringer ligger det nær å tenke på mangel på bestemte stoffer som vedkommende vekst har større behov for eller mindre evne til å skaffe seg enn andre.

(Om langvarige gjødslingsforsøk har R. W. Böhme gitt en utførlig oversikt i avhandlingen "Die Dauer der Ertragsfähigkeit der Böden unter verschiedenen Anbausystemen" i Kühn-Archiv bd. 26 (1930)).

### VIII. Markforsøk.

Av alle hjelpemidler til rettleiing om gjødsling, kalking o.a. jordkulturspørsmål er markforsøk det allsidigste og på flere måter også det sikreste. Gjødslings- og kalkingsforsøk tar direkte sikte på å undersøke virkningen av ulik gjødsling og kalking, enten vi nå har den kvantitative eller den kvalitative virkning, eller begge deler for øye.

Markforsøkets største fortrin er:

1. Det viser forsøksvekstens reaksjon for bestemte kulturinngrep under de vekstvilkår som hersker på det sted og i den tid forsøket blir utført. Vekstens egenskaper, de naturlige og kulturbestemte egenskaper ved jorda, meteorologiske forhold og alle andre faktorer av betydning er med til å bestemme resultatet, og hver faktor virker med den vekt den har under den herskende konstellasjon av vekstfaktorene. I markforsøket kan en m.a.o. stille spørsmål under forhold som avviker lite fra praksis.

2. Forutsatt at resultatene er tilstrekkelig almengyldige for formålet, kan de brukes i økonomiske kalkyler.

På den annen side har markforsøket sine svakheter. Resultatene må vurderes med kritikk. Særlig skal vi være oppmerksom på dette:

1. Resultatene av markforsøk kan være beheftet med store "feil". Det vil m.a.o. si at de observerte avlingsutslag delvis eller helt kan skyldes noe annet enn den faktor hvis virkning en vil prøve. Ved en god forsøksplan, skjønnsomt valg av plass for feltene, kyndig og nøyaktig arbeid fra først til sist og kritisk vurdering av resultatene kan feilkildene og den forsøksmessige usikkerhet reduseres sterkt.

2. Resultatet av et markforsøk har bare full gyldighet for det sted der det blir utført, i visse tilfelle strengt tatt til og med bare for det jordstykke feltet opptar. Om resultatene er mer eller mindre stedbundne beror nok i høg grad på hvilket spørsmål det gjelder. Men overføring av resultatene til andre steder må i hvert fall skje med omtanke.

3. Resultatet gjelder uten videre bare for den tid forsøket spenner over. En kan ikke uten videre gå ut fra at det ville bli like ens andre år med andre værforhold, andre vekster eller annen dyrkingsmåte. Ved gjødslings- og kalkingsforsøk vil selvsagt også virkningen av en bestemt gjødsling eller kalking ofte endres etter som tiden går.

4. For å få sikker rettleiing må en altså gjøre parallelle forsøk på flere steder, og forsøkene må gå gjennom flere år. Det krever mye arbeid og blir dyrt.

5. Markforsøk alene gir mangelfulle opplysninger om årsaksforholdet. Det sier ofte lite om hvorfor virkningen blir nettopp slik og ikke annerledes. Som forskningsmiddel har derfor markforsøket alene nokså begrenset betydning.

Gjødslings- og kalkingsforsøkene kan deles i 3 hovedgrupper:

1. Kvalitative forsøk
2. Kvantitative "
3. Komparative "

Vi skal ganske kort se på noen prinsipielle sider ved selve spørsmålsstillingen i hver gruppe. Forsøksplanene kan ellers selvsagt varieres etter problemstillingen i det uendelige. Og forsøks tekniske spørsmål hører ikke heime her.

### 1. Kvalitative forsøk.

Kvalitative forsøk går ut på å prøve virkningen av en enkelt, vilkårlig valgt gjødselmengde. Det kan være gjødsel som inneholder ett eller flere av de tre hovednæringsstoffer N, P og K. Selvsagt kan forsøket også ta sikte på å prøve virkningen av en enkelt kalkmengde eller av andre stoffer.

En fullstendig plan for et kvalitativt forsøk som skal vise virkningen av både N, P og K, må omfatte 8 ledd:

- a. Ugjødslet.
- b. N.
- c. P.
- d. K.
- e. NP.
- f. NK.
- g. PK.
- h. NPK.

Hvert av de tre stoffer brukes her alene, sammen med ett av de andre og sammen med begge, i alt på fire forskjellige måter. I de fleste tilfelle gir dette fire innbyrdes mer eller mindre forskjellige uttrykk for stoffets virkning. Når stoffet har forskjellig virkning sammen med andre næringsstoffer og brukt alene, kan en tale om samspillvirking eller samspilleffekt. Alt etter som samspillvirkingen øker eller minsker den effekt stoffet har når det brukes alene, kan en kalle samspillvirkingen positiv eller negativ. Tar vi som eksempel for oss virkningen av N og K hver for seg og sammen, og betegner meravlinga med n, k og nk, kan forsøket vise:

$$\begin{array}{l} nk = n + k, \text{ ingen samspillvirking} \\ nk > n + k, \text{ positiv} \quad " \\ \text{eller} \quad nk < n + k, \text{ negativ} \quad " \end{array}$$



Dette skal bare vise prinsippet. Derfor går vi ikke inn på det velkjente forhold med alt forsøksmateriale, at vi bare anerkjenner en differanse som reell hvis den når en viss matematisk bestemt størrelse. I dette tilfelle vil det si at vi ikke alltid kan tale om positiv eller negativ samspillvirkning selv om ikke  $nk$  er nøyaktig lik  $n + k$  (m.a.o. om ikke  $nk + (n + k)$  er nøyaktig  $= 0$ ).

Et stoff kan altså virke noe annerledes sammen med andre stoffer enn når det brukes alene. Sammen med ett annet stoff får vi en primær samspillvirkning, sammen med de to andre blir det også en sekundær.

Samspillvirkningen kan ha plantefysiologiske eller jordbunnskjemiske årsaker. Positiv samspillvirkning skyldes vel ofte ganske enkelt at et næringsstoff som føres til i gjødsla, kommer best til nytte når det ikke er utpreget mangel på andre viktige stoffer. Positiv samspillvirkning er vel det vanligste når det uten gjødsling er knapt med begge eller alle næringsstoffer en opererer med. Hvis sterk gjødsling med ett næringsstoff induserer knapphet på et annet stoff, finner en også positiv samspillvirkning. Mellom kalk og fosfatgjødsel er det ofte negativ samspillvirkning. Dette har først og fremst jordbunnskjemiske årsaker som vi har vært inne på før.

Hvis en i et kvalitativt forsøk etter den såkalte fullstendige plan får svært forskjellige utslag for et næringsstoff, blir spørsmålet hvilket av dem en skal legge mest vekt på. Det kan en gjøre seg opp en mening om når en ser virkningen av de forskjellige stoffer i sammenheng. Er det t.eks. bare ett av stoffene som gir noe vesentlig utslag, vil en feste seg mest ved virkningen av dette brukt alene. Er det derimot større utslag for flere av de prøvde stoffer, må en legge mest vekt på de to-sidige og tresidige kombinasjoner.

Forsøksfelter etter den såkalte fullstendige plan med 8 ledd blir forholdsvis store. Da det også har vist seg at visse kombinasjoner i den fullstendige plan vesentlig har interesse under visse forhold, har en ofte brukt enklere planer med færre ledd.

En kan bruke denne plan:

- a. Ugjødslet.
- b. N.
- c. NP.
- d. NPK.
- e. NK.

Den høver på mineraljord, unntatt til belgvekster og belgvekstrike blandinger. Her har gjødsling med P og K hver for seg eller sammen

mindre interesse. Da det er størst sannsynlighet for god virkning av N, begynner en med dette stoff. Begynner en med et annet, får en mindre sikker prøve på virkningen av det eller de stoffer som i planen kommer foran det som det særlig er påkrevd å gjødsle med.

På myrjord og til belgvekster og belgvekstrike blandinger er det best å sette P eller K først. Planen kan t.eks. gjøres slik:

- a. Ugjødslet.
- b. P.
- c. PK.
- d. PKN.
- (e. PN eller KN.)

En annen forenkling av den s.k. fullstendige plan kan gjøres slik:

- a. Ugjødslet.
- b. NP.
- c. NK.
- d. PK.
- e. NPK.

Her ser en bort fra alle ensidige gjødslinger og undersøker bare virkningen av de tosidige og den tresidige.

Den s.k. fullstendige plan gir fyldigere kjennskap til næringsstoffenes virkning, men også enklere planer gir god rettleiing når de tilpasses forholdene på stedet.

Før vi går videre, skal vi en gang for alle gjøre det klart at vi strengt tatt aldri kan være sikre på at det er virkningen av bare kvelstoff, fosfor eller kalium vi får fram i forsøk. Vi gjødsler med salter eller andre kjemiske forbindelser av disse stoffer, og de andre stoffer vi tilfører kan også gjøre sin virkning. Ofte er til og med virkningen av de andre stoffer ganske viktig. Når vi t.eks. gjødsler med forskjellige kaliumsalter, behøver virkningen slett ikke være bare en kaliumeffekt. Andre stoffer i kaliumgjødselslagene (Cl, S, Mg, Na) kan også spille en rolle. På tilsvarende måte er det med de fleste andre kunstgjødselslag. I andre tilfelle kan gjødselsaltene enten lette eller hemme opptakingen av visse stoffer fra jorda. Ammoniumsulfat kan t.eks. gjøre bor- og manganforbindelsene i jorda lettere tilgjengelig, mens gjødselslag med basisk effekt virker motsatt på forsyningen med disse to næringsstoffer. Totalvirkningen av husdyrgjødsel kan selvsagt være av meget sammensatt natur.

## 2. Kvantitative forsøk.

Kvantitative forsøk går ut på å prøve virkningen av ulike gjødselmengder. Det kan være forskjellige mengder av dyregjødsel, av en bestemt kunstgjødselblanding eller av kunstgjødselslag med bare ett næringsstoff.

Ved forsøk med stigende mengder av et ensidig kunstgjødselslag har det vært vanlig å bruke dette gjødselslag som tillegg til en s.k. grunnjødsling med gjødselslag som inneholder de to andre hovednæringsstoffer. For forsøk med stigende N-mengder kan en t.eks. bruke denne generelle plan:

- a. PK.
- b. PK 1N.
- c. PK 2N.
- d. PK 3N.

Planen kan endres på flere vis, t.eks. ved å skyte inn et ugjødslet ledd eller ved å bruke husdyrgjødsling som grunnjødsling, enten med eller uten tillegg av PK. Ved å ta med også N alene, får en orientering om samspillvirkningen mellom dette stoff og grunnjødslingen. Hovedregelen er at PK-mengden ikke må være knapp. En søker som regel å ordne det slik at det skal bli nok av de to stoffer også ved den største mengde av det stoff som gis i ulike mengder. Er det knapp forsyning med ett eller flere andre stoffer, vil effekten av det næringsstoff som skal prøves, som regel bli mindre (jfr. Mitscherlich's framstilling av samspillet mellom vekstfaktorene).

En kan altså få forskjellig virkning av stigende mengder av et næringsstoff alt etter som en velger større eller mindre mengder av de andre næringsstoffer. En kan i det hele tatt ikke uten videre stole på at den virkning en har funnet ved en viss grunnjødsling, også gjelder ved et annet mengdeforhold mellom næringsstoffene. Om vi t.eks. gjør parallelle forsøk med stigende mengder N, P og K hver for seg og alltid som tillegg til vilkårlig valgte mengder av de to andre, er det ikke helt sikkert at de mengder som har vært fordelaktigst i de enkelte forsøk, også vil være de fordelaktigste når de kombineres.

Det fullkomneste ville være å gjøre forsøk med varierende mengder av alle de næringsstoffer som skal prøves (faktorielle planer). Et forsøk med mengdene 0, 1 og 2 av både N, P og K i alle mulige kombinasjoner måtte gjøres etter denne plan:

	N	P	K
a.	0	0	0
b.	0	1	0
c.	0	2	0
d.	0	0	1
e.	0	0	2
f.	0	1	1
g.	0	2	1
h.	0	1	2
i.	0	2	2
j.	1	0	0
k.	1	1	0

osv.

Det er i alt 27 mulige kombinasjoner (ledd). Et tilsvarende forsøk med mengdene 0, 1 og 2 av to stoffer ville få 9 ledd.

En vanske med disse prinsipielt nærmest fullkomne planer for kvantitative gjødslingsforsøk er at feltene lett vil bli svært store. For å unngå dette må en enten bruke færre paralleller eller skyte ut noen av de mulige kombinasjoner (gjødslinger). Enkelte mener til og med at en i visse tilfelle kan klare seg uten paralleller i det hele tatt. Dette må føre til at forsøksfeilen blir større, og at også avlingsdifferansene må være større for å kunne regnes som statistisk sikre. Teoretisk går det også til en viss grad an å utelate noen av de mulige kombinasjoner og beregne avlingene. Dette er imidlertid en dristig utveg, som i hvert fall trenger nøyere utgreiing.

Tross alt er det ingen tvil om at forskjellige typer av faktorielle planer for kvantitative gjødslingsforsøk byr på vesentlige fordeler og vil bli mye brukt i framtiden.

### 3. Komparative forsøk.

Komparative forsøk tar først og fremst sikte på å finne virknings- og verdiforholdet mellom to jamførbare gjødselslag. Det kan t.eks. være forskjellige kvelstoffgjødselslag eller ulike fosfatslag. Med en viss rett kan vi også sammenlikne dyregjødsel og tresidig kunstgjødsel. Men komparasjonen kan også gjelde forskjellige behandlingsmåter eller anvendelsesmåter av en og samme gjødsel. Når slikt resulterer i forskjellig virkning, kan vi godt oppfatte det som om vi hadde to gjødselslag for oss.

For å vise prinsippet skal vi holde oss til sammenlikning av forskjellige gjødselslag. Den forsøksmessige sammenlikning av flere gjødselslag ble før og blir tildels ennå gjort på den måten at en bare

jamfører virkningen av en vilkårlig valgt like stor næringsmengde i de slag som sammenliknes. Etter hvert er det blitt mer alminnelig å bygge sammenlikningen på to mengder av hvert gjødselslag. Dette gir høve til å beregne virknings- og verdiforholdet også på en annen måte.

Setter en inn meravlingene etter stigende mengder av forskjellige gjødselslag i et koordinatsystem, ser en ofte at kurvene ikke blir like. Dette kan inntreffe selv om kurvene peker mot samme toppunkt. Den ene kurve kan stige sterkere ved mindre gjødselmengder og mindre sterkt ved større enn den annen.

Fig. 6 viser meravlingene for stigende husdyrgjødselmengder og tilsvarende mengder av N, P og K i kunstgjødsel i forsøk på Aarslev (Danmark) i 1911-18. Meravlingene for gjødselmengdene 0,5, 1 og 1,5 er funnet ved forsøk. For de to største mengder er de beregnet etter Mitscherlich's ligning.

Tar vi de relative meravlinger for like næringsmengder som uttrykk for virkningsforholdet mellom husdyrgjødsel og kunstgjødsel og setter meravlinga etter kunstgjødsel til 100, blir forholdstallet for husdyrgjødsel med gjødselmengdene 0,5 ca. 64, med 1 ca. 73, med 1,5 ca. 82 og med 2 ca. 88.

Eksemplet viser en svakhet ved komparative forsøk med bare en mengde av hvert gjødselslag: Forholdstallet varierer med mengdene. I dette tilfelle avtar forskjellen med stigende mengder. Ved tilstrekkelig sterk gjødsling kan to gjødselslag betingelsesvis vise seg likeverdige selv om de slett ikke er det.

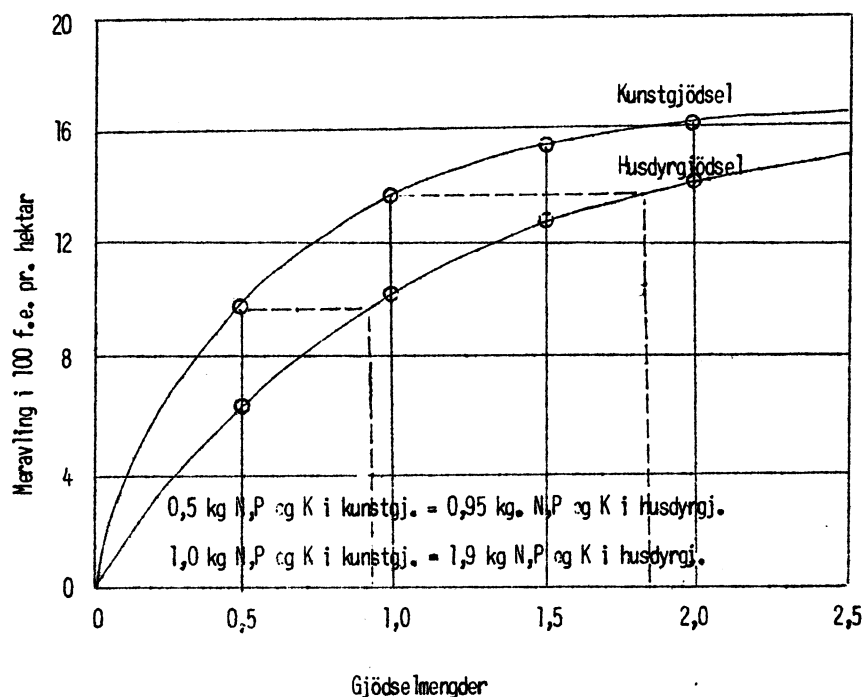


Fig. 6.

Men som vi ser av figuren, kan en også gjøre sammenlikningen på en annen måte. I stedet for å sammenlikne meravlingene når en tilfører like store næringsmengder, kan en undersøke hvordan mengdeforholdet mellom næringsmengdene i de to slag må være for å gi like store meravlinger. I forsøket på Aarslev var meravlingene like store når mengden av de tre hovednæringsstoffer i kunstgjødsel stod i forhold til mengden i dyregjødsel som 100 til 190. I dette tilfelle er forholdet det samme ved kunstgjødselmengdene 0,5 og 1,0. Dette er slett ikke alltid tilfelle, men forholdet endres vanlig mindre med gjødselmengdene som brukes, enn tilfelle er med forholdstallene for meravling. Sammenlikning etter dette prinsipp må i det hele tatt regnes for å være bedre.

Den næringsstoffmengde i ett gjødselslag som må til for å gi samme meravling som en viss mengde av det eller de samme stoffer i et annet slag, kaller vi erstatningstallet. Etter forsøkene på Aarslev er erstatningstallet for N, P og K (regnet under ett) i dyregjødsel 1,90 (eller om en vil 190). Det inverse forhold  $\frac{1,00}{1,90} = 0,53$  (eller  $\frac{100}{190} = 0,53$ ) kan vi kalle verditallet. Det er altså et uttrykk for verdiforholdet mellom næringsstoffene i de to slags gjødsel, og vanlig et bedre uttrykk for dette enn forholdstallet for meravlingene etter like store næringsmengder. Erstatningstall og verditall er egentlig to forskjellige uttrykk for ett og det samme.

I visse tilfelle er det forskjell i den maksimale meravling for de gjødselslag som skal sammenliknes. Da vil virkningsforskjellen vanlig tilta med gjødselmengden både når en uttrykker den ved forholdet mellom meravlingene for en og samme næringsmengde og etter erstatningsprinsippet.

Erstatningsprinsippet kan bare brukes når forsøket er utført med minst to forskjellige mengder av hvert gjødselslag som skal sammenliknes. De som vil sette seg inn i framgangsmåten ved beregningen, vil finne den omtalt i "Landbrugets Jorddyrkning II" av K. A. Bondorff. Hvis de funne meravlinger viser tilstrekkelig samsvar med enten Mitscherlich's ligning eller hyperbelligningen, og A er omtrent ens, er verditallene = forholdet mellom de beregnede konstanter c i Mitscherlich's ligning eller B i hyperbelligningen for de gjødselslag som er gjenstand for sammenlikning. Er overensstemmelsen med en av ligningene tilfredsstillende, men A forskjellig, blir beregningen noe mer omstendelig. En kan også regne ut erstatningstall og verditall direkte etter meravlingene (se en artikkel av K. Prytz i Beretning om Planteavl på Sjælland 1933) eller benytte seg av den grafiske metode vi har brukt ovenfor (med rette eller beregnede krumme linjer mellom de punkter som er bestemt).

På et vis kan en bruke erstatningsprinsippet ved sammenlikningen også når forsøket er utført med to eller flere mengder av bare det ene gjødselslag og en mengde av ett eller flere andre. Men det blir alltid usikrere.

#### 4. Markforsøket som rettleiing for praksis.

Markforsøk kan dels tjene til løsning av en eller annen forskningsoppgave, enten den nå er av overveiende teoretisk eller av praktisk art. Dels skal markforsøket være til direkte rettleiing for praksis om gjødsling, kalking eller andre ting. Forsøket kan være ettårig, eller flerårig, dvs. at feltet enten går ut etter ett år, eller at forsøket fortsetter i det minste vesentlig etter samme plan i flere år på samme sted. Visse slags forsøk må nødvendigvis vare flere år (f.eks. kalkingsforsøk), andre kan gi en viss rettleiing også om de er ettårige.

På forsøksgårder o.a. faste forsøkssteder tar forsøkene iallfall for en stor del sikte på spørsmål av mer alminnelig interesse, og gjødslingsfeltene er for det meste flerårige. Til dels kan forsøkene gå i hovedsaken etter samme plan i lang tid. På Rothamsted (England) er de eldste gjødslingsfelter over 100 år. I Tyskland og U.S.A. finnes felter som er omkring 80 år, og de eldste felter på Askov i Danmark er 60 år. Slike eldgamle forsøksfelter er vanlig til mindre direkte praktisk rettleiing, men de er på mange vis av stor teoretisk interesse. Særlig har de stor verdi ved å kaste lys over spørsmålet hvordan ulik gjødsling virker på jorda og avlingene i lengden.

De forsøksfelter som blir spredd ut over landet på de enkelte bruk, skal tildels først og fremst være til direkte rettleiing for den enkelte jordbruker, men som regel tar de også sikte på å skaffe materiale til å greie ut gjødslingsspørsmål av alminnelig interesse. De er ettårige, eller de kan gå gjennom flere år (t.eks. alle engårene) eller strekke seg over hele omløp.

Som før sagt er resultatene av markforsøk ofte mer eller mindre preget av spesielle forhold som gjorde seg gjeldende på det sted og i den tid forsøket ble utført. Hvor mye de kan være til rettleiing på et annet sted enn der feltene har ligget, eller ha gyldighet for et annet år, beror mye på spørsmålet det gjelder. For visse spørsmål er det iallfall lettere enn for andre å finne almenlydige regler til rettleiing. Det er t.eks. tilfelle når det gjelder sammenlikning av forskjellige kunstgjødselslag, ulike nedmyldingsmåter for husdyrgjødsel, høstgjødsling kontra

vårgjødsling osv. Spør en derimot t.eks. etter hvor mye kvelstoff, fosfor eller kalium det svarer seg å gjødsle med i kunstgjødsel, er det mye vanskeligere å få et generelt svar ut av forsøksresultatene. Det kommer an på jordas naturlige egenskaper og hevd, klimaet, mengden og kvaliteten av husdyrgjødsel, på de vekster en dyrker og mange andre ting som varierer sterkt fra sted til sted, til dels på korte avstander. Forsøk på stedet gir altså den sikreste rettleiing, men et forsøk et enkelt år er selvsagt ikke nok. Forsøksresultater fra andre steder er til god støtte også når det gjelder gjødslingsspørsmål med så lokal karakter, men de må brukes med omtanke og kritikk.

Det er slik i alle land at bare de færreste jordbrukere har forsøk på sin egen jord. Selv i Danmark, som har flere forsøk på spredte felter enn noe annet land, var det i 30-åra bare noe slikt som gjennomsnittlig årlig 1,5 "lokale forsøk" pr. 100 bruk med over 5 dekar dyrket jord. Derav er omtrent  $2/3$  gjødslingsforsøk. Her i landet er antallet rent forsvinnende lite. Her er det utenkelig at vi noen sinne får tilnærmet så mange forsøk som det måtte til om hver jordbruker skulle kunne gjødsle og kalke på noenlunde sikkert forsøksmessig grunnlag.

I de fleste land blir det lagt vekt på at det ikke bare blir gjort markforsøk ved forsøksstasjonene, men også på spredte felter. Her i landet er det mest forsøksstasjonene o.l. virksomheter som hver for seg også står for forsøkene rundt om på gårdene. Dertil har enkelte fylkeslandbruksselskaper og landbruksskoler drevet en mer eller mindre selvstendig forsøksvirksomhet i mindre målestokk. I Sverige sorterer nå den lokale forsøksvirksomhet under det sentrale forskningsinstitutt, Statens jordbruksforsøk. I Finland er det ordnet på en noe liknende måte. I Danmark har det vært et skarpere skille mellom Statens forsøksstasjoner med sentralorganet Statens Planteavlslaboratorium på den ene side, og på den annen side "den lokale forsøgsvirksomhet", som vesentlig er drevet av de frivillige sammenslutninger "landboforeningene" og "husmandsforeningene".

For å få utført flere forsøk rundt om på de enkelte bruk har det vært en del interesse for de såkalte forsøksringer. En forsøksring er en frivillig sammenslutning av jordbrukere med det formål å gi medlemmene adgang til å få utført forsøk på sine bruk. Ringen ansetter en person som står for arbeidet, men medlemmene skal mest mulig få utført de forsøk hver enkelt er særlig interessert i. De første forsøksringer ble laget i Tyskland. Seinere er det blitt slike sammenslutninger i flere



land, bl.a. har de hatt en del betydning i Finnland og Sverige. I Norge har vi en eneste forsøksring (på Hedmark).

Det er selvsagt viktig å få utført mange markforsøk på spredte felter. Men like viktig er det å overveie hvordan de forsøk som blir utført, kan bli til størst mulig rettleiing om gjødslinga også andre steder enn der feltene ligger.

Ved å plasere feltene på steder som er representative for mer alminnelig forekommende jordarter og jordtyper, for visse klimaområder eller bestemte driftsformer kan en oppnå atskillig i den retning. I alle tilfelle er det viktig å ha så utførlige opplysninger som mulig om alt som kan tenkes å ha betydning for forsøksresultatet, t.eks. om jord, tidligere gjødsling og bruk, værforhold, sykdomsangrep o.l. Mer eller mindre omfattende analyser av jorda på feltene er av stor betydning for de fleste gjødslingsforsøk. Kjemisk undersøkelse av fosfor- og kaliumtilstanden og jordreaksjonen er særlig viktige. Derved vil resultatene av slike analyser som gjøres uten forbindelse med markforsøk, kunne jmføres med de utslag en har fått i markforsøk på liknende jord med tilsvarende analysetall.

Om behandlingen av tallmaterialet fra markforsøk skal jeg bare nevne at det er hensiktsløst og urasjonelt å regne ut middeltall for forsøk som er utført under svært ulike forhold og har gitt innbyrdes sterkt avvikende resultater. Middeltallet er et beregnet tall, som knapt nok faller sammen med resultatet for noen av forsøkene. Det er ikke mer å holde seg til enn de svært ulike tall i forsøksrekken ellers, tall som kanskje innbefatter både stor fortjeneste og betydelige tap for en og samme gjødsling.

Feltene må først grupperes etter de jordegenskaper, klimatiske eller meteorologiske faktorer, kulturinngrep og andre ting som ser ut til å ha vært de viktigste årsaker til forskjellen. Dernest kan en regne ut middeltall for de enkelte grupper, hvis materialet ikke er altfor lite eller resultatene enda av ukjente årsaker er svært divergerende. Samtidig bør en angi den variasjon som ligger bak middeltallene.

Markforsøkene kan gi særdeles verdifull rettleiing om gjødslinga, men de kan aldri si oss nøyaktig hva som er den beste gjødsling. Selv om en i et tenkt tilfelle hadde fullkomment kjennskap til alle andre faktorer, ville enda årets værforhold og andre tilfældigheter være viktige ukjente faktorer den tid en skal bestemme gjødslinga. I industrien kan en beregne hvor mye en ny maskin eller et nytt maskinaggregat vil øke produksjonskapasiteten. Vekstdyrkeren kan ikke regne på samme måten, fordi han

hverken kjenner eller behersker produksjonsfaktorene i samme grad. Gjødslinga bør støtte seg til forsøksresultater, men det blir likevel alltid stort spillerom for skjønnets til slutt.

En skal også være klar over at de vanlige råd om gjødselmengder til forskjellige vekster og under ulike forhold ikke er resepter, men holdepunkter. De skal ikke fritta jordbrukerne for å overveie hva som er den beste gjødsling i det enkelte tilfelle, men bare være til støtte for slike overveielser.

### IX. Karforsøk.

Ved karforsøk er en mye mer herre over vekstvilkårene enn i markforsøk. De enkelte faktorer kan i langt større utstrekning endres etter ønske. Derfor kan en variere spørsmålene mer, spørsmålsstillingen blir klarere, svarene tydeligere og sikrere. Alt dette gjør karforsøkene til et bedre forskningsmiddel.

Men vekstvilkårene er alltid mer eller mindre kunstige i karforsøket. "Jorda" har ofte svært særpregede og ekstreme egenskaper. Selv om en bruker naturlig jord, er dens lagring og struktur endret, og undergrunnens virkning er eliminert. Næringsmengde, vassforsyning, lysforhold og temperatur avviker også mer eller mindre fra det vanlige ute i det fri. Derfor kan karforsøk ikke uten videre tjene som rettleiing i praksis på samme måte som markforsøk.

Flere forskere har likevel søkt å finne utveger til å gjøre karforsøket direkte anvendelig på praktiske gjødslingsspørsmål. Mest kjent er en framgangsmåte som er utarbeidet av Mitscherlich.

Det teoretiske grunnlag for Mitscherlich's metode er det i hovedtrekk gjort rede for før. (S. 25 flg.). Ligningen

$$\log (A - y) = \log A - cx$$

kan forandres til

$$\log (A - y) = \log A - c(b + x).$$

I denne ligning er  $b$  den "tilgjengelige" næringsmengde i jorda (altså et uttrykk for næringstilstanden) og  $x$  den mengde som tilføres i gjødsel. Vi betegner videre avlinga uten gjødsling med vedkommende stoff med  $y_0$ , og avlinga ved gjødsling med mengden  $x$  som  $y$ . Hvis Mitscherlich's verdier for  $c$  var konstante, skulle en bare behøve gjøre et enkelt forsøk uten og med vedkommende stoff for å kunne regne ut både  $A$  og  $b$  etter disse to ligninger:

$$\begin{aligned}\log (A - y_0) &= \log A - cb \\ \log (A - y) &= \log A - c(b + x).\end{aligned}$$

Til karforsøket bruker en jord som er tatt ut som en rekke småporsjoner fra mange regelmessig fordelte punkter på det jordstykke en søker rettleiing om. Prøvene tas ned til 15 cm's dybde. Jorda blandes med dobbelt så mye rein kvartssand (regnet etter volum). Med denne blanding gjør en et enkelt gjødslingsforsøk med havre i kar av en bestemt størrelse og etter bestemte forskrifter ellers. Da undersøkelsene bare gjelder fosfor og kalium, kan forsøket gjøres etter denne enkle plan:

- a. NK.
- b. NP.
- c. NKP.

Det brukes så store P-mengder og K-mengder at avlinga etter tresidig gjødsling kan regnes som maksimalavling for vekstfaktorene P og K. Avlinga uten ett av disse stoffer kan altså direkte uttrykkes i prosent av maksimalavlinga. Etter dette prosenttall avleser en i en tabell hvor mye tilgjengelig  $P_2O_5$  eller  $K_2O$  jord-sandblandingen inneholder pr. hektar. Tabellene er naturligvis på forhånd regnet ut etter Mitscherlich's ligning.

For å få næringsinnholdet i jorda må tallet som avleses i tabellen, forhøyes av to grunner. Det må for det første multipliseres med 3, fordi jorda er blandet med dobbelt så mye sand. For det annet går Mitscherlich ut fra at det må fordobles, fordi prøvene bare er tatt ned til 15 cm. Tallet må altså multipliseres med 6. Dermed skulle en ha funnet ut hva jorda inneholder av "tilgjengelig" P eller K pr. hektar. Etter dette innhold skal en iflg. Mitscherlich uten videre kunne slutte seg til hvor sterkt en skal gjødsle med fosfat og kaliumgjødsel.

Mitscherlich's metode (til dels kalt plantefysiologisk jordanalyse) har vært en del brukt til praktisk rettleiing, særlig i Tyskland. En kan gjøre mange innvendinger mot den. Innvendingene gjelder både det teoretiske grunnlag og den praktiske gjennomføring av undersøkelsen. Det kan bl.a. gjøres innvendinger mot teorien for utregningen av den tilgjengelige næringsstoffmengde i jorda. Videre ligger det nær å spørre om karforsøk med havre kan være til tilstrekkelig rettleiing for gjødsling til andre vekster. Den forutsetning at plantene får halvdelen av P-mengden og K-mengden fra det øverste 15 cm tykke jordlag er naturligvis vilkårlig og sikkert ofte uriktig.

Tross alt kan nok Mitscherlich's metode være til rettleiing, men undersøkelsen er ikke billig.

## X. Kjemiske jordanalyser.

Ved kjemiske jordanalyser til praktisk rettleiing om gjødsling og kalking innskrenker en seg til å undersøke enkelte vekstfaktorer som er knyttet til jorda. Alle andre faktorer som har betydning for avlinga, og som også innvirker på avlingsutslaget for gjødsling og kalking, blir ikke gjenstand for direkte undersøkelse.

### 1. Jordanalyser til rettleiing om gjødsling.

Arbeidet med utforming av kjemiske jordanalyser til praktisk rettleiing om gjødsling når omkring 100 år tilbake i tiden, til Liebig's dager. Det lå nær å tenke at kjennskap til næringsinnholdet i jorda sammen med kunnskap om kulturveksternes næringsbehov måtte være til god orientering om hvor mye det i hvert enkelt tilfelle er nødvendig å tilføre av de forskjellige stoffer for å dekke behovet og holde næringskapitalen i jorda ved like. Forholdet er dessverre langt mer komplisert enn en fra først av var klar over. Oppgaven er ennå ikke endelig løst, men det er gjort store framskritt, særlig de siste 25-30 år.

Hovedvanskeligheten ligger i å finne lettvinte metoder til å separere fra jorda de stoffmengder eller forbindelser som har aktuell interesse for plantenes næringsforsyning. Som regel har største delen av næringsstoffmengden ingen betydning for plantenes næringsforsyning i øyeblikket, og vil heller ikke få det i lang tid framover. En har i tidens løp forsøkt en overordentlig lang rekke ekstraksjonsmidler av forskjellig styrke og natur, fra relativt konsentrerte oppløsninger av sterke, uorganiske syrer til destillert vatn (forskjellige uorganiske og organiske syrer, salter, blandinger av syrer og salter osv.).

De moderne kjemiske metoder går i prinsippet ut på å behandle jorda med forholdsvis svake ekstraksjonsmidler for å få et mål for innholdet av de forskjellige næringsstoffer i lettere oppløselig form. Det blir lagt stor vekt på at analysene er enkle, raske og billige å utføre.

Mest er det arbeidet med metoder for fosfor og kalium. Vi skal skissere noen slike analysemetoder som er i bruk i de nordiske land.

Laktatmetoden er utarbeidet av svensken Egnér. Ekstraksjonen blir utført ved å ryste 5 g lufttørr jord 2 t. med 250 cm<sup>3</sup> av en oppløsning som inneholder melkesyre, kalsiumlaktat og kalsiumklorid, alle med konsentrasjonen 0,01 n. Denne oppløsning har pH = ca. 3,7 og god buffer-evne både med hensyn til reaksjonen og konsentrasjonen av Ca<sup>++</sup>. Resul-

tatet uttrykkes ved laktattallet (Lt), som angir den ekstraherte fosformengde i mg  $P_2O_5$  pr. 100 g lufttørr jord.

Laktattallet blir i Sverige vanlig omregnet til fosfatverdien. Fosfatverdien skal være et mål for "tilgjengelig"  $P_2O_5$  i matjorda, angitt i kg pr. hektar. Etter svensk oppfatning skulle den være et bedre uttrykk for fosfortilstanden enn laktattallet. Beregning av fosfatverdien forutsetter måling av matjorddybden, kjennskap til innholdet av stein og grus i jorda og bestemmelse av volumvekt, glødetap, hygroskopisitet og pH. Til praktiske formål blir de fleste av de supplerende laboratorieundersøkelser sløyfet og erstattet av skjønnsmessig jordartsbestemmelse og omregning etter summariske middeltall for de enkelte jordartsgrupper.

Til bestemmelse av kaliumtilstanden bruker en i Sverige en metode som også er utformet av Egnèr. 5 g lufttørr jord ekstraheres i 2 t. med en oppløsning av 0,1 n monokloreddisyre og 0,01 n Ca-monokloracetat. Resultatet uttrykkes primært ved M-tallet (Mt), som angir den ekstraherte kaliummengde i mg  $K_2O$  pr. 100 g tørr jord. M-tallet, regnes om til kaliverdien etter matjorddybde, eventuelt jordas volumvekt og med en korreksjonsfaktor som stiger fra 1 ved pH 6 til 2 ved pH 7,5. Kaliverdien skal angi "tilgjengelig" mengde  $K_2O$  i matjorda i kg/hektar.

I Danmark karakteriseres fosfortilstanden ved fosforsyretallet. Fosforsyretallet uttrykte opprinnelig den oppløste fosformengde i mg  $PO_4$  etter rysting av 40 g lufttørr jord med 1 l salpetersyreoppløsning i 3 t., og slik at sluttreaksjonen blir pH 2,5.  $PO_4$ -mengden ved denne pH-verdi får en ved å gjøre minst 2 bestemmelser med varierende syremengde og interpolere. Nå blir fosforsyretallet bestemt slik: 10 g lufttørr jord rystes 2 t. med 250 ml 0,2 n  $H_2SO_4$ . Den oppløste fosformengde angitt som mg  $PO_4$  pr. 1 ekstrakt (av 40 g jord) multiplisert med 0,2336 kalles fosforsyretallet og skal stort sett svare noenlunde til de verdier en fant ved den opprinnelige framgangsmåte. Både den opprinnelige og den modifiserte metode er utformet av Bondorff og medarbeidere.

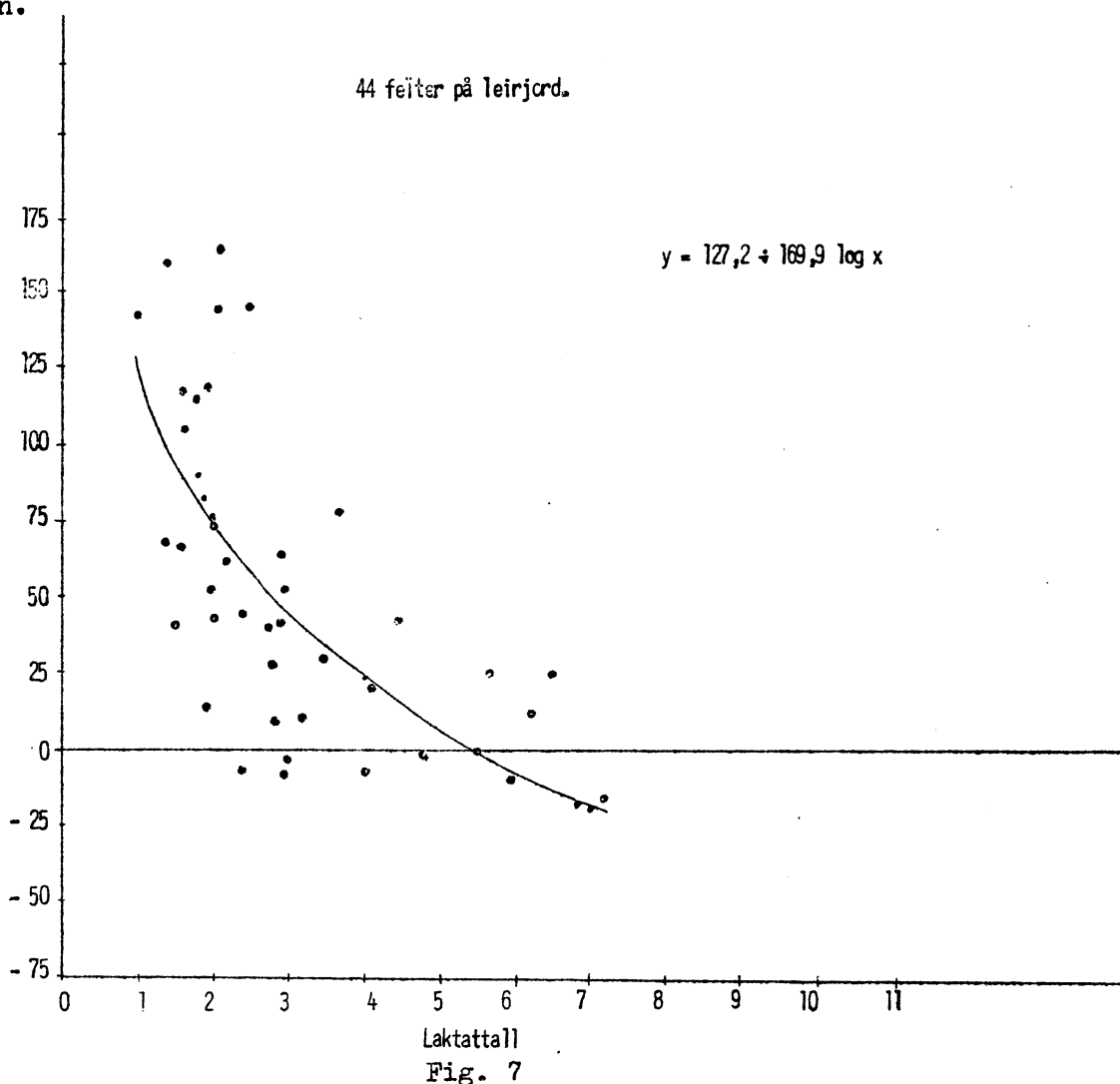
Som uttrykk for kaliumtilstanden bruker en i Danmark kaliumtallet eller  $T_K$ . Det bestemmes ved å ryste jorda med en oppløsning av NaCl, og angir en beregnet mengde utbyttbart K uttrykt i milliekvivalenter i 2,5 kg lufttørr jord. Dette kan lett regnes om til kg pr. dekar eller hektar. Går en t.eks. ut fra 250 000 kg lufttørr jord, pr. dekar ned til 20 cm, skjer omregningen ved å multiplisere kaliumtallet med 3,91 for å få kg K (eller med 4,71 hvis en vil finne kg  $K_2O$ ).

Ellers er et meget stort antall forskjellige metoder i bruk rundt om i verden. Som eksempler skal vi bare nevne et par til: I

Tyskland bruker de en modifisert laktatmetode (vanlig kalt Egnér - Riehms metode) for både P og K. Konsentrasjonen av ekstraksjonsvæsken er den dobbelte av den som brukes ved bestemmelse av laktattallet. Reitemeier (U.S.A.) har utarbeidet en metode som består i å ekstrahere K med kokende 1 n salpetersyre. Ved denne ekstraksjon får en ut også endel K som ikke er ombyttbart i vanlig forstand.

Hvor mye rettleiing de forskjellige analysemetoder gir, og hvorledes analyseresultatene skal vurderes, må en finne ut på empirisk grunnlag. Ved markforsøk, ved kjemisk analyse av jordprøver fra forsøksfeltene og jamføring av avlingsutslag og analyseresultater kan en få grunnlag for å bedømme hva de forskjellige metoder duger til under ulike forhold, og lære å forstå det språk analysetallene taler.

Fig. 7 viser korrelasjonen mellom laktattall og meravling for fosfatgjødsling i 44 2-årige gjødslingsforsøk på eng med leirjord på Østlandet og i Trøndelag (etter Sorteberg). Kurven viser den gjennomsnittlige sammenheng, punktene de korresponderende verdier av laktattall og meravling på de enkelte felter. Fig. 8 viser sambandet mellom meravling for gjødsling med kaliumgjødssel og M-tall på de samme felter. Korrelasjonen er ganske god for Lt, men svært dårlig for Mt i denne feltgruppen.



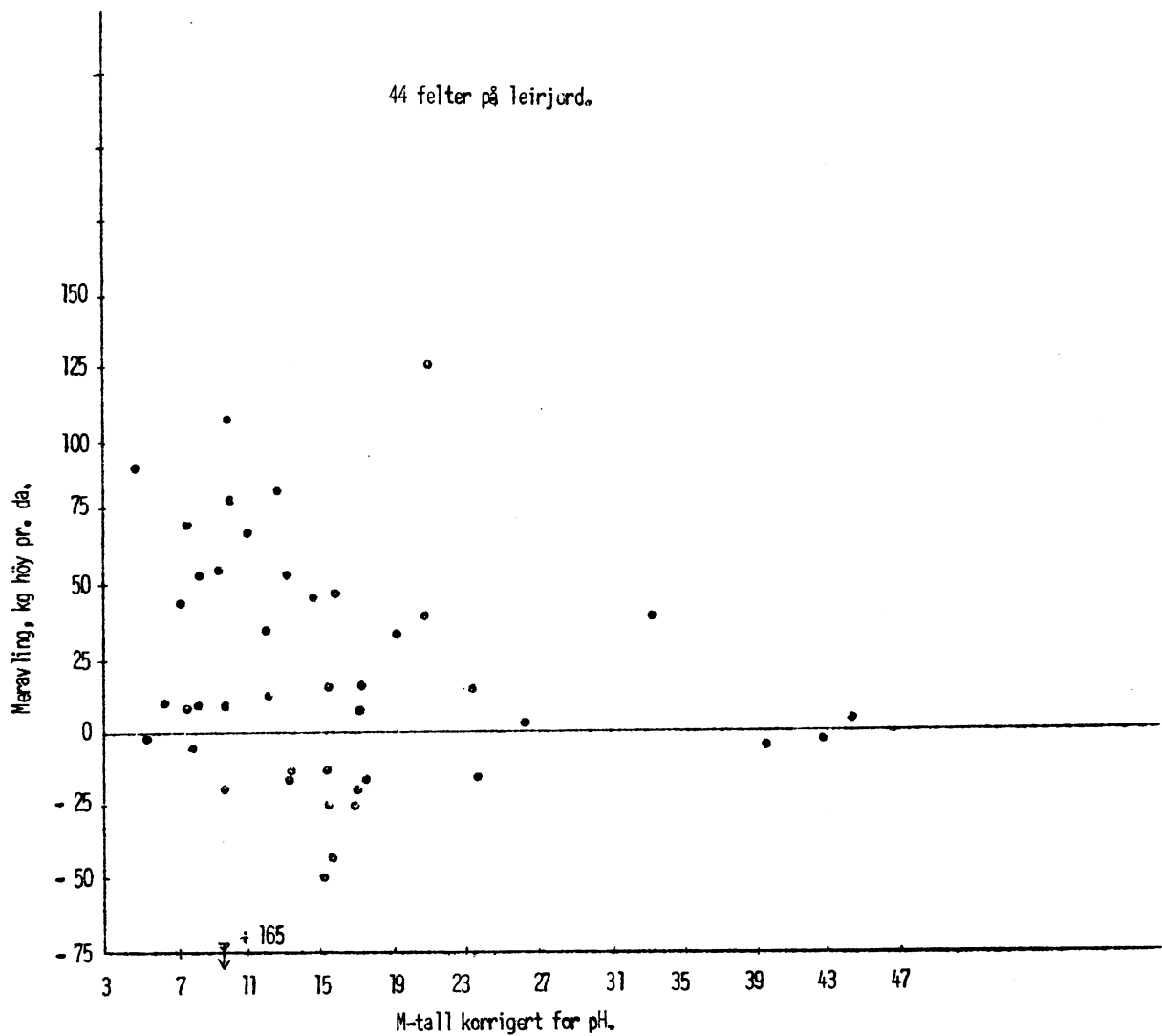


Fig. 8.

Skal en på grunnlag av slike jamføringer gjøre seg opp en riktig mening om hva kjemiske jordanalyser duger til som rettleiing om gjødsling, må en ha i minne at det er mange årsaker til den større eller mindre spredning av punktsvermen på slike grafiske framstillinger som fig. 7 og 8.

For det første har vi feilkildene og svakhetene ved jordanalysene:

1. Alle analysemetoder er beheftet med en større eller mindre prinsipiell misvisning. Det kan neppe finnes noen kjemisk ekstraksjonsmåte som under alle forhold kan gi et riktig mål for de næringsmengder plantene kan få fra jorda i en viss tid. Jorda selv er overordentlig komplisert sammensatt og mangeartet, og dertil kommer de mange forskjellige vekselvirkninger mellom jord og planter.

En teoretisk vurdering av t.eks. framgangsmåten ved bestemmelse av Lt. og Mt. gjør det sannsynlig at det ved begge bestemmelser ligger

en viss usikkerhet i selve analyseprinsippet. Ved bestemmelse av Lt. får en bl.a. ikke noe uttrykk for hva det organisk bundne fosfor betyr for plantenes fosforforsyning. Og Mt. gir ikke noen opplysning om hvilken rolle kalium i ikke ombyttbar form kan spille for tilgangen på dette næringsstoff.

2. Det lykkes ikke alltid å ta ut de små analyseprøver slik at de svarer til den store jordmasse de skal representere.

3. Plogbunlaget (undergrunnen) kan ha større eller mindre betydning for næringsforsyningen. Analyseprøvene blir som regel tatt fra matjorda. Selv om en også tok prøver fra plogbunnen, ville en ikke kunne være sikker på hvor mye næring plantene er i stand til å hente derfra.

4. Endelig har vi analysefeilene i vid betydning. Behandlingen av jordprøvene og alle de operasjoner som ligger bak analyseresultatene, innebærer feilkilder.

På den annen side må vi ha klart for oss at uoverensstemmelsene mellom analysetallene og resultatene av markforsøkene ikke bare skyldes feil ved de første. Vender vi oss til markforsøkene, finnes en rekke årsaker som også spiller en stor rolle. De funne avlingsutslag er beheftet med så stor usikkerhet som følge av jordvariasjon, ujamn plantebestand, måle- og veifeil m.m. at det betyr en hel del ved jamføringen med analysetallene.

Men selv om markforsøkene var feilfrie, og jordanalysene ga et korrekt og eksakt uttrykk for næringstilstanden i jorda, ville det likevel bli atskillig spredning av punktene i slike punktdiagrammer som fig. 7 og 8. Hvor stor meravlingen blir ved gjødsling med en viss mengde fosfat eller kaliumgjødsel beror ikke bare på jordas næringstilstand, men på vekstvilkårene i det hele tatt. Avlingsutslagene varierer bl.a. med forsyningen med andre næringsstoffer, etter årets værforhold og med mange andre faktorer.

Etter alt dette kan det ikke være fullt samsvar mellom analysetall og avlingsutslag selv om de kjemiske analyser gir et godt uttrykk for næringstilstanden i jorda. Når en vil prøve en analysemetode på denne måte, må en selvsagt prøve å gjøre feilene både ved markforsøkene og ved uttaking og behandling av jordprøvene så små som mulig. Dess bedre dette lykkes, dess sikrere vil en kunne dømme om metoden og finne et vurderingsgrunnlag for analysetallene.

Forutsatt at de kjemiske jordanalyser kan gi en nyttig orien-



tering om næringstilstanden i jorda, byr de på visse fordeler som det er god grunn til å være oppmerksom på:

1. De er så billige at det er overkommelig å undersøke et større antall prøver. Derved blir det mulig å få en oversikt over variasjonen i næringstilstanden fra sted til sted som markforsøkene ikke kan gi. Ved å ta et tilstrekkelig antall jordprøver etter et bestemt system over et større eller mindre areal kan en kartlegge fosfor- og kaliumtilstanden. (Selvsagt kan en også ta med andre jordundersøkelser på samme kart.)

2. Kjemiske jordanalyser gir rask orientering. En behøver ikke vente ett eller flere år før en får vite noe om næringstilstanden.

3. De kjemiske analyser skulle også til en viss grad kunne vise om jorda har et stort forråd av P eller K. Markforsøkene sier til enhver tid bare om plantene får nok av de forskjellige næringsstoffer. Først etter noen års forløp kan de si om det fra først av var et nyttbart forråd.

I nesten alle land er det mer eller mindre delte meninger om den rettleiing om gjødsling en kan få av kjemiske jordanalyser. Min personlige oppfatning om dette spørsmål kan sammenfattes i følgende punkter:

1. Alle metoder for kjemiske jordanalyser til praktisk rettleiing om gjødsling med P og K er mer eller mindre ufullkomne, men det er god grunn til å vente at fortsatt arbeid vil resultere i vesentlige forbedringer. Allerede nå vil de kunne gi sikrere rettleiing hvis en foretar noe mer omfattende kjemiske undersøkelser av jorda, i visse tilfelle også hvis en utfører analyser etter to enklere metoder. Men slikt blir vanlig for omstendelig og dyrt.

2. Allerede nå kan høvelige enkle kjemiske analysemetoder gi god orientering i store trekk om næringstilstanden i jorda. For en finere gradering strekker de ikke til.

3. Ingen enkelt analysemetode er best under alle forhold. En metode kan høve best under visse jordbunnsforhold, i ett land eller en landsdel, mens andre gir bedre rettleiing andre steder. Derfor kan en ikke uten videre overføre de erfaringer som er gjort med en metode, og heller ikke vurderingsmåten for analysetallene, til sterkt avvikende naturforhold eller driftsmåter.

4. Kombinert bruk av kjemiske jordanalyser og markforsøk gir det beste grunnlag for rasjonell gjødsling som det i det hele tatt er mulig å skaffe til veie.

5. Organiseringen av arbeidet med kjemiske jordanalyser er

viktig. Skjønnsom uttaking av jordprøver og kyndig vurdering av analysetallene i relasjon til de stedlige forhold er av den største betydning.

6. De svenske metoder (bestemmelse av Lt. og Mt. etter Egnér) er prøvd her i Norge, i jamføring med et stort antall gjødslingsforsøk i eng på mineraljord, spredd over nesten hele landet. Noen viktigere resultater gjengis punktvis nedenfor (etter Sorteberg).

a. Korrelasjonen mellom analysetall og avlingsutslag er stort sett bedre for Lt. enn for Mt.

b. Laktattallet er til sikrest rettleiing på leirjord og jord med betydelig leirinnhold. Her er det stor sannsynlighet for at fosfatgjødsling vil gi lønnsomme avlingsutslag når Lt. er  $< ca. 3$  og heller liten utsikt til et slikt resultat når tallet er  $> 5$ . På sandjord lar det seg vanskeligere gjøre å sette opp slike grenseverdier. De måtte i hvert fall ligge høyere.

c. M-tallet gir bedre rettleiing for leirholdig og leirfri jord enn for leirjord. Bortsett fra utpregt leirjord tyder  $Mt < 6$  på at det vil lønne seg å gjødsle med kalium.

d. Utrekning av fosfatverdien og kaliverdien ser ikke ut til å være til noen nytte. Disse beregnede uttrykk gir ikke bedre rettleiing enn de opprinnelige analysetall. Det samme gjelder de fleste enkeltkorreksjoner av laktattallet som brukes ved beregningen av fosfatverdien. Korreksjon av M-tallet ved  $pH > 6$  er derimot på sin plass.

En eldre svensk skala for vurdering av Lt. (etter Franck) ser slik ut:

Jord	Fosfatbehov				
	Sterkt	Middels	Svakt	Usikkert	Ikke
Sandjordskarakter	$< 2$	2-4	4-6	6-10	$> 10$
Leirblandet jord	$< 1,5$	1,5-3	3-4,5	4,5-7,5	$> 7,5$
Leirjord	$< 1$	1-2	2-3	3-5	$> 5,0$

I Sverige bruker en nå, som før sagt, mest fosfatverdien. For denne har en de seinere år brukt dette vurderingsskjema (for mineraljord):

Fosf.kl.	Fosfatverdi:	Fosfattilstand:
I a	$< 75$	Meget utilfredsstillende
I b	75-150	Utilfredsstillende
II a	150-300	Ikke fullt tilfredsstillende
II b	300-450	Nesten tilfredsstillende
III a	450-600	Tilfredsstillende
III b	$> 600$	Fullt tilfredsstillende

Den tilsvarende vurdering av kaliverdien er:

<u>Kaliklasse</u>	<u>Kaliverdi:</u>	<u>Kalitilstand:</u>
I a	< 75	Meget utilfredsstillende
I b	75-150	Utilfredsstillende
II	150-300	Ikke helt tilfredsstillende
III a	300-600	Tilfredsstillende
III b	> 600	Fullt tilfredsstillende

Jord som kommer i de lågeste klasser, må gjødsles godt med vedkommende stoff til alle kulturvekster. Særlig for fosfor er det også oppfordring til overskottsgjødsling for å sette jorda i bedre fosfortilstand. Etter hvert som en kommer opp i klassene, blir gjødselbehovet mindre. Først for de minst kravfulle vekster og siden etter tur for flere blir det stadig større sannsynlighet for at de ikke betaler for gjødsling med vedkommende næringsstoff. Betegnelsen "fullt tilfredsstillende" betyr at det sannsynligvis ikke vil svare seg å gjødsle med henholdsvis fosfor og kalium selv til de jordbruksvekster som stiller de største krav. Hagebruksvekstene er det neppe tatt spesielt hensyn til.

I forhold til den rolle de kjemiske jordanalyser spiller i praksis i mange land, er det offentliggjort lite materiale som viser sambandet mellom analysetallene og resultatene av markforsøk. Det er som regel heller sparsomt med materiale både til å dømme om verdien av de forskjellige metoder og til å vurdere analysetallene. Så lenge situasjonen er slik, er det grunn til skepsis mot en så fin gradering som den svenskene bruker. Vi må vel heller inntil videre være vel tilfreds hvis de kjemiske jordanalyser noenlunde sikkert kan skille ut jord som er i utpreget god og i særlig dårlig fosfor- og kaliumtilstand, fra en tredje gruppe som kan regnes for omtrent middels. Det ville være mye vunnet.

Hvor lenge analyseresultatene kan være til noen rettleiing er et spørsmål som må besvares noe forskjellig for ulike stoffer og jordarter.

Fosfortilstanden i mineraljord forandrer seg langsomt både ved overskottsgjødsling og når en tærer på forrådet ved svak gjødsling. Ved noenlunde vanlig gjødsling kan en vel gå ut fra at analysetallene vil være til rettleiing i en tiårsperiode framover, og gi enkelte holdepunkter for lengre tid. Ved særlig sterk eller svært svak gjødsling med fosfor skjer naturligvis forandringene raskere.

Kaliumtilstanden er som regel mindre stabil, men i forskjellig grad ettersom jorda er. Leirfattig og leirfri mineraljord inneholder

relativt lite utbyttbart K, og mobiliseringen av K går seint i forhold til kulturvekstenes behov. Leirjorda er rikere på utbyttbart kalium, og K fra krystallgitteret går vanlig raskere over i ombyttbar tilstand. Som følge av denne forskjell forringes kaliumtilstanden raskere ved utilstrekkelig gjødsling i sandjord enn i leirjord, og den går også ned på et lågere nivå i sandjord. Fra Danmark blir det angitt at  $T_K$  ofte innstiller seg på 0,8-1,0 i sandjord som ikke er gjødslet med kalium i en del år. I rik leirjord kan derimot  $T_K$  holde seg omkring 4-5 eller til og med høyere i lengre tid uten K-gjødsling.

Hvor lenge analysetallene kan være til rettleiing må også bero på metoden som blir brukt.

På liknende måte som for P og K er det også utformet mange forskjellige analysemetoder for andre plantenæringsstoffer, særlig for mikronæringsstoffer. I Danmark bestemmer de t.eks. mangantallet ( $T_{Mn}$ ) ved ekstraksjon med en oppløsning av magnesiumnitrat. Det angir innholdet av ombyttbart Mn i milliekvivalenter i 27,5 kg lufttørr jord. Koppertallet ( $T_{Cu}$ ) blir bestemt ved ekstraksjon med en saltsyreoppløsning ved sluttreaksjon pH = 2. Ellers er det utformet flere andre metoder både for Mn, Cu og for andre mikronæringsstoffer. Her i landet har Braadlie og medarbeidere tatt i bruk egne metoder til bestemmelse av Mn, Cu og B m.fl. stoffer i jord. Hvor brukbare de er vet vi svært lite om.

Bestemmelse av jordas elektriske ledningsevne er en særegen undersøkelse av interesse i samband med gjødsling. Ledningstallet er et uttrykk for saltkonsentrasjonen (elektrolytkonsentrasjonen) i jorda. I veksthus er saltkonsentrasjonen ofte så stor at den er årsak til skade på somme vekster.

Alle analysemetoder som er nevnt hittil, krever atskillig laboratorieutstyr. Men det finnes også enklere metoder som stiller små krav til slikt utstyr, eller som til og med er utformet med sikte på at undersøkelsen skal utføres ute i marken. På engelsk går de vanlig under fellesbetegnelsen "quick tests". De må vanligvis betraktes som mindre pålitelige, men tildels kan de være til nytte, kanskje særlig i veksthus.

Kjemiske jordanalyser til praktisk rettleiing om gjødsling er mye brukt rundt om i verden. De er sikkert ofte til stor nytte, men det er heller ikke tvilsomt at de anvendte metoder og arbeidsmåter tildels er svakt underbygget og mindre sikre enn de av og til blir gitt ut for.

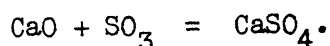
## 2. Jordanalyser til rettleiing om kalking.

Til dette bruk har en også forsøkt med et stort antall ulike analysemetoder. De få av dem som skal bli nevnt her, kan for oversiktens skyld ordnes i 4 grupper:

1. Bestemmelse av d.s.k. "kalkinnhold" (som regel visse fraksjoner av Ca-mengden).
2. Bestemmelse av jordreaksjonen.
3. Undersøkelse av "metningsgraden", (dvs. mengden av utbyttbare metalljoner sett i forhold til hele den mengde av slike joner jorda kan holde fast under nærmere bestemte betingelser).
4. Titreringer og titreringskurver.

Den kalsiummengde som ekstraheres av mineraljord med 10 prosent saltsyre eller andre forholdsvis konsentrerte oppløsninger av sterke syrer, sier i de fleste tilfelle lite eller intet om behovet for kalking. Årsaken er ganske enkelt den, at oppløsningsmidlet angriper kalsiumforbindelser som ikke har noen vesentlig betydning for jordreaksjonen eller behovet for kalking. Myrjord og annen humusjord står i en særstilling. Her har det totale kalsiuminnhold større betydning, fordi Ca vesentlig er knyttet til humusstoffene. Etter norske kalkingsforsøk på myr ser det ut til at en sikkert kan regne med stort utslag for kalking hvis myrjorda inneholder mindre enn 250 kg CaO pr. dekar ned til 20 cm. Inneholder den minst 350-400, kan en som regel få full avling av de fleste jordbruksvekster som vanligvis dyrkes på myr, uten kalking. Tallene refererer seg særlig til myrjord som er oppdyrket forholdsvis nylig. Nyere norske forsøksresultater tyder på at når jorda har vært dyrket en tid, kan det være på sin plass å kalke myrjord som opprinnelig inneholdt 350-400 kg CaO pr. dekar. I Sverige angis en noe høyere grenseverdi - ca. 500 kg CaO.

For organiske jordarter som er rik på svovel, kan det være nødvendig å ta hensyn til dette ved vurderingen av behovet for kalking etter CaO-innholdet. I slik jord kan det nemlig dannes svovelsyre, som legger beslag på en del av det beregnede CaO-innhold. En bør da også bestemme svovelinnholdet og beregne d.s.k. nettokalkinnhold. En tenker seg hele S-mengden omsatt til kalsiumsulfat etter denne ligning:



På grunnlag av ligningen beregnes nettokalkinnholdet ved å gjøre et fradrag i det totale CaO-innhold svarende til 70 % av S-innholdet uttrykt

som  $SO_3$ . Vi vet ikke mye om svovelinnholdet i myrjorda her i landet, men det ligger nærmest å anta at det oftest ikke er så stort at en behøver ta hensyn til det ved vurderingen av CaO-innholdet.

For mineraljord er innholdet av s.k. "ammoniumkloridoppløselig kalk" et bedre holdepunkt for vurdering av behovet for kalking. Jorda behandles på nærmere bestemt måte med 10 prosent ammoniumkloridoppløsning, og den ekstraherte kalsiummengde angis i vektprosent CaO. Metoden har vært brukt både her i landet og andre steder. Analysetallene vil sannsynligvis være til mest rettleiing når en ser dem i sammenheng med humusmengden og leirinnholdet i jorda.

Til denne gruppe kan vi med en viss rett også regne bestemmelse av basetallet. Metoden skriver seg fra Sverige, og undersøkelsen gjøres i samband med bestemmelse av laktattallet. Basetallet er minskningen i laktatoppløsningens titrasjonsaciditet under rystingen med jord, omregnet til promille CaO i jordprøven. For mineraljord oppgis det kritiske område til + 0,5-1 (uttrykt som basetall). Dette svarer til 1500-3000 kg CaO i matjorda pr. hektar.

Mens de allerede nevnte metoder går ut på å bestemme Ca-innholdet i jorda eller en del av dette, tar andre sikte på å undersøke jordreaksjonen.

Av enkle kvalitative metoder til dette bruk skal jeg bare nevne lakmusprøven, som i sin tid var gjenstand for stor interesse. Den består i å bringe lakmuspapir i berøring med våt jord, eller i å ryste en liten jordprøve i en lakmusoppløsning og iaktta fargeomslaget. Prøven er enkel, men den er helt utilstrekkelig til rettleiing om behovet for kalking.

De siste 25-30 år har bestemmelse av pH vært tillagt nokså forskjellig verdi til rettleiing om kalking. Som før forklart er det mer eller mindre sammenheng mellom pH og de jordegenskaper som bestemmer enkeltvirkningene av kalking, men noen nøyre korrelasjon er det ikke. Helhetsvirkningen står i hvert fall ikke i noe bestemt nøyere forhold til pH. Derfor kan en ikke alltid og uten videre stille noen sikker prognose om totalvirkningen av kalking med støtte i pH-bestemmelse. Bare når pH enten er høg eller svært låg kan en nokså sikkert slutte noe av pH-tallet alene.

Med tanke på de vanlige jordbruksvekster som dyrkes her i landet, er det stor sannsynlighet for at kalking vil svare seg hvis pH for mineraljord ikke er over 5-5,5. På myrjord kan kalking til dels gi liten meravling selv når pH ligger omkring 5. På mineraljord blir det på den annen side som regel liten eller ingen meravling for kalking til våre vanligste jordbruksvekster hvis pH  $\leq$  6-6,5. I pH-intervallet fra 5-5,5 til 6-6,5

er kalkbehovet vekslende og usikkert, og nettopp i dette område kommer en stor del av den dyrkede jorda her i landet. Men sett i sammenheng med driftsmåte, fosfortilstand og jordart kan pH-bestemmelse være til en viss rettleiing også i dette reaksjonsområde. Det er selvsagt større oppfordring til å kalke hvis en legger stor vekt på dyrking av vekster med relativt store krav til jordreaksjonen og kalktilstanden, t.eks. sukkerbeter, forbeter, bygg og kveite, mindre når jorda mest skal brukes til vekster med mindre krav, som poteter, havre og eng med lite kløver. Er jorda i dårlig fosfortilstand tross god gjødsling (med husdyrgjødsel og/eller kunstgjødsel) i en årrekke, kan dette ofte med rette oppfattes som oppfordring til å kalke. Endelig bør en kreve høyere pH i utpreget leirjord enn i leirfattig, leirfri eller humusrik jord.

I Danmark tilrår Statens Planteavls-Laboratorium å kalke når pH ligger under disse verdier.

For moldfattig, stiv leirjord.....	< 7,5
" moldrikere leirjord.....	< 7,0
" sandjord.....	< 6,0-6,5
" grasmyr.....	< 6,0
" kvitosemyr.....	< 5,0-5,5

En fester seg altså her ved nokså bestemte pH-verdier og stiller ellers i det hele tatt atskillig større krav enn vi gjør her i landet. Årsaken til det siste er delvis at vekster som lucerne, betar m.fl. spiller større rolle i Danmark.

Disse holdepunkter gjelder når jorda slemmes opp i destillert vatn ved pH-bestemmelsen. Bestemt på denne måten varierer pH fra tid til tid, særlig etter saltinnholdet i jorda. Bruker en 1 n KCl-oppløsning i stedet for destillert vatn, blir pH-tallene lågere, men samtidig mindre varierende.

Metningsgraden (eller "basemetningsgraden" som det ofte er blitt kalt) er et uttrykk for hva jorda inneholder av utbyttbare metalljoner i forhold til hva den maksimalt kan inneholde under nærmere bestemte forhold. Det var hollenderen Hissink som først slo inn på denne veg. Han uttrykte metningsgraden ved formelen  $V = \frac{S \cdot 100}{T}$ , hvor S er den funne og T den maksimale ombyttbare metalljonemengde i et visst kvantum jord. V er altså den første størrelse uttrykt i prosent av den siste. Til analytisk bestemmelse av S og T er det foreslått mange framgangsmåter. Prinsippet har atskillig for seg, men analysene er noe omstendelige for masseundersøkelser.

En av Heggenhougen utarbeidet metode til bestemmelse av den såkalte x-verdi er i prinsippet en bestemmelse av metningsgraden. Analysene består i bestemmelse av ammoniumkloridoppløselig CaO og utbyttingen av H<sup>+</sup> når jorda behandles med 1 n oppløsning av natriumasetat. Etter de funne verdier utregnes:

$$x = \frac{\text{CaO i \%} \cdot 100}{\text{CaO i \%} + \text{CaO i \% ekviv. med H}^+ \text{-avspaltet ved Na-asetat}}$$

Da behandlingen med Na-asetat ifølge Heggenhougen bringer pH opp til ca. 7, er x-verdien egentlig innholdet av ammoniumkloridoppløselig CaO i prosent av hva dette måtte være ved nøytral jordreaksjon.

Teoretisk kan det gjøres innvendinger mot Heggenhougen's metode, men ved jamføring med avlingsutslagene i markforsøk har den vist seg å gi forholdsvis god rettleiing om behovet for kalking. Likevel er den vel gått praktisk talt ut av bruk, særlig fordi den ikke er lettvtint å bruke. Da den ofte er omtalt i forsøksmeldinger fra noen år tilbake, nevner jeg den her.

Ved jamføring med meravling for kalking i ca. 80 markforsøk i Trøndelag og resultatene av forskjellige jordanalyser fant Løvø disse korrelasjonskoeffisienter:

	A-felter	B-felter
x-verdi	- 0,630 ± 0,087	- 0,356 ± 0,150
Amm.-kloridoppl. CaO:		
i % av finjord	- 0,233 ± 0,167	- 0,163 ± 0,200
i % " glødetap	- 0,520 ± 0,113	- 0,414 ± 0,140
pH (i H <sub>2</sub> O)	- 0,551 ± 0,106	- 0,214 ± 0,190

Ved tilsvarende jamføring på 35 kalkingsfelter i Akershus og Vestfold fant vi ved N.L.H.'s Jordkulturforsøk disse korrelasjonskoeffisienter:

x-verdi	- 0,67 ± 0,0089
x-verdi (hurtigmetode)	- 0,41 ± 0,13
Amm.-kloridoppl. CaO:	
i % av finjord	- 0,52 ± 0,115
i % av glødetap + leir	- 0,42 ± 0,16
pH (i H <sub>2</sub> O)	- 0,35 ± 0,14

Slike summariske beregninger av korrelasjonen mellom resultater av kjemiske jordundersøkelser av ukalket jord og meravlingene for



en viss kalkmengde har altså ofte gitt resultater som ikke er særlig oppmuntrende. Men ved skjønnsom vurdering av analysetallene i relasjon til forholdene på det enkelte sted kan nok forskjellige kjemiske undersøkelser av jorda være til bedre rettleiing om behovet for kalking enn korrelasjonskoeffisientene tyder på.

Som holdepunkter for vurdering av x-verdien gjengir jeg etter Heggenhougen og Løvø:

	Jorda	
	trenger kalking	trenger ikke kalking
Heggenhougen	$x \begin{matrix} = \\ < \end{matrix} 45$	$x \begin{matrix} = \\ > \end{matrix} 65$
Løvø	$x \begin{matrix} = \\ < \end{matrix} 50$	$x \begin{matrix} = \\ > \end{matrix} 65$

x-verdier mellom 45-50 og 65 skulle altså representere det usikre området for denne metode.

Titreringskurver viser endringen i jordreaksjonen ved tilsetning av forskjellige syre- og basemengder til jorda. Den del av kurven som viser virkningen av stigende basemengder, kalles syregrenen, og den som gir resultatet av syretilsetning, kalles basegrenen. For kalkspørsmålet er det naturligvis den første som særlig interesserer. I stedet for å utføre så mange bestemmelser at en kan tegne opp en titreringskurve som spenner over et større pH - intervall, kan en for praktiske formål nøye seg med å undersøke hvor mye kalk [ $\text{Ca}(\text{OH})_2$  eller  $\text{CaCO}_3$ ] en må sette til et bestemt jordkvantum for å få pH opp til det punkt en ønsker.

Titreringer og titreringskurver er til stor nytte ved å vise oss jordas bufferevne. En får på dette vis greie på hvor mye kalk en må sette til et bestemt kvantum jord for å få en viss endring i pH, eller reaksjonsendringen for en viss kalkmengde. Men en må være klar over at slike undersøkelser alene ikke viser hvor sterkt en bør kalke vedkommende jord for å få de beste vekstvilkår for kulturvekstene. Heller ikke viser de direkte hvor mye kalk en må bruke i praksis for å få en viss jordreaksjon ned til en viss dybde.

Vi behandler t.eks. en jordprøve av en viss størrelse med stigende mengder av en kalsiumhydroksydoppløsning med kjent konsentrasjon og finner derved hvor mye  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  en må bruke for å få pH opp til en bestemt verdi. Derpå regner vi om etter volumvekten til kg kalk pr. dekar under den forutsetning at kalken skal blandes inn i jorda t.eks. ned til 20 cm. Bruker en den beregnede kalkmengde pr. dekar, finner en vanligvis at pH ikke kommer så høgt som laboratorieundersøkelsene viste.

For å få den tilsiktede reaksjonsendring må en m.a.o. bruke mer kalk i praksis enn på laboratoriet. Tovborg-Jensen (Danmark) fant at det må brukes ca. 3 ganger mer kalk ute på jorden enn ved laboratorieundersøkelsene for å få samme reaksjonsendring. Når en i Danmark skal gi praktiske råd om kalkingens styrke med støtte i laboratorieundersøkelser av jorda, multipliserer en derfor den funne mengde med 3 (d.s.k. kalkfaktor). Men denne omregningsfaktor høver langt fra alltid. I sterkere sur jord og ved mindre sterk kalking er den vesentlig mindre. Her i landet vil vi sannsynligvis vanlig komme nærmere det rette med omregningsfaktoren 1,5. Det kommer også mye an på hvor jamt og hvor djupt kalken blandes inn i jorda. En av årsakene til den vesentlige forskjell det kan være mellom resultatene av laboratorieundersøkelser og kalkens virkning under praktiske forhold er sikkert at kalken ikke kan fordeles så jamt i praksis som på laboratoriet. Undersøkelser av Bruin (Holland) tyder videre på at det etter sterk kalking kan foregå et særlig raskt utvaskingstap den første tid.

Fordelene og svakhetene ved kjemiske jordanalyser til rettleiing om kalking er stort sett de samme som for kjemiske analyser med sikte på næringstilstand og gjødsling. Jordanalysene kan være til god støtte, men fullkomne er de langt fra.

## XI. Kjemisk analyse av planter og andre framgangsmåter.

Innholdet av de enkelte næringsstoffer i plantene tiltar og avtar stort sett med tilgangen på vedkommende stoff. Derfor ligger det nær å tenke at kjemiske analyser av plantene kan gi et bilde av jordas næringstilstand, eller vise om den gjødsling en har brukt, er tilstrekkelig.

Det er gjort mange forsøk på å finne praktisk brukbare uttrykk for dette ved å analysere forskjellige kulturvekster eller helst bestemte deler av dem. Dels har en festet seg ved det prosentiske innhold av hvert stoff og dels ved mengdeforholdet mellom stoffene.

Ved vurderingen av slike analyseresultater støter en på to hovedvansker. For det første blir innholdet av de forskjellige mineralstoffer i plantene bestemt av mange faktorer, ikke bare av tilgangen på det enkelte stoff. Derfor varierer innholdet fra sted til sted og fra år til år med vekstvilkårene i det hele tatt. For det annet er det vanskelig å fiksure terskelverdier som kan angi omtrentlige grenser mellom utilstrekkelig og tilstrekkelig forsyning. En kan til og med finne eksem-

pler på det paradoksale forhold at plantene innholder forholdsvis mye av et stoff som det faktisk er mangel på. Å analysere nokså tilfeldig uttatte planteprøver er oftest til liten eller ingen nytte. Analyseprøvene må i tilfelle tas ut etter et visst system, f.eks. av en bestemt plantedel på et bestemt sted på planten og på et noenlunde bestemt utviklingstrin.

Lundegaardh (Sverige) arbeider etter en metode som han kaller trippelanalysen. Navnet kom opprinnelig av at det skulle gjøres analyser både av planter og av jord fra matjorda og plogbunnen. Seinere er jordanalysene sløyfet, men navnet beholdt, fordi planteanalysen skal omfatte både N, P og K (eventuelt også andre stoffer). Til undersøkelsen bruker en havreblad, som blir tatt i tiden mellom skyting og blomstring. Lundegaardh hevder at denne framgangsmåten har store fordeler framfor jordanalyser. Andre mener at den tross visse fortrin framfor eldre metoder likevel har mange av planteanalysens svakheter.

Neubauers frøplantemetode er i prinsippet et svært kortvarig karforsøk med kjemisk analyse av forsøksplantene. Den går ut på å la et stort antall unge rugplanter ta opp P og K fra et lite jordkvantum.

Prøver à 100 g av den jord som skal undersøkes, blandet med en viss mengde kvartssand, fylles i glasskåler av en bestemt størrelse og dekkes med et kvartssandlag. I dekskjiktet settes 100 store og jamstore rugkorn i hver skål. Foruten 2 parallelle skåler pr. prøve omfatter hver serie 2 skåler med samme mengde sand som i de andre, men uten jord. Forsøksskålene settes i et lyst rom med høvelig temperatur og vatnes på bestemt måte. Den 18. dag høstes rugplantene med rot og analyseres for P og K. Innholdet av P og K i plantene fra skålene med jord ÷ innholdet i plantene fra sandskålene er tatt opp av 100 g jord. Mengdene angis i mg  $P_2O_5$  og  $K_2O$  og kalles Neubauer-tall.

Det finnes også flere mikrobiologiske metoder. Aspergillus niger er forsøkt til bestemmelse av kaliumtilstanden, og forresten også for visse andre stoffer (bl.a. Cu og Mg). Jorda tilsettes en ellers allsidig næringsoppløsning uten det stoff som skal undersøkes, gis med sitronsyre en bestemt sterkere sur reaksjon, podes med Aspergillus niger og oppbevares en viss tid i en termostat. Soppmyselets vekt tas som mål for forsyningen med det stoff som manglet i næringsoppløsningen.

Mens kjemisk analyse av plantene og Neubauers metode egentlig er fysiologisk ekstraksjon og kjemisk bestemmelse av næringsstoffene, kan Aspergillus-metoden sies å bestå i kjemisk ekstraksjon og fysiologisk bestemmelse. Sitronsyren tjener nemlig som ekstraksjonsmiddel ved siden

av å sørge for den låge pH som høver for soppen. (Etter samme uttrykksmåte blir markforsøk og til dels også karforsøk både fysiologisk ekstraksjon og fysiologisk bestemmelse, mens kjemisk jordanalyse selvsagt ikke inkluderer noe fysiologisk moment.)

## XII. Diagnostiske kjennetegn på næringsmangel, og ugrasfloraen som indikator på kalktilstanden.

Som før sagt kan plantene ved sitt utseende gi til kjenne at de får for lite av et eller annet næringsstoff. Vi har alt eksempelvis nevnt noen diagnostiske kjennetegn på mangel på N, P, K, Mg, Fe, Mn, B, Cu og Mo. De ytre tegn på utilstrekkelig forsyning med et eller annet stoff blir som regel først tydelige ved sterk mangel. Dette reduserer den praktiske betydning av kjennetegnene på N-, P- og K-mangel. Iflg. Jørgensen (Danmark) skal likevel sterk kaliummangel med utpregede mangelsymptomer forekomme forholdsvis ofte. (C.A. Jørgensen: Kalihungersymptomer paa Landbrugsplanterne og deres Anvendelse ved Paavisning av Kali-  
trang i Marken. Tidsskr. f. Planteavl, bd. 44, s. 557-632.) Også forgiftning kan tildels vise seg på karakteristisk måte for enkelte stoffer.

Ved mangel på magnesium, mangan, bor, kopper, jern, molybden og andre stoffer som vi ikke regelmessig gjødsler med, har de diagnostiske kjennetegn større praktisk betydning enn når det gjelder N, P og K. Somme stoffmangler ytrer seg som kjent hos visse vekster ved så tydelig og karakteristiske ytre kjennetegn at en ikke behøver være i tvil om hva som feiler. I mange andre tilfelle er symptomene så utydelige, så varierende etter som mangelen er mer eller mindre sterk og etter vekstvil-kårene ellers, eller så lik vekstskader og abnormiteter som har helt andre årsaker, at selv de som har den største erfaring, ikke kan finne ut hva som mangler.

I tvilstilfelle kan det være tale om å dyrke såkalte indikatorvekster. Med indikatorvekster mener vi slike som ved ytre merker reagerer sterkt og karakteristisk for knapp forsyning med ett bestemt stoff. Kålrot er t.eks. en god indikatorvekst for bor, bygg og havre for kopper, havre for mangan og blomkål eller salat for molybden. En velger i hvert enkelt tilfelle en eller flere vekster i samsvar med de stoffmangler en mener det kan være tale om.

Enkle, praktiske prøver i marken kan være til god rettleiing. En kan sprøyte plantene forholdsvis tidlig i veksttiden med svake opp-

løsninger av høvelige kjemikalier som inneholder ett eller annet stoff en mener det kan være mangel på. Eller en kan gjødsle med slike kjemikalier. I enkelte tilfelle kan en nøye seg med å pensle misfargede blad med en oppløsning av det aktuelle stoff.

Markforsøk og karforsøk er selvsagt viktige hjelpemidler også når det gjelder mikronæringsstoffer, magnesium o.a. stoffer.

(Litteratur om kjennetegn på mangel eller skadevirkning av forskjellige stoffer:

T. Wallace: The diagnosis of mineral deficiencies in plants by visual symptoms. London 1951.

Firman E. Bear m.fl.: Hunger signs in crops. Washington 1949.

Ferdinandsen og Buchwald: Fysiogene Plantesygdomme. København 1936.

O. Eckstein, A. Bruno und J.W. Turrentine: Kennzeichen des Kalimangels. Berlin 1937.)

Ugrasfloraen har ofte vært omtalt som en indikator på jordreaksjonen eller kalktilstanden.

Botanikerne har lenge villet skille mellom kalkplanter og surjordsplanter. De første skulle være karakteristiske for kalkrik, de siste for kalkfattig og sur jord. Til dels har en også skilt ut indifferente arter og andre grupper. På denne måte skulle ugrasartene kunne være til rettleiing om jordas kalktilstand. Småsyre (Rumex acetosella) og spergel (Spergula arvensis) m.fl. pleier en regne som mørkeplanter på sur og kalkfattig jord, mens hestehov (Tussilago farfara) o.a. skal kjennetegne jord med større kalkinnhold. (For å ta en avhandling om dette spørsmål fra de nordiske land viser jeg til C. Ferdinandsen: Undersøgelser over danske Ukrudsformationer paa Mineraljorder. Tidsskr. f. Planteavl, bd. 25, s. 629-919). Enkelte forskere har til og med ment at en ved floristiske undersøkelser skulle kunne bestemme jordreaksjonen nokså nøye.

Til alt dette er å si at mørkeplantenes forekomst ikke bare bestemmes av kalkinnhold eller jordreaksjon, men også i høg grad av mange andre vekstfaktorer. Ugrasarter som fortrinsvis holder seg til kalkrikere voksested, kan også opptre i større mengde på sur jord bare den er næringsrik. Småsyre regnes vel for å være en surjordsplante framfor de fleste, men den kan også vokse på virkelig kalkrik jord. Den gruppering av planteartene etter deres forhold til jordas reaksjon og kalkinnhold som skriver seg fra sydligere land, stemmer ikke alltid hos oss.

Her som ellers er det et samspill mellom vekstfaktorene, selv om en enkelt faktor kan bety mer for noen og mindre for andre arter.

Å trekke slutninger om kalktilstand og jordreaksjon ut fra ugrasfloraen må gjøres med kritikk. Sparsom forekomst av en enkelt merkeplante er ikke noe å legge vekt på. Opptrer derimot en slik art i større mengde, kan det være grunn til å se næyere etter. Men det er hele florabildet en må dømme etter. Finner en mest ugrasarter som skal tyde på sur jord, og lite av slike som fortrinsvis pleier opptre på kalkrikere jord, kan det være grunn til å legge vekt på det. Hvis det samtidig ser ut til å være noe i vegen med kulturvekstene, er det naturligvis dermed større grunn til mistanke om at det trenges kalking.

Det kreves iallfall stor erfaring for å kunne trekke slutninger om behovet for kalking ut av ugrasfloraens sammensetning.

(Utførligere oversikter om de tallrike eldre metoder til å undersøke næringstilstand og kalkbehov finnes bl.a. i:

F. Honcamp: Handbuch der Pflanzenernährung und Düngerlehre. Bd. II.

E. Blanck: Handbuch der Bodenlehre. Bd. VIII og Ergänzungsband I.

Walter-Ulrich Behrens: Die Methoden zur Bestimmung des Kali- und Phosphorsäurebedarfs landwirtschaftlich genutzter Böden. Berlin 1935.)