

Om kemiske Planteanalyser og deres Anvendelse.

Af F. Steenbjerg.

Ved kemiske Analyser af Kulturplanter, som har vokset i Agerjord, finder man, at Afgrødernes procentiske Indhold af et bestemt Plantenæringsstof varierer, naar Gødskningen med dette Plantenæringsstof varieres. Dette Forhold mente man tidligt at kunne gøre Brug af blandt andet paa den Maade, at en Bestemmelse af en bestemt Kulturplantens procentiske Indhold af et Plantenæringsstof maatte være et Maal for den paagældende Jords (og Afgrødes) Trang til dette Stof. Imidlertid viste det sig, at Gødningstrangen bestemt paa denne Maade varierede stærkt fra Aar til Aar, selv ved ensartet Gødskning med de øvrige Plantenæringsstoffer, fordi blandt andet Vejrliget har Indflydelse paa Planternes kemiske Sammensætning. Ogsaa Planternes Udviklingstrin spillede en betydelig Rolle, saaledes at en Sammenligning af Analyseresultaterne ogsaa af denne Grund var vanskelig eller umulig, naar Afgrødeprøverne blev udtaget paa forskellige Tidspunkter i Vækstperioden. En virkelig Sammenligning af Resultaterne var saaledes til syvende og sidst kun mulig ved Dyrkning af en bestemt Plantearart i f. Eks. Laboratoriet, d. v. s. under kontrollerede, stærkt afvigende Betingelser.

Dette hindrer imidlertid ikke, at Undersøgelser over Planternes procentiske Indhold af Plantenæringsstoffer under Markforhold eller i Naturen kan have diagnostisk Betydning, særlig hvis de anvendes samtidig med Iagttagelser gjort paa helt anden Maade. De Fremgangsmaader, der skal anvendes i de enkelte Tilfælde, maa dog selvfølgelig i nogen Grad rette sig efter de Forhold, som søges belyst.

Ved en saadan Brug af kemiske Planteanalyser er det selvfølgelig meget nødvendigt at vide, hvorledes det procentiske

Indhold af et Plantenæringsstof varierer, naar Jordens Indhold af dette Plantenæringsstof varierer. Fremkalder et stigende Indhold i Jorden af f. Eks. Fosfor altid et stigende procentisk Indhold i den undersøgte Planteart?

Til Belysning af dette Spørgsmaal anføres i det følgende enkelte Resultater, dels fra Markforsøg, dels fra Karforsøg. Jorden, hvori Kulturplanterne dyrkedes, tilførtes stigende Mængder af et af Plantenæringsstofferne Kvælstof, Fosfor, Kalium, Mangan eller Kobber. Afgrøderne, der dyrkedes i Renbestand, blev analyseret ved Modenhed, og Analyseresultaterne for Kornarter og Græs refererer sig kun til de overjordiske Organer. Fremgangsmaaden var i øvrigt i store Træk saaledes, at der f. Eks. i Forsøgene med Kvælstof tilførtes stigende Kvælstofmængder i Form af Nitrat eller Ammoniumion, samtidig med at de øvrige Plantenæringsstoffer blev givet i konstant Mængde. Eventuelle Variationer i Jordens Indhold af disse øvrige Gødningsstoffer kunde ikke korrigeres under Væksten. Med Hensyn til Enkeltheder vedrørende disse Undersøgelser maa der henvises til de i det følgende refererede Afhandlinger.

Det procentiske Indhold af Plantenæringsstoffer.

Ved Statens Planteavls-Laboratoriums Afdelinger for Agrikulturkemi og Jordbundskemi samt ved Statens Forsøgsstationers Laboratorier er der gennem Aarene udført et ret omfattende Analysearbejde blandt andet over Kulturplanternes Indhold af Kvælstof, Fosfor, Kalium, Mangan og Kobber. Det Analyse-materiale, der omfatter Kvælstof, Fosfor og Kalium, er i 1939 samlet og forelagt af *Kristensen* (1)¹). Den følgende Omtale og Diskussion af kemiske Planteanalyser sker for Kvælstofs, Fosfors og Kaliums Vedkommende især paa Grundlag af de Analyse-resultater, der er anført i dette Arbejde.

I Tabellerne 1 og 2 a findes eksempelvis et Uddrag af en Forsøgsrække med forskellige Handels-Kvælstofgødninger, som blev udført i Aarene 1932—36 ved Statens Forsøgsstationer (6). Ved Askov Lermark tilførtes stigende Kvælstofmængder i Form af Chilesalpeter (NaNO_3) til Korn, Græs, Roer og Kartoffler. Sædskiftet var følgende: 1. Rug 2. Runkelroer 3. Havre 4. Kartoffler 5. Hvede 6. Kaalroer 7. Byg 8. Timothe. Gødskningen var saaledes, at Rodfrugtafgrøderne forlods fik 100 kg Kvælstof pr. ha

¹) Tallene i Parentes henviser til Litteraturfortegnelsen Side 174.

Tabel 1. Det procentiske
Kvælstofindhold i Korn, Hø, Roer og Kartofler.
Askov Lermark. 1932—1936.

Gødskning	N i Tørstof				
	Hvede Kærne	Rug Halm	Havre Kærne	Runkelroer	Kaalroetop
0 Chilesalp. . .	1.47	0.36	1.45	1.03	2.72
$\frac{1}{2}$ do. . .	1.35	0.31	1.42	1.04	2.80
1 do. . .	1.45	0.32	1.51	1.24	2.97
$1\frac{1}{2}$ do. . .	1.68	0.32	1.59	1.35	3.02
	Hvede Halm	Byg Kærne	Havre Halm	Runkel- roetop	Kartofler
0 Chilesalp. . .	0.28	1.25	0.33	2.28	0.62
$\frac{1}{2}$ do. . .	0.26	1.22	0.29	2.23	0.70
1 do. . .	0.29	1.29	0.30	2.34	0.79
$1\frac{1}{2}$ do. . .	0.37	1.38	0.32	2.34	0.93
	Rug Kærne	Byg Halm	Timothe ¹⁾	Kaalroer	Kartoffeltop
0 Chilesalp. . .	1.33	0.33	1.25	1.33	1.66
$\frac{1}{2}$ do. . .	1.22	0.35	1.11	1.16	1.60
1 do. . .	1.21	0.35	1.25	1.25	1.66
$1\frac{1}{2}$ do. . .	1.24	0.38	1.41	1.34	1.69

¹⁾ Lundgaard 1931—1936. Ingen Bælgplanter.

Tabel 2a. Udbytte af og Merudbytte mod Ugødet,
hkg Kærne pr. ha, hkg Roetørstof pr. ha og hkg Hø pr. ha.
Askov Lermark. 1932—1936.

Afgøde	Ugødet	Chilesalpeter		
		$\frac{1}{2}$	1	$1\frac{1}{2}$
Hvede	18.5	9.5	15.9	18.4
Rug	14.2	5.0	9.4	13.4
Byg	26.3	6.9	12.1	15.2
Havre	25.6	6.5	10.9	12.1
Runkelroer	68.3	13.1	23.2	25.0
Kaalroer	80.6	12.0	16.5	18.4
Kartofler	32.5	17.0	22.2	24.7
Timothe (Hø) ¹⁾	8.3	9.7	18.2	23.7

¹⁾ Lundgaard 1931—1936. Ingen Bælgplanter.

i Staldgødning. Alle Afgøderne fik yderligere kvælstofholdig
Handelsgødning, og saaledes at »1 Chilesalpeter« til de forskel-
lige Afgøder svarede til følgende Kvælstofmængder:

Rodfrugt	60 kg N pr. ha
Hvede	60 » » »
Rug	40 » » »
Havre, Byg, Græs	30 » » »

Som Grundgødning anvendtes desuden til samtlige Afgrøder 200 kg 18 pCt. Superfosfat (36 kg P_2O_5) og 200 kg 40 pCt. Kaligødning (80 kg K_2O).

Af Tabel 1 fremgaar det, at man for Græsarternes Vedkommende (Kornarterne og Timothe) finder det højeste procentiske Indhold i Kærne og Halm, naar der ikke er givet Chilesalpeter. Disse Resultater viser saaledes, at Afgrødernes procentiske Kvælstofindhold ved stigende Kvælstofindhold i Jorden først falder, for dernæst ved yderligere stigende Kvælstofindhold i Jorden at stige. For Rodfrugters og Kartofflers Vedkommende er dette Forhold knapt saa udpræget, men det er her værd at bemærke, at netop disse Kulturplanter foruden Kvælstof i Chilesalpeter desuden har faaet tilført 100 kg Kvælstof i Staldgødning. Dette har formentlig betydet, at Jordens (Afgrødernes) Kvælstoftrang, selv om det drejede sig om Rodfrugter, der har et stort Kvælstofbehov pr. Arealenhed, ikke har været nær saa udtalt som for Kornarter og Græs. Rigtigheden af denne Betragtningmaade forstærkes, hvis man beregner Merudbyttets relative Værdier, d. v. s. Merudbyttets Størrelse i Forhold til Udbyttet paa den Jord, der ikke har faaet Kvælstof. En saadan Beregning findes i Tabel 2 a. Det ses, at det procentiske Merudbytte for $1\frac{1}{2}$ Chilesalpeter for Græsarterne varierer fra ca. 40 pCt. til ca. 290 pCt., medens det for Runkelroer, Kaalroer og Kartoffler kun svinger mellem ca. 20 og 30 pCt.

Lignende Resultater er opnaaet ved Tilsætning af stigende Mængder Ammoniumsulfat til Jorden i Stedet for Natriumnitrat (Chilesalpeter). Disse Resultater fra Forsøg med stigende Tilførsel af Kvælstof til Jorden tyder saaledes foreløbig paa, at man, naar Jordens tilgængelige Kvælstofindhold er særligt lavt i Forhold til den dyrkede Kulturplantens absolutte Kvælstofbehov pr. Arealenhed, vil iagttage, at Planternes procentiske Kvælstofindhold først falder og dernæst igen stiger ved Tilførsel af stigende Kvælstofmængder til Jorden.

Imidlertid maa det erkendes, at der i nogle af de udførte Markforsøg med Kvælstofgødninger er forekommet en Del Ukrudt samt Bælgplanter, hyppigst i Græs og i særlig Grad i de ikke kvælstofgødede Parceller. Dette er selvfølgelig et

Usikkerhedsmoment, idet Kvælstofanalyserne i Græsprøverne fra de ugødede Parceller derved kan blive relativt for høje. Netop ved Askov Lermark fandtes der især i Timothe en Del Bælgplanter. Kvælstofprocenterne for Timothe i Tabel 1 stammer derfor ikke fra Askov, men fra Lundgaard Forsøgsstation, hvor der ingen Bælgplanter fandtes.

De samme Bevægelser i Kvælstofprocenten finder man imidlertid ved Karforsøg, naar det anvendte Voksemedium er stærkt kvælstofmanglende. I Tabel 2 b anføres Resultaterne fra

Tabel 2 b.
Det procentiske Kvælstofindhold i Havre. Karforsøg.
Landbohøjskolen 1923 og 1924.

1923			1924		
Optaget g N pr. Kar	g Tørstof pr. Kar	pCt. N i Tørstof	Optaget g N pr. Kar	g Tørstof pr. Kar	pCt. N i Tørstof
0.097	16.4	0.59	0.09	15.1	0.60
0.200	36.4	0.55	0.32	57.3	0.56
0.316	55.7	0.57	0.69	103.3	0.67
0.505	84.7	0.60	1.51	174.6	0.86
0.745	113.3	0.68	2.29	191.5	1.20
1.117	145.5	0.77	3.06	193.2	1.58
1.597	166.8	0.96	3.39	178.7	1.90

to Serier Karforsøg med stigende Mængder Chilesalpeter til Havre. Forsøgene er udført af *Bondorff* (5) i Aarene 1923 og 1924. Som det ses, falder Resultaterne smukt i Traad med Resultaterne fra Forsøgsstationerne, og Karforsøgenes Resultater er ikke paavirket af Bælgplanter eller Ukrudt.

Ved nøjere at gennemgaa de af *Kristensen* (1) sammenstilte Analyser finder man for Kvælstofforsøgenes Vedkommende hyppigst, at Afgrødens procentiske Indhold af Kvælstof ved Tilførsel af stigende Kvælstofmængder til Jorden først falder og dernæst stiger. Hvis man dernæst gaar over til at se paa Resultaterne fra de Forsøg, der har været udført med Tilførsel af stigende Fosfor- og Kaliummængder til Jorden, opdager man, at et saadant Forløb for det procentiske Fosfor- og Kaliumindhold i Planterne ikke er nær saa hyppigt. For disse to Plante-næringsstoffer iagttages det i Virkeligheden hyppigere, at Planternes procentiske Indhold stiger jævnt med stigende Tilførsel til Jorden. Grunden hertil er dog næppe, at Fosfor og Kalium forholder sig principielt anderledes end Kvælstof, men snarere,

at dansk Jord og da specielt Jorden paa Statens Forsøgsstationer ikke er, hvad man kan kalde udpræget fosfor- og kaliummanglende. For det første indeholder dansk Jord, specielt Lerjord, betydelige Kaliummængder, hvoraf der hvert Aar frigøres en Del ved Forvitring; heller ikke Fosforindholdet er helt ringe, og der tilføres desuden aarlig gennemgaaende mere, end der bortføres. Hertil kommer yderligere, at Kalium og især Fosfor udvaskes yderst langsomt i Modsætning til Kvælstof, og desuden er Kulturplanternes Kaliumbehov og især deres Fosforbehov pr. Arealenhed betydelig mindre end deres Kvælstofbehov. Endelig er det i denne Forbindelse værd at fremdrage den Kendsgerning, at Udbyttekurven for Kalium og især for Fosfor er betydelig stejlere end for Kvælstof, d. v. s. Jorden kan udpines betydelig stærkere for Kalium og især for Fosfor end for Kvælstof, førend der bliver stærk eller udpræget Mangel. Alle disse Forhold vil være medvirkende til, at udpræget Fosfor- og Kaliummangel iagttages sjældnere end stærk Kvælstofmangel. Under Forudsætning af, at et Fald i det procentiske Indhold ved begyndende Tilførsel af et Næringsstof til Jorden er mest udpræget eller iagttages hyppigst, naar Jorden er meget fattig paa dette Næringsstof, giver det i det foregaaende fremførte Forklaringen paa, at man hyppigere finder dette Fald for Kvælstof end for Kalium og Fosfor.

En ret god Kontrol med Jordens eventuelle Mangel paa et Plantenæringsstof, d. v. s. Planternes Trang til dette Stof, kan man iøvrigt faa ved at lægge Mærke til, om der forekommer Mangelsymptomer paa de Kulturplanter, der vokser i Jorden. Hvert enkelt Plantenæringsstof og hver enkelt Kulturplante frembyder, naar der er Mangel, sine karakteristiske Mangelsymptomer. Mangel paa Kvælstof findes praktisk taget altid i vedvarende Forsøg med Kvælstof, og i det behandlede Kvælstofforsøg var Udbyttet (Tabel 2 a) uden Kvælstoftilførsel da ogsaa sunket saa meget, at der var udpræget Kvælstofmangel især i Korn og Græs, der ingen Staldgødning fik. I Modsætning hertil forekommer der meget sjældent udprægede Mangelsymptomer for Fosfor og Kalium, og det er da ogsaa en Erfarings sag, at hvis disse Mangelsymptomer skal ses, maa Jorden være betydelig mere udpint for disse to Plantenæringsstoffer, end den i Almindelighed er paa Forsøgsstationerne.

Vi skal herefter se paa forskellige Forsøgsrækker (Kar-forsøg), som blev udført i Aarene 1932 til 1941, og hvis primære

Formaal bl. a. var en Vurdering af Gødningsvirkningen af forskellige Mangan- og Kobberforbindelser m. m. (2), (3), (4). Til dette Formaal har Karforsøg den Fordel, at de kan udføres med betydelig større Sikkerhed end Markforsøg, desuden er den benyttede Jord meget ensartet, hvilket den sjældent er i Markforsøg, hvor saadanne Gødninger afprøves. Ved alle disse Karforsøg har der kunnet iagttages tydelige og karakteristiske Mangan- og Kobbermangelsymptomer, mest udbredt og mest karakteristisk i den Jord, som ikke fik Mangan eller Kobber. I Henhold til det foregaaende var der altsaa i disse Forsøgsrækker Mulighed for at finde, at en stigende Tilførsel af Mangan eller Kobber til Jorden først bevirkede et Fald i Afgrødernes relative Mangan- eller Kobberindhold og dernæst ved yderligere Til sætning til Jorden en Stigning.

Vi kan først se paa Karforsøgene, som blev udført i 1933 (2). Ved disse Undersøgelser tilførtes Jorden dels stigende Mængder Manganosulfat, dels Brunsten eller Reduktionsmidler som

Tabel 3. Tørstofudbytte (Kærne + Halm), Kærneudbytte og relativt Manganindhold. 1933.

mg Mn tilført pr. Kar	Kærneudbytte, g Tørstof	Tørstofudbytte, ialt g	Dele Mn pro Mill. Dele Tørstof	g Rørsukker pr. Kar	Kærneudbytte, g Tørstof	Tørstofudbytte, ialt g	Dele Mn pro Mill. Dele Tørstof
0	1.4	33.6	10.7	1.00	0.6	29.6	12.2
18.5	3.5	38.1	11.3	2.50	0.5	24.8	12.5
46	7.4	50.0	11.6	7.50	0.6	20.8	12.5
				g Na ₂ SO ₃ 7 H ₂ O pr. Kar			
92	15.1	59.8	11.9				
185	24.0	67.4	11.4	2.00	3.2	40.3	9.2
462	34.8	89.1	13.9	5.00	5.8	49.9	10.4
924	35.4	90.6	20.1	15.00	28.2	82.2	10.0
				g Brunsten pr. Kar			
1.00	1.2	29.8	11.7	1.50	16.9	71.8	11.8
2.50	0.9	27.7	13.0	3.00	19.6	70.5	14.0
7.50	0.6	22.1	12.2				
				g Brunsten pr. Kar			
1.50				1.50	8.5	53.5	13.3
2.00	2.3	34.7	12.4	3.00	19.2	64.2	12.5
5.00	11.5	52.7	11.4				
15.00	34.3	84.1	11.3				

Natriumsulfit og Rørsukker, idet Hensigten med Tilførselen af Reduktionsmidler var at reducere en Del af Jordens Mangandioxyder til Manganoforbindelser, som kan optages af Planterne. Som Afgrøde benyttedes Havre (Sejr-Havre). I de enkelte Forsøgsserier var Vandindholdet i Jorden enten 40 eller 60 pCt. af Vandkapaciteten. I Tabel 3 findes en Opgørelse, dels af Tørstofproduktionen, dels af Manganindholdet angivet som Dele Mangan (Mn) pro Million Dele Tørstof. Uden Mangantilførsel er Tørstofproduktionen meget lav. Fotografier af Afgrøderne (se (2)) viste desuden, at det drejede sig om typisk og stærk Mangangangel, i Samklang hermed var Jordens tilgængelige Manganindhold meget ringe. For at faa Overblik over disse Resultater er de i Figur 1 afsat i et Koordinatsystem, hvor Abcissen angiver

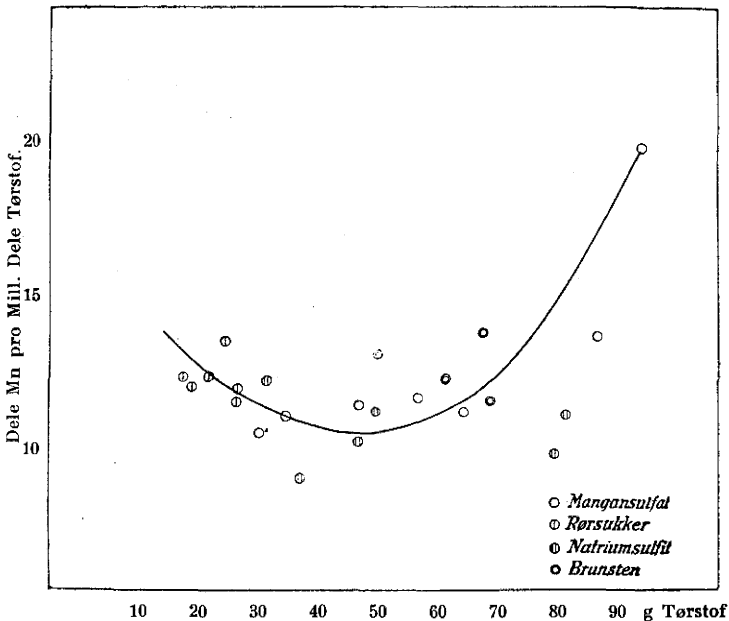


Fig. 1. Tørstofudbytte og relativt Manganindhold. 1933.

Afgrødens Størrelse udtrykt i g Tørstof (desto større Afgrøde, jo mere tilgængeligt Mangan i Jorden), medens Ordinaten angiver det relative Manganindhold i Afgrøden. Kurven er indtegnet paa fri Haand. Som det ses, er der først et Fald i det relative Manganindhold for de første Forøgelses af Tørstofproduktionen;

ved yderligere Stigning af Tørstofproduktionen passerer Afgrødens relative Manganindhold dernæst et Minimum for derefter at stige.

I 1936 udførtes nogle Karforsøg (3) til Undersøgelse af forskellige Havresorters Modstandsevne mod Manganmangel. Der anvendtes 7 forskellige Havresorter. De tre saakaldte lyse Havresorter, Hvid Odal-Havre, Ørn-Havre og Sejr-Havre lider altid paa manganmangelende Jord forholdsvis stærkt af Manganmangel, medens de 4 saakaldte mørke Havresorter, Mesdag-Havre, Fyris-Havre, Klock-Havre II og Lyngby Hede-Havre er forholdsvis modstandsdygtige. Saafremt Jordens tilgængelige Manganindhold nu var tilstrækkelig lavt, var der Grund til at vente, at man for de lyse Sorter eller dog for nogle af dem vilde kunne iagttage det typiske Fald og den paafølgende Stigning i Afgrødernes relative Manganindhold ved Tilførsel af stigende Mængder Mangansulfat til Jorden, medens dette ikke eller kun i mindre Grad skulde iagttages for de fire mørke Sorter. Som det ses i Tabel 4, hvor Resultaterne er gengivet, blev disse Bevægelser i det relative Manganindhold netop iagttaget. Ved Betrag-

Tabel 4. Tørstofudbytte (Kærne + Halm),
Kærneudbytte og relativt Manganindhold. 1939.

	Tørstofudbytte, ialt g			Kærneudbytte, g Tørstof			Dele Mn pro Mill. Dele Tørstof		
	g Mangansulfat			g Mangansulfat			g Mangansulfat		
	0	0.25	2.00	0	0.25	2.00	0	0.25	2.00
Hvid									
Odal-Havre	32.4	49.6	79.2	5.7	15.4	32.1	15.2	15.3	21.9
Ørn-Havre.	31.2	47.2	83.4	6.0	14.4	38.5	19.9	17.2	20.8
Sejr-Havre.	38.3	49.8	81.5	7.4	15.1	36.3	16.5	17.1	20.7
Mesdag-Havre	36.8	53.6	80.8	14.4	22.3	37.2	14.4	15.3	18.9
Fyris-Havre.	39.3	53.0	76.8	15.3	22.1	32.3	16.0	17.9	21.5
Klock-Havre	47.3	60.2	77.1	18.7	25.1	32.3	12.7	13.8	21.9
Lyngby									
Hede-Havre	48.1	58.4	87.1	19.7	25.8	37.7	13.1	13.4	18.4

ning af Resultaterne for de lyse Sorter ses det, at Ørn-Havre uden Tilførsel af Mangansulfat giver den mindste samlede Tørstofproduktion, medens Kærneudbyttet omtrent er som for Hvid Odal-Havre. I Henhold hertil findes for Ørn-Havren den forventede Gang i Afgrødens relative Manganindhold. For Hvid Odal-Havre er det relative Manganindhold praktisk taget kon-

stant fra 0 til 0.25 g Mangansulfat; derefter stiger Indholdet. Derimod kan det for Sejr-Havre iagttages, at Afgrødens relative Manganindhold stiger jævnt ved Tilførsel af 0.25 og 2.00 g Mangansulfat til Jorden. Ser vi dernæst paa Resultaterne fra de fire mørke Havresorter, hvor Tørstofudbyttet uden Mangansulfat er betydelig større end for de tre lyse Sorter, fremgaar det, at denne jævne Stigning i Afgrødens relative Manganindhold ved stigende Tilførsel af Mangan til Jorden er endnu mere udpræget end for Sejr-Havre.

Disse Undersøgelser antyder saaledes, at for samme Planteart — her Havre — vil man for de Sorter, der er mest følsomme for en bestemt forekommende Næringsstofmangel (her Mangangangel), finde, at Sammenhængen mellem Jordens Indhold af dette Næringsstof i tilgængelig Form (eller Tørstofproduktionen) og Planternes relative Indhold af dette Næringsstof kan gengives ved en Kurve, hvis Forløb først er faldende og dernæst efter at have passeret et Minimum stigende. For Sorter, der er mere modstandsdygtige overfor Mangel paa dette Næringsstof, finder man blot, at Plantens relative Indhold af dette Næringsstof stiger jævnt med stigende Tilførsel af Næringsstoffet til Jorden. I sidstnævnte Tilfælde iagttages den første faldende Gren af Kurven altsaa sjældnere; men der kan formentlig næppe være Tvivl om, at man ogsaa for saadanne Sorters Vedkommende vil kunne iagttage Kurven i hele dens Forløb, naar blot Jorden er manganfattig i særlig udpræget Grad, baade absolut og relativt.

Tabel 5.
Tørstofudbytte og relativt Kobberindhold. 1939—1941.

Behandling	g Cu tilført	g Tørstof ialt pr. Kar	g Kærnetørstof pr. Kar	Dele Cu pro Mill. Dele Tørstof
Grundgødet.....	0	7.4	0.1	16.6
Kobberkis I.....	0.56	52.4	4.6	8.3
do.	2.79	97.9	48.4	7.8
Bornit II.....	0.52	10.5	0.1	14.3
do.	2.59	24.4	0.3	10.9
Bornit I.....	0.52	79.9	29.3	7.1
do.	2.58	96.7	50.7	8.6
Malakit II.....	2.50	58.4	6.8	7.9
Malakit I.....	0.47	98.8	51.5	7.6
do.	2.34	103.2	53.2	9.3
Kobbersulfat.....	0.082	45.2	2.4	9.3
do.	0.128	84.3	34.7	6.4
do.	1.020	101.7	54.4	9.7

Til yderligere Belysning af disse Spørgsmaal skal der fremdrages nogle Resultater fra Karforsøg, som blev udført i Aarene 1939 til 1941 med det Formaal at sammenligne Kobbersulfats og forskellige Kobbermineralers Værdi for Planteproduktionen (4). Kobberminerallerne anvendtes i to Finhedsgrader I og II; Fraktionen med Betegnelsen I var den fineste. Som Afgrøde benyttedes Kenia-Byg. Af Tabel 5 fremgaar det, hvilke Kobbermineraller der anvendtes; ogsaa de tilførte Kobbermængder samt Tørstofudbyttet og dets relative Kobberindhold findes anført. Tallene er Gennemsnit for Aarene 1939—41. Kun i 1939 blev Jorden tilført de i Tabellen anførte Kobbermængder. I Figur 2 findes Resultaterne opført i et Koordinationssystem. Ordinaten

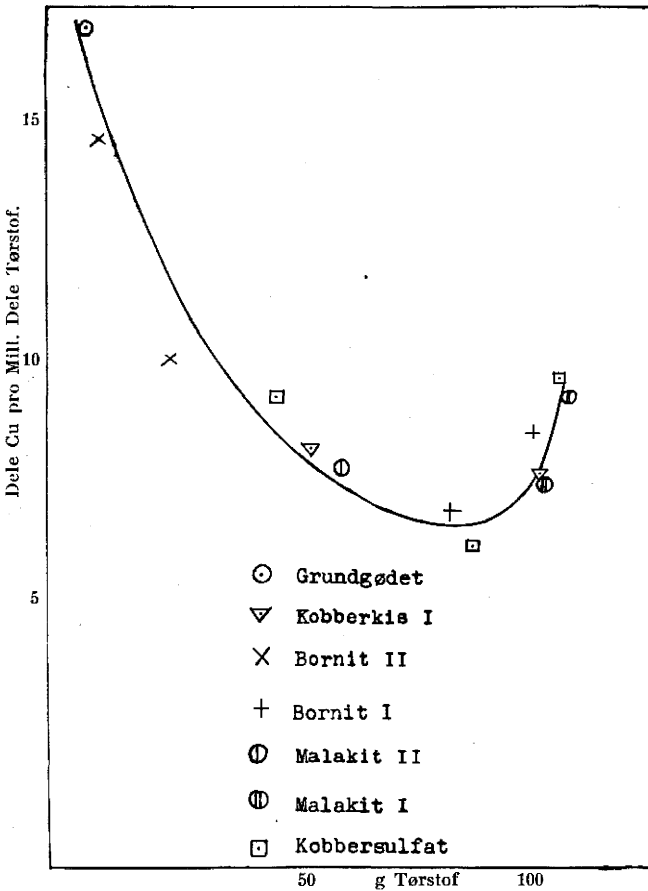


Fig. 2. Tørstofudbytte og relativt Kobberindhold. 1939—1941.

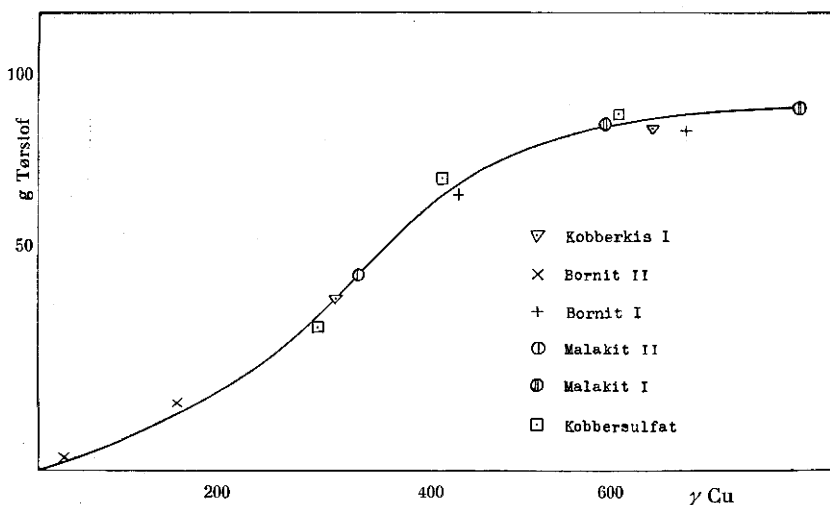


Fig. 3. Merudbytte og meroptaget Kobber. 1939-1941.

angiver det relative Kobberindhold i Dele Kobber (Cu) pro Million Dele Tørstof, medens Abcissen angiver det høstede Tørstofudbytte. Kurven er indtegnet paa fri Haand. Jo større Tørstofudbytte, der er høstet, desto større var Jordens tilgængelige Kobberindhold. Det samme fremgik iøvrigt af Kobbermangelsymptomernes Styrke, som aftog jævnt med stigende Tørstofudbytte.

Kurven i Figur 2, der gengiver Sammenhængen mellem det relative Kobberindhold og Tørstofudbyttet, er endnu mere udpræget end de i det foregaaende anførte. Særlig Faldet i det relative Kobberindhold ved de første smaa Forøgelse af Jordens Kobberindhold er stærkt udtalt. Der er i denne Forbindelse Grund til at bemærke, at Tørstofudbyttet fra den ikke kobbergødede Jord kun var 7.4 g, hvilket i Forhold til det højeste mulige Udbytte under de givne Omstændigheder er betydeligt mindre, end der maalttes i Karforsøgene med Mangan.

Almindelige Betragtninger.

De forelagte Resultater fra Undersøgelser over Kvælstof, Fosfor, Kalium, Mangan og Kobber viser saaledes, at man ved Tilførsel af stigende Mængder af et af disse Plantenæringsstoffer til Jorden kan finde, at Afgrødens relative Indhold af dette Plantenæringsstof først vil falde efter Tilførsel af de første smaa

Mængder af dette Næringsstof til Jorden, for dernæst efter en yderligere Tilførsel til Jorden at passere et Minimum (svarende til Kurvens Vendepunkt i Figur 3) og igen stige. Dette gælder muligvis for alle de saakaldte mineralske Plantenæringsstoffer. Denne faldende og stigende Kurve for Plantens procentiske Indhold af et af disse Næringsstoffer iagttages imidlertid kun, hvis man ved Prøveudtagningen bevæger sig fra meget næringsstoffattig over svagt næringsstoffattig til næringsstoffrig Jord. Hvorvidt Jorden maa betegnes som næringsstoffattig eller næringsstoffrig, afhænger formentlig ogsaa af Plantearten. Et Eksempel viser, at det kan afhænge af Sorten.

Paa Jorder, der er forholdsvis rige paa det Næringsstof, hvis Forhold man i denne Henseende ønsker at undersøge, vil man ikke kunne iagttage noget Fald i det relative Indhold af et bestemt Næringsstof ved de første smaa Mængder, som tilføres Jorden; man vil kun iagttage en fortsat jævn Stigning af Planternes relative Indhold ved stigende Tilførsel til Jorden. For visse Plantenæringsstoffer som f. Eks. Fosforsyre og Kalium iagttages dette sidste Forhold hyppigst, i al Fald paa Agerjord.

Den for det enkelte Plantenæringsstof iagttagne faldende og stigende Kurve for Plantens relative Indhold af dette Plante-næringsstof maa formentlig forklares derved, at Plantens — specielt Græsarternes — Produktion af Støttevæv og Stivelse stiger relativt kraftigere end Næringsstoffoptagelsen ved de første smaa Tilskud til Jorden af vedkommende Plantenæringsstof indtil Vendepunktet (se Figur 3) naas; derefter kan Dannelsen af Støttevæv og Stivelse ikke holde Trit med Optagelsen af vedkommende Næringsstof ved fortsat Næringsstofftilførsel. Hvis man altsaa afsætter en Række sammenhørende eksperimentelle Data for Tørstofproduktion og Næringsstoffoptagelse i et Koordinationssystem f. Eks. saaledes, at Abcissen angiver den optagne Mængde af et bestemt Næringsstof, medens Ordinaten angiver Tørstofproduktionen, saa vil den indtegnede Kurve blive S-formet (se Figur 3). Dette synes altsaa at gælde for Græsarter og maaske ogsaa for Rodfrugter; muligvis gælder det for alle Planter.

Hvis man eksempelvis analyserer Hvede fra et Forsøg med stigende Kvælstofmængder, vil man finde, at Proteinindholdet er højest i Hvedepøver (Kærne + Straa) fra den ikke kvælstof-gødede Jord samtidig med, at Indholdet af Støttevæv og Stivelse er lavt (tvemodent Korn). Ved begyndende Kvælstofftilførsel øges

Mængden af Støttevæv og Stivelse relativt kraftigere end Proteinindholdet, indtil Vendepunktet naas, hvorefter Proteinindholdet ved fortsat Kvælstoftilførsel stiger relativt stærkere end Indholdet af Støttevæv og Stivelse. I et Bygforsøg med stigende Tilførsel af f. Eks. Kobbersulfat (eller Mangansulfat) kan man desuden umiddelbart se og føle, at de Planter, der gror i Jord uden Kobbertilførsel, er slappe og bløde, ligesom der i extreme Tilfælde ingen Kærne (Stivelse) dannes; ogsaa Antallet af grønne Basalskud er her stort (med et højt relativt Kobberindhold i Tørstoffet). Ved stigende Kobbertilførsel forsvinder de grønne Basalskud, Stængler og Blade bliver stivere, og der dannes mere og mere Kærne. Dernæst naas Vendepunktet, hvorefter Dannelsen af Støttevæv og Stivelse ved fortsat Kobbertilførsel tiltager relativt langsommere end Kobberoptagelsen.

Ved Undersøgelser af, om Kulturplanter (og Jord) bør tilføres f. Eks. Kobber som Gødning, har man i ret udstrakt Grad benyttet Afrødernes relative Kobberindhold til Vurdering af Kobbermangelens Styrke. Fremgangsmaaden er den, at man i Marken i nærstaaende Partier af samme Kulturplante, samme Afrøde, udtager Plantepøver, som derefter analyseres for Kobber. I Henhold til det foregaaende er det imidlertid indlysende, at det relative Kobberindhold i saadanne Prøver ikke kan være nogen paalidelig Rettesnor for Kobbermangelens Styrke. Man har da ogsaa ved den Art Undersøgelser ved flere Lejligheder fundet snart et højere, snart et lavere relativt Kobberindhold i Plantepøver, der til Sammenligning var udtaget i henholdsvis kobbermangelende og svagere kobbermangelende Afrøder, eller Kobberindholdet har været omtrent lige stort. Ogsaa Forfatteren har gentagne Gange ved Undersøgelser over det relative Mangano- og Kobberindhold i Planter (ogsaa ikke fuldmodne Planter) udtaget i Marken fundet dette tilsyneladende mærkelige Forhold. Enhver Anvendelse af den samlede Afrødes relative Indhold af f. Eks. Kobber som Udtryk for en større eller mindre Kobbermangel er derfor betænkelig, saafremt det kun drejer sig om en Sammenligning af to eller tre Plantepøvers Indhold. Skal saadanne Analyser være til Støtte for andre Iagttagelser, kan man selvfølgelig ikke paa Forhaand antage, at man befinder sig i det ene eller det andet Omraade af den Kurve, der angiver Sammenhængen mellem Planternes relative Kobberindhold og Kobbermangelen. Kan man derimod skaffe sig et System af saadanne Maalinger, hvis Resultater karakteriseres ved, at det

relative Kobberindhold først falder ved stigende Afgrødestørrelse, og dernæst ved yderligere Stigning i Afgrødens Størrelse igen stiger, ja, saa er dette et ret stærkt Indicium for, at der forekommer Kobbermangel paa den Jord, hvor den mindste Afgrøde med det store relative Kobberindhold er udtaget. Yderligere Hjælp til Vurderingen vil man saa kunne faa i Henhold til eventuelt forekommende Mangelsymptomers Styrke, ligesom ogsaa Analyser af Jordens tilgængelige Kobberindhold (eller Mangan, Fosfor og Kalium) vil være i høj Grad vejledende. De kemiske Planteanalyser bør altsaa anvendes med Forsigtighed og Reservation og kun som et enkelt Led i en Bevisrække.

De foregaaende Overvejelser er som tidligere anført foretaget paa Grundlag af Analyser af modne Afgrøder¹⁾; det vil for Græssernes Vedkommende sige Gulmodenhedsstadiet, for Rodfrugternes Vedkommende det Stadium, der er karakteriseret ved en Visning af de yderste Topblade og ved, at Tørstoftilvæksten ophører. Alle Afgrøderne har desuden vokset i Højbundsjord (Mineraljord). Hvorledes de behandlede Problemer stiller sig paa andre Stadier i Vækstperioden er ikke undersøgt, og saavidt vides findes der heller ikke tilstrækkeligt omfattende Materiale fra Karforsøg og Markforsøg til Belysning af dette Spørgsmaal.

Undersøgelsen af, hvorledes det procentiske Indhold af et Plantenæringsstof i den modne Afgrøde varierer, naar Jordens Indhold af dette Plantenæringsstof øges, er kun en enkelt Side af Problemet. Det var saaledes nærliggende at spørge, hvorledes Afgrødens relative Indhold af andre Plantenæringsstoffer varierede ved Tilførsel til Jorden af stigende Mængder af et bestemt Plantenæringsstof, et Spørgsmaal der heller ikke er uden Interesse set fra de Synspunkter, som her, er gjort gældende. I enkelte Markforsøg kan man f. Eks. finde, at Afgrødernes relative Fosforindhold falder, naar Jordens Kvælstofindhold og Høst-udbyttet stiger. Dette Eksempel viser altsaa, at stigende Kvælstof-tilførsel og dermed stigende Tørstofproduktion kan give Anledning til, at Afgrødens relative Indhold af et andet Plantenæringsstof falder. Den Mulighed synes imidlertid ogsaa at foreligge, at det relative Indhold af det andet Næringsstof under saadanne Forhold kan stige. Det er f. Eks. flere Gange konstateret, at særlig kraftig Gødskning med Fosfor eller med Kalium og Kvælstof kan frembringe endog meget stærke Kobbermangelsymptomer,

¹⁾ Timothe blev dog høstet i grøn Tilstand.

ligesom Afgrøden bliver meget lille. Under saadanne Omstændigheder maatte der være Mulighed for at finde et stigende relativt Kobberindhold med stigende Gødskning med f. Eks. Fosfor. Desværre er dette saavidt vides aldrig undersøgt.

Spørgsmaalet om de kemiske Planteanalyser og deres Brug er selvfølgelig ikke fuldgyldigt løst med en Undersøgelse af, hvorledes Plantens relative Indhold af et bestemt Næringsstof varierer, naar Jordens Indhold af dette Næringsstof varierer. Det maa nemlig erindres, at der her opereres med tre eller snarere fire Størrelser, der er stærkt indbyrdes forbundne. 1) Tørstofudbyttet pr. Arealenhed (pr. Plante), 2) Næringsstofoptagelsen pr. Arealenhed (pr. Plante), 3) Plantemassens relative Næringsstofindhold, samt endelig 4) Jordens Indhold af Plantenæringsstof i tilgængelig Form. En Ændring af f. Eks. Jordens Indhold vil saaledes ikke blot influere paa Optagelsen af dette Næringsstof, men ogsaa paa de andre Næringsstoffers Optagelse og paa Tørstofproduktionen. En fuldstændig Udredning af dette komplicerede S sammenspil vilde kræve et meget stort Forsøgsmateriale.

English Summary.

On Chemical Analyses of Plants and Their Use.

On the basis of crops grown in pot experiments and in field experiments it is shown that the relationship between the percentage of a plant nutrient in the dry matter and the amount given to the soil of the plant nutrient in question is expressed by a curve which first falls and then rises as the content of the plant nutrient increases in the soil. When the same experimental results are shown in a system of co-ordinates where the ordinate expresses the amount of dry matter formed while the abscissa gives the amount of plant nutrient absorbed, the experimental results present an S-shaped curve, the point of inflexion of which corresponds with the minimum of the curve above mentioned. It must be born in mind, however, that such a curve has only been observed when the soil in which the plants grow pass from very deficient, to less deficient and rich in the nutrient in question.

All the crops were analysed at maturity, with the exception of grass, which was analysed in the green state (hay). The problem is discussed with respect to nitrogen, phosphorus, potassium, manganese and copper.

The above mentioned observations seem to explain several peculiar results observed in field work, in which it is tried to

show by means of plant analyses that one soil is richer in a certain plant nutrient than another. Thus by sampling crops in the field it is often found that the sample which represents a crop seemingly most deficient in e. g. copper has the highest percentage of this plant nutrient in the dry matter. So it seems necessary to use chemical plant analyses with caution and some reservation as diagnostic criteria of the deficiency of soils and crops in plant nutrients. At any rate they never ought to be used alone, but always in connection with other methods of observation. A general discussion of the value of plant analyses for this purpose is offered.

Finally it is pointed out that experimental evidence tends to show that other problems and possibilities exist which may complicate the problem discussed above. Experimental results from plants grown in soil which might contribute to elucidate these problems, however, are not yet available.

Litteratur.

1. *Kristensen, R. K.*: Danske Afgrødeanalyser. Tidsskrift for Planteavl. 43. 829. 1939.
 2. *Steenbjerg, F.*: Undersøgelser over Manganindholdet i dansk Jord. II. Det ombyttelige Mangan og dets Afhængighed af Gødskning og Jordbehandling. Tidsskrift for Planteavl. 40. 337. 1934.
 3. *Steenbjerg, F. og Boken, E.*: Karforsøg til Belysning af nogle Havresorters Gødskning med Mangansulfat. Tidsskrift for Planteavl. 43. 819. 1939.
 4. *Steenbjerg, F.*: Kobber i Jord og Kulturplanter. II. Undersøgelser over Kobbermineralers Gødningsværdi. Tidsskrift for Planteavl. 47. 557. 1943.
 5. *Bondorff, K. A.*: Landbrugets Jorddyrkning. II. 1939. Siderne 243 og 262.
 6. *Iversen, Karsten og Wested, Jacob*: Forsøg med forskellige Kvælstofgødninger 1922—38. Tidsskrift for Planteavl 44. 273. 1940.
-