

Om afgrødernes mineralstofindhold

Af AAGE HENRIKSEN

Langt den overvejende del af landbrugets afgrøder anvendes til foder for husdyrene, som derigennem får tilført energi og protein til opretholdelse af livsvirksomhed og til produktion. Samtidig tilføres en række andre stoffer, heriblandt mineralstoffer, hvis tilstedeværelse er en nødvendig forudsætning for dyrenes trivsel og dermed for optimal udnyttelse af det tilførte foder. Mangel på eller forkert balance mellem de enkelte mineralstoffer i foderet medfører i lettere tilfælde nedsat produktion, i sværere tilfælde forskellige sygdomstilstande eller dødsfald, og de tab, som herved påføres husdyrbruget, har været i afgjort stigning gennem de senere år.

Årsagerne hertil er flere, men må væsentligst søges i den stærke intensivering som har fundet sted, såvel i planteavlen som i husdyrbruget, samt i rent produktionstekniske ændringer. Ved anvendelse af stigende mængder af eensidige gødninger forskydes forholdet mellem de enkelte mineralstoffer i afgrøderne ofte ret drastisk, hvilket måske ikke medfører problemer så længe der praktiseres en alsidig fodring af relativt lavtydende dyr. Kræver man derimod en høj ydelse indsnævres tolerancen overfor fejl i fodersammensætningen, og risikoen øges, jo mere eensidigt fodringen tilrettelægges.

Mangler ved foderets mineralstofsammensætning kan som oftest ophæves ved tilskud af passende mineralstofblandinger, men dette forudsætter kendskab til det anvendte foders indhold. Til støtte herfor foreligger tabeller over middelværdier af fodermidlernes mineralstofindhold, der imidlertid alle stort set bygger på de af P. CHRISTENSEN (1927) og R. K. KRISTENSEN (1938) offentliggjorte analyser, suppleret med materiale fra vore nabolande. Disse tal kan næppe anses for repræsentative idag, idet de hidrører fra andre sorter og stammer af afgrøder, dyrket ved et betydelig lavere gødskningsniveau, og for det udenlandske ma-

teriales vedkommende tillige under andre jordbunds- og klimaforhold. Det må derfor anses for påkrævet, at vor viden om afgrødernes mineralstofindhold på planteavlens nuværende stadi bliver udvidet og ført á jour.

Ved Statens Planteavls-Laboratorium i Vejle er der gennem de senere år udført et ret betydeligt antal mineralstofbestemmelser i forskellige afgrøder, dels i tilknytning til markforsøg på statens forsøgsstationer og i den lokale forsøgsvirksomhed, og dels i forbindelse med laboratoriets løbende arbejdsopgaver. Endvidere er der foretaget et antal bestemmelser i prøver af foderbeholdningen på forskellige ejendomme. Det således foreliggende analysemateriale er langt fra tilstrækkeligt repræsentativt eller omfattende til at løse spørgsmålet om den påkrævede revidering og udvidelse af vort kendskab til grovfodermidternes mineralstofindhold. Da det imidlertid på flere punkter kan yde et bidrag hertil, skal der i det følgende gøres rede for en del af de fundne resultater, som forhåbentlig inden længe kan indgå i en større samlet undersøgelse af problemet.

Afgrødemateriale

Som nævnt i indledningen er en væsentlig del af mineralstofbestemmelserne foretaget i afgrøder fra markforsøg, hovedsagelig gødningsforsøg. Dette er først og fremmest tilfældet for analyserne af græsmarksafgrøder, der udgør langt den største del af materialet. De fleste af disse resultater er tidligere offentliggjort (se litteraturhenvisningerne), men i alle sådanne tilfælde er der enten foretaget sammendrag af forskellige opgaver, udført yderligere analyser eller foretaget supplerende bearbejdning af analysemateriale udfra foreliggende oplysninger om afgrøde- og dyrkningsforhold. Formålet hermed har været at belyse en række af de faktorer, som øver indflydelse på mineralstofsammensætningen i græsafgrøder. Den anden gruppe af materialet, der omfatter prøver uden for forsøg og med kun een prøve fra hver lokalitet, er sammenstillet i tabeller, der angiver de fundne midtetal og variationsbredden for de enkelte mineralstoffer og afgrøder; hvor materialet er skønnet tilstrækkeligt stort hertil, er

der tillige foretaget en beregning af den procentiske fordeling af resultaterne.

Resultater

Tabel 1 giver en oversigt over mineralstofindholdet i undersøgte prøver af kærne, halm, bederoer, kålroer og ensilage af bederoetop. Alle prøverne stammer fra forskellige lokaliteter, men det undersøgte antal er alt for lille til, at middeltallene kan anses for repræsentative. Derimod giver de anførte tal et indtryk af den overordentlig store variation som forekommer i indholdet af de

Tabel 1. Middeltal og variationsbredde for indhold af Ca, Mg, K, Na og P i forskellige afgrøder

Stof	% i tørstof				
	kærne 14 prøver	halm 5 prøver	bederoer 9 prøver	kålroer 9 prøver	roetopens. 7 prøver
Ca Gns.	0.06	0.32	0.18	0.44	1.40
Variation.	0.04-0.08	0.26-0.36	0.12-0.26	0.30-0.59	1.04-1.75
Mg Gns. ¹	0.14	0.09	0.14	0.11	0.26
Variation.	0.09-0.18	0.07-0.12	0.10-0.22	0.08-0.18	0.14-0.45
K Gns.	0.55	1.52	2.10	2.50	2.81
Variation.	0.44-0.69	0.83-1.61	1.01-2.82	1.83-3.62	2.35-3.16
Na Gns.	0.02	0.04	0.20	0.16	0.57
Variation.	0.01-0.03	0.02-0.08	0.06-0.34	0.09-0.24	0.15-0.98
P Gns.	0.34	0.12	0.20	0.38	0.25
Variation.	0.25-0.42	0.07-0.18	0.16-0.23	0.33-0.40	0.15-0.36

1. Gns. af henholdsvis 74, 13, 25, 9 og 7 prøver.

enkelte mineralstoffer i samme fodermiddel, og det er givet, at de angivne variationsbredder yderligere vil udvides ved undersøgelse af et større prøvemateriale. Hovedindtrykket må derfor blive, at det vil være vanskeligt at angive generelle retningslinier for mineralstofftilskud, baseret på middeltal alene.

Årsagerne til de betydelige variationer må søges i en lang række faktorer, først og fremmest forskelle i gødskning, jor-

dens reaktions- og gødningstilstand, jordtype samt klimatiske forhold (se f.eks. Beretning nr. 16 fra gødningsudvalget under Akademiet for de tekniske Videnskaber, 1951). Ved rent statistisk bearbejdning af et tilstrækkeligt stort materiale af mineralstofbestemmelser efter een eller flere af de nævnte faktorer vil det derfor være muligt at indsnævre variationsbredden en del. Dette vil være af værdi for konsulenter og praktikere, som på grundlag af kendskab til lokale forhold skal anvende talmaterialet som basis for vurdering af en given afgrødes mineralstofindhold.

En sådan bearbejdning er foretaget i et større materiale af mineralstofbestemmelser i græsmarksafgrøder, hvis resultater beskrives i det følgende. Forholdene er her betydelig mere komplicerede end for de øvrige afgrøder, idet en græsafgrødes mineralstofindhold yderligere påvirkes af slættidspunkt, udviklingstrin og botanisk sammensætning, og sidstnævnte påvirkes tillige af gødskning, specielt med kvælstof, hvoraf følger, at gødskningens direkte virkning kun lader sig undersøge på græsmarksplanter i renbestand.

Tabel 2. Græsmarksafgrødernes indhold af mineralstoffer

Stof	Ant. prøver	% i tørstof		% prøver i grupper efter % i tørstof					
		gns.	variation	< 0.40	0.40-0.60	0.61-0.80	0.81-1.00	1.01-1.20	> 1.20
Ca	148	0.80	0.30-1.47	3	26	27	23	14	7
Mg	148	0.16	0.09-0.32	7	31	33	18	8	3
K	143	2.77	1.62-4.15	1	8	21	27	30	13
Na	16	0.11	0.04-0.37	7	55	19	7	7	7
P	100	0.34	0.19-0.59	6	28	29	27	9	1

I tabel 2 er vist en oversigt over mineralstofindholdet i græsmarksafgrøder fra 148 lokaliteter. Prøvematerialet stammer fra (1) undersøgelser vedrørende græstørstoffets mineralstofindhold og antal tilfælde af græstetani hos malkekøer (JACOBSEN, 1961), (2) forsøg med kalksalpeter og kalkkammonsalpeter til kløvergræs (JACOBSEN, 1963, 1964), (3) kvalitetsundersøgelser i græsafgrøder til ensilering (OLESEN, 1965) og (4) prøver fra græsmarker uden for forsøg. Prøverne blev udtaget fra 10/5 til 15/7 for gruppe (1), 15/5 til 15/6 for gruppe (2), 7/6 til 12/8 for gruppe (3) og gennem hele vækstperioden for gruppe (4).

Variationsbredden for indholdet af de forskellige mineralstoffer i græsmarksafgrøder er endnu større end for de i tabel 1 nævnte afgrøder, idet de fundne maksimalindhold gennemgående er 3-4 gange højere end de minimale. Som mineralstofkilde for dyrene er »græs« således et højst uensartet fodermiddel. Ud fra resultaterne af foreliggende undersøgelser søges indflydelsen af nedennævnte variationsfaktorer belyst i det følgende:

1. Botanisk sammensætning
2. Årstidsvariation
3. Udviklingstrin
4. Jordens gødningstilstand
5. Gødskning

1.) I tabel 3 meddeles resultater af mineralstofbestemmelser i kløver- og græsarter fra 5 lokaliteter. Alle prøverne blev udtaget i ca. 0,1 m² store udsnit af ikke-afgræssede 1. års marker i midten af maj, og derefter sorteret ud i de forskellige forekommende arter. På grund af prøveudtagningsfelternes ringe udstrækning må variationer i mineralstofindhold som følge af forskelle i jordbundsforhold, gødskning og klima indenfor den enkelte lokalitet anses for praktisk taget eliminerede.

På samtlige prøveudtagningsfelter har rødkløver lidt lavere calciumindhold end hvidkløver, og ligeledes er der en tydelig aftagende linie i græssernes calciumindhold fra rajgræs over timothe til hundegræs. Groft taget er kløverarternes indhold af calcium ca. 3 gange højere end græsarternes. Derimod er der ingen sikker indbyrdes forskel på kløver- og græsarternes magnesiumindhold, men kløverens magnesiumindhold ligger ca. dobbelt så højt som

Tabel 3. Mineralstofindhold i rene kløver- og græsarter fra 5 lokaliteter

Lokalitet og art	% i tørstof				
	Ca	Mg	K	Na	P
I: Rødkløver	1.48	0.28	3.90	0.022	0.47
Hvidkløver	1.62	0.23	3.79	0.065	0.47
Rajgræs	0.49	0.13	3.54	0.028	0.47
Timothe.....	0.37	0.12	3.51	0.010	0.51
Hundegræs	0.30	0.12	3.97	0.021	0.43
II: Rødkløver	1.29	0.26	3.73	0.015	0.47
Hvidkløver	1.61	0.26	4.47	0.086	0.53
Rajgræs	0.51	0.12	4.67	0.025	0.52
Timothe.....	0.38	0.12	4.67	0.009	0.59
III: Rødkløver	1.52	0.26	3.65	0.018	0.45
Hvidkløver	1.66	0.28	3.88	0.045	0.48
Rajgræs	0.45	0.13	3.47	0.010	0.48
Timothe.....	0.37	0.12	3.35	0.008	0.48
IV: Rødkløver	1.28	0.27	3.97	0.017	0.50
Hvidkløver	1.52	0.23	3.97	0.044	0.49
Rajgræs	0.45	0.12	3.58	0.020	0.43
V: Rødkløver	1.57	0.25	3.83	0.024	0.45
Rajgræs.....	0.56	0.14	3.85	0.047	0.44
Timothe.....	0.38	0.14	4.01	0.008	0.53
Hundegræs	0.34	0.16	3.78	0.026	0.45
Middeltal:					
Rødkløver (5) ...	1.43	0.26	3.83	0.019	0.47
Hvidkløver (4) ...	1.60	0.25	4.03	0.060	0.49
Rajgræs (5) ...	0.49	0.13	3.82	0.026	0.47
Timothe (4) ...	0.38	0.13	3.89	0.009	0.53
Hundegræs (2) ...	0.32	0.14	3.87	0.024	0.44

græssernes. Kaliumindholdet svinger en del, men udviser ingen sikre forskelle imellem arterne. Natriumindholdet er ubetydeligt, og kun hvidkløver og timothe skiller sig tydeligt ud med henholdsvis højeste og laveste indhold. Hvad fosforindholdet angår kan ingen sikre forskelle mellem de enkelte arter påvises.

Det anførte om græsarternes indhold af calcium, magnesium og natrium stemmer ganske overens med resultater af tidligere

undersøgelser (HENRIKSEN, 1960), men det vil være af betydning at få undersøgt, om den fundne relation mellem kløver- og græsarternes mineralstofindhold består uændret hele vækstperioden igennem og ved forskelligt udviklingstrin.

Tabel 4. Korrelationen mellem græsafgrødernes kløverprocent og tørstoffets indhold af Ca, Mg og K; 1. slæt

Græsmarkstype	Antal prøver	% kløver, gns.	% i tørstof					
			Ca		Mg		K	
			gns.	variation	gns.	variation	gns.	variation
Ren græsblanding	2	0	0.40	0.37-0.42	0.10	0.09-0.11	2.56	2.34-2.97
≤ 50 pct. kløver..	16	30	0.78	0.45-0.95	0.16	0.12-0.19	3.26	2.47-4.15
> 50 pct. kløver.	15	60	0.94	0.68-1.40	0.17	0.12-0.22	3.33	2.50-3.97
Alle prøver.....	33	42	0.82	0.37-1.40	0.16	0.09-0.22	3.21	2.34-4.15

I tabel 4 er vist en opgørelse af analyseresultater fra forsøg med kalksalpeter og kalkammonsalpeter til græs, 1962 og 1963. Der er kun medtaget resultater fra 1. slæt af de grundgødede led fra hvert forsøgssted. Ved inddeling af materialet efter kløverprocent findes, som det skulle ventes, en tydelig korrelation mellem kløverprocenten og tørstoffets indhold af calcium og magnesium. Variationsbredden for de to stoffer, specielt for calcium, indsnævrer sig følgende en del når kløverprocenten tages i betragtning ved vurderingen; at dette ikke er mere udpræget, må tilskrives dels de varierende jordbundsforhold og slættider, dels den usikkerhed som knytter sig til de anvendte kløverprocenter. Disse gælder ikke specielt for det analyserede 1. slæt, men er opgivet som gennemsnitstal for hele vækstperioden. På grund af dette forhold og det stærkt begrænsede prøvetal er der ikke foretaget underopdeling af de tre grupper efter kalium- og magnesiumantal.

2.) Årstidsvariationen i græsmarksafgrødernes mineralstofindhold er ret betydelig som omtalt i et tidligere arbejde (HENRIKSEN, 1960). De heri beskrevne undersøgelser var imidlertid udført på en speciel jordtype (Højer) og tildels også i en speciel græsmarkstype, men senere forsøg under varierende jordbundsforhold og med forskellige græsmarkstyper viser samme linie. Forholdet

Tabel 5. Årstidsvariationen i græsafgrødernes mineralstofindhold, gns. af 4 forsøg med rent græs og 5 forsøg med kløvergræs

Slæt: Dato, ca:	Rent græs				Kløvergræs			
	1. ²⁵ / ₅	2. ¹ / ₇	3. ¹⁵ / ₈	4. ¹ / ₁₀	1. ²⁵ / ₅	2. ¹ / ₇	3. ¹⁵ / ₈	4. ¹ / ₁₀
% i tørstof, gns.: Ca...	0.42	0.64	0.58	0.52	0.79	1.00	1.43	1.21
» » Mg...	0.15	0.20	0.21	0.20	0.17	0.20	0.27	0.24
» » K...	3.52	3.06	2.96	2.93	3.10	2.19	2.67	3.06
» » P....	—	—	—	—	0.38	0.31	0.38	0.47

fremgår af tabel 5, hvor gennemsnitstal for indholdet af forskellige mineralstoffer i 4 slæt er angivet. I såvel 4 forsøg i rent græs som 5 forsøg i kløvergræs forekommer det laveste calcium- og magnesiumindhold i 1. slæt; derefter sker en stigning indtil det højeste indhold nås i 2. eller 3. slæt, hvorpå indholdet falder til den næstlaveste værdi i 4. slæt. Variationen i kalium- og fosforindholdet forløber omvendt og det højeste kalium- og fosforindhold findes gennemgående i henholdsvis 1. og 4. slæt. Se iøvrigt kløvergræs- og græstørstoffets mineralstofindhold ved forskellige antal slæt gennem vækstperioden (BENTHOLM og JESSEN, 1963).

Årstidsvariationen er mest udpræget for kløvergræssets vedkommende, hvilket skyldes, at sommerslættene som regel har et højere kløverindhold end forårs- og efterårsslættene. Dette indvirker fortrinsvis på afgrødens calcium- og magnesiumindhold (se tabel 3 og 4). Men herudover spiller en række andre forhold ind, som hovedsagelig hænger sammen med jordens fugtighedsforhold. Græsmarksplanternes virksomme rødder ligger således mest overfladisk i forårs- og efterårsmånederne, hvor jorden i regelen er fugtigst, medens rødderne trænger dybere ned i juni-juli, hvor jorden er mere tør. Heraf følger, at næringsstoffoptagelsen forår og efterår fortrinsvis sker fra jordens øverste lag, hvor fosfor- og kaliumindholdet er højest. Derved bliver også afgrødens indhold af de to nævnte stoffer højest i samme perioder. På grund af vækstfysiologisk antagonisme mellem metalkationer nedsættes calcium- og magnesiumoptagelsen ved stigende kaliumoptagelse, hvilket i nogen grad forklarer de modsatrettede variationer. En

stærkt medvirkende årsag er tillige det forhold, at koncentrationen af eengyldige kationer i jordvædsken (f.eks. K^+ og Na^+) i forhold til togyldige kationer (f.eks. Ca^{++} og Mg^{++}) øges ved tiltagende fortynding. I perioder med relativ stærk vandmætning af jorden vil planterne derfor optage mere kalium og natrium, men mindre calcium og magnesium end i relativt tørre perioder. Et karforsøg ved Norges Landbrukshøgskole, hvor havre blev dyrket i sandjord med vandmætningsgrad på henholdsvis 35 og 80 pct., illustrerer tydeligt dette forhold (ØDELIEN, 1961).

Jordens vand- mætningsgrad	% i tørstof		
	Ca	Mg	K
35 pct.	1.23	0.39	6.10
80 »	0.77	0.33	6.95

Øget vandindhold i jorden har resulteret i højere kaliumindhold, men lavere indhold af calcium og magnesium i havren, der blev høstet noget før skridning.

Temperatursvingningerne i vækstperioden påvirker ligeledes afgrødens mineralstofindhold. Ved temperaturstigning sker der først en forøgelse af kaliumindholdet, som er den mest labile størrelse. Senere forøges også calcium- og magnesiumindholdet samtidig med at kaliumindholdet aftager. Slutresultatet bliver en forøgelse af det totale kationindhold og en indsnævring af forholdet mellem een- og togyldige kationer. Dette er ligeledes med til at forklare de observerede årstidsvariationer.

3.) Udviklingstrinets indflydelse på græsmarksafgrødernes mineralstofindhold er undersøgt i to af den jydsk græsmarkssektions forsøg 1961 (BENTHOLM og JESSEN, 1963). I fire afdelinger af hvert forsøg blev der taget slæt med henholdsvis 1, 2, 4 og 8 ugers interval, og i hvert slæt blev tørstoffet analyseret for indhold af Ca, Mg, K og P. Gennemsnitsresultaterne for kløvergræs-forsøget (lerjord, gødet med 500 kg 0-5-13 pr. ha) er vist i tabel 6.

Til trods for stærkt stigende tørstofudbytte ved aftagende slætantal er indholdet af calcium, magnesium, kalium og fosfor ens, hvad enten afgrøden har været høstet 24, 12, 6 eller kun 3 gange i løbet af vækstperioden. Det tilsvarende forsøg i ren græsblanding viser ganske samme resultat. I forsøg på marskjord (HENRIKSEN, 1960) fandtes en svag tendens til nedgang i indholdet af

Tabel 6. Mineralstofindhold i kløvergræs høstet ved forskellig udviklingstrin. Gns. af analyser fra hvert slæt

	Antal slæt	Udbytte, hkg tørstof/ha	% kløver	% i tørstof			
				Ca	Mg	K	P
Slæt hver uge	24	59.0	50	1.08	0.22	2.65	0.46
» » 2. »	12	80.1	52	1.15	0.22	2.55	0.42
» » 4. »	6	97.1	53	1.16	0.23	2.66	0.43
» » 8. »	3	119.8	56	1.12	0.22	2.66	0.45

mineralstoffer, specielt fosfor, ved halvering af slætantalet, men generelt kan sige, at de gennemførte undersøgelser ikke viser nogen sikker sammenhæng mellem græsmarksafgrødernes udviklingstrin og tørstoffets procentiske mineralstofindhold.

4.) Korrelationen mellem mineralstofindholdet i jord og afgrøde påvirkes af mange faktorer, herunder klimatiske forhold og gødskning samt egnetheden af den anvendte jordbundsanalysemetode. For græsmarksafgrøder spiller botanisk sammensætning og høsttidspunkt tillige en afgørende rolle, og hertil kommer yderligere den komplicerende omstændighed, at optagelsen af et givet næringsstof kan påvirke optagelsen af et eller flere andre næringsstoffer enten i positiv eller negativ retning. Det er derfor kun muligt at beregne korrelation mellem indholdet af et givet stof i jord og afgrøder, hvis alle andre variationsfaktorer holdes konstante, og dette krav opfyldes ikke af det til tabel 7 anvendte materiale.

Tabel 7. Sammenhængen mellem jordbundsanalysetal og græsmarksafgrødernes mineralstofindhold

Gruppe	Antal prøver	Gns.			% i tørstof		
		Ft	Kt	Mgt	P	K	Mg
Ft (nyt) ≤ 7	12	5.3			0.29		
» > 7	15	8.5			0.32		
Kt ≤ 7.5	31		5.8	3.6		2.59	0.16
» 7.6-15	51		10.3	6.1		2.96	0.16
» > 15	27		21.2	7.1		3.13	0.17
Mgt ≤ 5.0	29		8.7	3.5		2.84	0.15
» > 5.0	32		11.9	7.2		3.17	0.17

De deri anførte gennemsnitstal må følgelig kun opfattes som et ufuldstændigt udtryk for sammenhængen mellem jordbundsanalysetal og græsmarksafgrødernes mineralstofindhold. F.eks. findes afgrødens mineralstofindhold konstant ved stigende Kt, hvor en nedgang havde været at vente, men som det fremgår af tabellen, må årsagen søges i en samtidig stigning af Mgt. Sorteres materialet af mineralstofbestemmelser i 1. slæt af græsafgrøder med samhørende jordbundsanalyser således, at Mgt holdes konstant ved stigende Kt, findes følgende sammenhæng:

Gruppe, Kt	Antal prøver	Gns.		Gns. % i tørstof		
		Kt	Mgt	Ca	Mg	K
0— 7.5	7	6.2	6.2	0.85	0.18	2.94
7.6—15.0	22	10.1	6.2	0.81	0.16	3.25
over 15.0	16	22.9	6.3	0.80	0.15	3.31

Tallene bekræfter det kendte forhold, at øget kaliumtilgang, alle andre forhold lige, nedsætter afgrødens magnesiumindhold.

Løvrigt bør det nævnes, at materialet kun indeholder få prøver af afgrøder fra jorder med lave fosforsyre- og magnesiumtal. Dette i forbindelse med det forholdsvis beskedne prøvetal har umuliggjort en mere detaljeret opdeling og samtidig medført, at der kun findes beskedne gruppeforskelle i afgrødens indhold af de forskellige næringsstoffer.

5.) Gødskningens indflydelse på græsafgrødernes mineralstofindhold er behandlet i en tidligere beretning (HENRIKSEN, 1960). Ligeledes findes resultater af forskellige undersøgelser over spørgsmålet beskrevet i 62. og 63. Beretning om Planteavlssarbejdet i Landboforeningerne i Jylland. Udover de i beretningerne omtalte bestemmelser af magnesium og kalium er der tillige bestemt calcium, og i tabel 8 vises kvælstofgødskningens indflydelse på græstørstoffets calcium-, magnesium- og kaliumindhold ved forskellig kløverprocent i afgrøden (JACOBSEN, 1964). Kvælstof tilført som anion (NO_3^-) medfører forøget indhold af kationer i afgrøden, for så vidt tilgangen af kationer i jordvædsken ikke er en begrænsende faktor, medens det omvendte er tilfældet når kvælstof tilføres som kation (NH_4^+). Da samme mængde kvælstof i kalksalpeter og kalkkammonsalpeter har haft omtrent samme virkning på mineralstofindholdet må det antages, at sidstnævntes

Tabel 8. Kvælstofgødskningens indflydelse på græstørstoffets indhold af Ca, Mg og K ved forskellig kløverindhold i afgrøden; 1. slæt

Gødskning i forår	% i tørstof, gns.								
	0 % kløver			≤ 50 % kløver			> 50 % kløver		
	Ca	Mg	K	Ca	Mg	K	Ca	Mg	K
0 N.....	0.40	0.10	2.56	0.78	0.16	3.26	0.94	0.17	3.33
58 kg N i ks.	0.45	0.12	2.98	0.65	0.14	3.31	0.74	0.15	3.50
58 kg N i kas.	0.44	0.12	3.28	0.63	0.14	3.47	0.73	0.15	3.53
232 kg N i ks.	0.59	0.16	3.54	0.68	0.18	3.74	0.75	0.17	3.62
232 kg N i kas.	0.57	0.14	3.49	0.65	0.18	3.70	0.74	0.18	3.69
Antal forsøg ..	2			16			15		

indhold af ammonium stort set har været omdannet til nitrat før optagelsen i planterne.

I kløvergræs har kvælstofgødskningen øget græssernes vækst i forhold til kløverens. Den deraf følgende formindskelse af calciumindholdet (se tabel 3 og 4) har ikke kunnet opvejes af den foran omtalte virkning af nitrationen; hvor den store kvælstofmængde er anvendt er dette derimod tilfældet for magnesiumindholdets vedkommende.

Tabel 9. Forskellige kaliumgødningers indflydelse på græstørstoffets indhold af Ca, Mg og K

Gødskning, ha/år	Gns., 8 forsøg 1. slæt			Gns., 3 forsøg 3 slæt		
	Ca	Mg	K	Ca	Mg	K
Grundgødet	1.21	0.22	1.81	1.28	0.22	1.64
150 kg 60 % kaligødning (75 K) .	1.14	0.18	2.74	1.28	0.19	2.59
300 kg » » (150 K)	1.06	0.17	3.28	1.23	0.18	3.16
686 kg kainit (75 K) ¹	1.04	0.26	2.87	1.14	0.27	2.64
286 kg patentkali (75 K) ²	1.10	0.27	2.43	1.23	0.28	2.33

1. = + 19.2 kg magnesium pr. ha/år.

2. = + 8.5 » »

Virkingen af forskellige kaliumgødninger på græsafgrødens mineralstofindhold er vist i tabel 9. De analyserede græsafgrøder stammer fra fosforsyre- og kaliudvalgets forsøg 1963 (OLESEN,

1964), 3.-4. forsøgsår, og resultaterne viser, at selv moderate mængder kaliumgødning medfører en væsentlig forøgelse af afgrødernes kaliumindhold. Som det kunne ventes, sker der samtidig en formindskelse af calcium- og magnesiumindholdet, specielt i 1. slæt. Indholdet af magnesium i kainit og patentkali har ikke alene ophævet kaliumionens antagonistiske virkning overfor magnesium, men tillige forøget afgrødernes magnesiumindhold ret betydeligt.

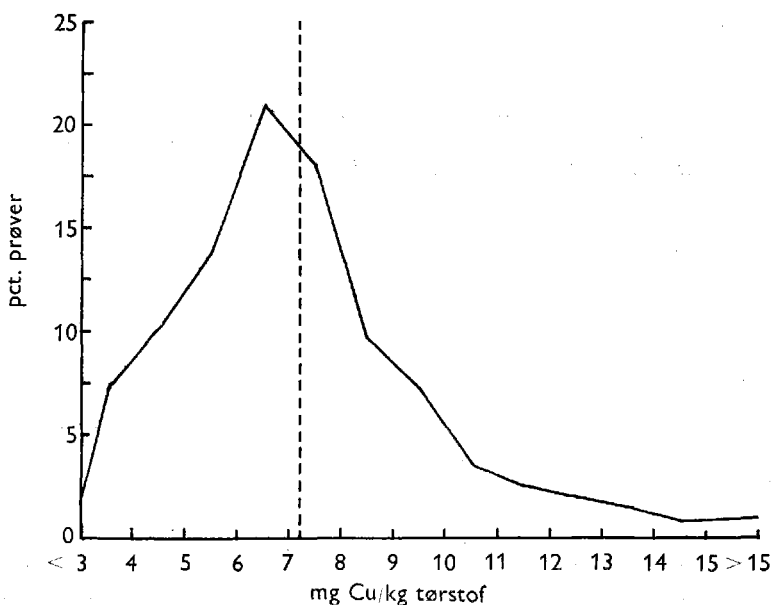
Afgrødernes kobberindhold

Som påpeget af FIND POULSEN (1964) er der hidtil kun udført et ret beskedent antal bestemmelser af mikronæringsstoffer i danske landbrugsafgrøder. Årsagen hertil må dels søges i rent analytiske vanskeligheder og dels i den kendsgerning, at antallet af erkendte tilfælde af mikronæringsstofmangel hos husdyrene hidtil har været relativt beskedent. Med fremkomsten af en række nye analytiske hjælpemidler er bestemmelserne imidlertid blevet enklere og sikrere og samtidig må det forudses, at interessen for afgrødernes indhold af mikronæringsstoffer vil stige i takt med intensiveringen i plante- og husdyrproduktionen.

Kobber er formentlig det mikronæringsstof som i øjeblikket har størst interesse, set fra et fodringsmæssigt synspunkt, og som supplement til de af FIND POULSEN (1964) offentliggjorte analyser af græsprøver fra 2 lokaliteter skal i det følgende omtales resultater af kobberbestemmelser i et større prøvemateriale. Hovedparten af analyserne er udført i tilknytning til undersøgelser over jordens kobberindhold, men i materialet indgår tillige et antal bestemmelser i afgrøder fra gødningsforsøg og fra foderbeholdningen på forskellige ejendomme. Alle analyser er udført ved Statens Planteavls-Laboratorium i Vejle indenfor de sidste 5-6 år.

Som for de øvrige mineralstoffers vedkommende udgør græsafgrøder den største gruppe af de undersøgte prøver, ialt 276. Gennemsnitsindholdet i disse prøver fandtes til 7,19 mg Cu/kg tørstof, minimum 2,3 og maximum 21,1 mg Cu/kg tørstof (= p.p.m.). Den procentiske fordeling omkring gennemsnitstallet er vist i figur 1 og det fremgår, at mere end 50 pct. af de undersøgte græsprøver indeholder mellem 5 og 8 mg Cu pr. kg tørstof.

I ca. 9 pct. af prøverne fandtes et kobberindhold på 4 mg eller derunder, hvilket sædvanligvis angives som minimumsgrænse i græstørstof for dækning af dyrenes kobberbehov under normale



Figur 1 Procentisk fordeling af 276 græsprøver efter kobberindhold.

forhold. Man kan imidlertid ikke heraf udlede, at risikoen for kobbermangel hos græssende dyr svarer til de nævnte 9 pct., idet en række forhold spiller ind. Det kan således nævnes, at dyrene kan akkumulere relativt betydelige kobbermængder i leveren gennem en periode med rigelig kobbertilgang, og udnytte disse reserver i perioder med utilstrækkelig forsyning. Risikoen for kobbermangel hos dyr, der har kobberfattigt græs som eneste foder, vil derfor bl.a. afhænge af leverens kobberreserver, med andre ord af vinterfoderets indhold. Desuden forøges kobberets tilgængelighed for dyrene ved højt calciumindhold i planterne, men nedsættes ved højt indhold af fosfor, svovl og molybdæn (se f.eks. McELROY and GLASS, 1950). Bl.a. derfor kan kobbermangel optræde ved højere indhold end de nævnte ca. 4 mg, medens afgrøder med lavere indhold på den anden side kan være sufficente. Ende-

lig må det tages i betragtning, at kobberindholdet i græsafgrøder viser en tydelig årstidsvariation, idet indholdet stiger fra vækstperiodens begyndelse til slutning. Dette fremgår af nedenstående resultater, som viser gennemsnitsindholdet af kobber i de forskellige slæt.

	mg Cu/kg tørstof, gns.				
Slæt:	1.	2.	3.	4.	5.
10 forsøg med 5 slæt . . .	5.7	6.1	7.4	8.3	9.1
16 forsøg med 4 slæt . . .	5.6	5.9	7.3	8.8	

Den fundne linie stemmer overens både med FIND POULSEN'S undersøgelse (1964) og med udenlandske resultater. Førstnævnte analyser, der er udført på 10 slæt, afslører imidlertid, at stigningen ikke altid er ganske jævn, hvilket sikkert må tilskrives klimatiske faktorer. Visse arealer på humusjord (f.eks. i Lille Vildmose) har endog givet græsafgrøder med lavt kobberindhold gennem hele vækstperioden, men det må bemærkes, at de pågældende arealer var meget kobberfattige (Cut omkring 0.3).

Græsmarkstypens indflydelse fremgår af nedenstående oversigt, som viser gennemsnitsresultater af prøver fra 1. eller 2. års slætgræsmarker og vedvarende græsmarker, hvor der tillige foreligger bestemmelser af jordens kobbertal. Alle prøver repræsenterer 1. slæt.

	mg Cu/kg tørstof		Gns.
	gns.	variation	Cut
15 prøver af 1. eller 2. års græs	6.3	3.8-9.4	1.3
14 prøver af vedvarende græs	6.0	2.4-8.0	1.2

Da såvel slættidspunkt som jordens kobberindhold tilnærmelsesvis er ens i begge grupper kan det skønnes, at kobberindholdet er ret uafhængigt af afgrødens botaniske sammensætning. Dette er i overensstemmelse med resultater af engelske undersøgelser (THOMAS et. al., 1952), hvor det gennemsnitlige indhold af kobber i 8 græsser og 4 kløverarter, dyrket under samme betingelser, var henholdsvis 8.2 og 8.7 mg Cu/kg tørstof. I egne undersøgelser, som omfatter tørstof af kløver- og græsarter fra 3 af de i tabel 2 anførte lokaliteter, fandtes følgende resultater som ligeledes viser, at kobberindholdet er tilnærmelsesvis ens i forskellige græsmarksplanter.

Lokalitet:	mg Cu/kg tørstof		
	I	III	IV
Rødkløver	9.9	10.8	7.3
Hvidkløver.....	10.9	10.3	7.3
Rajgræs.....	12.5	11.3	7.2
Timothe	9.3	9.7	
Hundegræs.....	8.0		

Sammenhængen mellem kobberindholdet i jord og græsafgrøder fremgår af tabel 10, hvor resultaterne af kobberbestemmelser i 1. slæt fra 34 lokaliteter er grupperet efter jordens kobbertal (Cut). Beregnet efter retlinet regression findes korrelationskoefficienten $r = + 0.81$, men som vist i figur 2 må regressionskurven antages at være S-formet. Korrelationen mellem kobberindhold i jord og græsafgrøde er således endnu stærkere, end ovennævnte koefficient giver udtryk for.

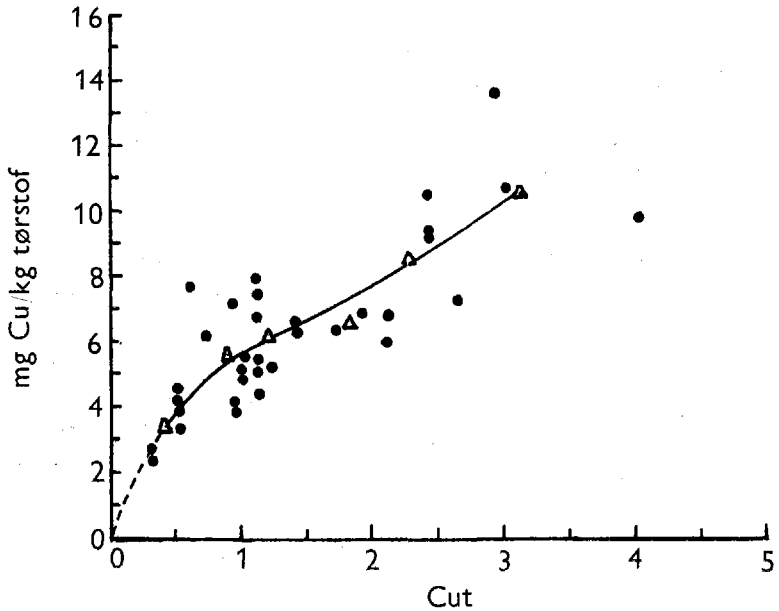
Tabel 10. Korrelationen mellem kobberindholdet i jord (Cut) og græsafgrøder; 1. slæt

Gruppe, Cut	Gns. Cut	Antal prøver	mg Cu/kg tørstof	
			gns.	variation
0-0.5.....	0.4	6	3.4	2.4- 4.4
0.6-1.0.....	0.9	8	5.6	3.9- 7.7
1.1-1.5.....	1.2	9	6.2	4.4- 8.0
1.6-2.0.....	1.8	2	6.6	6.3- 6.9
2.1-2.5.....	2.3	5	8.4	6.0-10.5
> 2.5.....	3.1	4	10.4	7.3-13.6

Korrelationskoefficient (r) = + 0.81.

Gødskningens indflydelse på græsafgrødens kobberindhold er kun undersøgt på et enkelt forsøgssted (Højer) igennem 2 år. Der foretoges bestemmelse af kobberindholdet i 5 slæt af følgende 3 forsøgsled: 1.) ugødet, 2.) 1000 kg superfosfat/ha og 3.) 900 kg kalksalpeter + 1000 kg superfosfat + 800 kg kaligødning pr. ha. Resultaterne viste ingen sikker forskel mellem de tre forsøgsled, men det skal bemærkes, at jordens kobberindhold var ret højt (Cut 2.9).

Virkingen af kobbertilførsel på græsafgrødernes kobberindhold er ikke undersøgt, men fra egne karforsøg med byg som



Figur 2. Regressionen mellem kobberindholdet i jord (Cut) og græsafgrøder (1. slæt).

forsøgsafgrøde foreligger de i tabel 11 angivne resultater. Forsøgsjorden havde Cut 0.4, et humusindhold på 32.3 pct., og havde i markforsøg (tilførselsåret) givet et merudbytte på 19.5 hkg kærne for 50 kg blåsten (12.5 kg Cu), nedbragt i jorden. I karforsøget (3 fælleskar) blev de tilførte kobbermængder homogent indblandet i hele jordportionen; stigningen i afgrundens kobberindhold repræsenterer derfor utvivlsomt det maksimalt opnåelige.

Tabel 11. Virkningen af kobbertilførsel i karforsøg med byg

Gødskning	Gram pr. kar (1/32 m ²)		mg Cu/kg tørstof		Cut efter høst
	kærne	halm	kærne	halm	
Grundgødet	0	9.3	—	2.2	0.4
» + 2.5 kg CuSO ₄ /ha	3.2	13.1	1.7	2.9	0.6
» + 50 »	11.5	12.5	5.6	6.7	4.9
» + 100 »	11.6	12.8	6.8	7.0	9.6

Foruden bestemmelser i græsafgrøder er der tillige foretaget et antal kobberbestemmelser i andre afgrøder. Resultaterne heraf, som er samlet i tabel 12, må kun opfattes som et bidrag til

Tabel 12. Kobberindhold i forskellige afgrøder

Afgørde	Antal prøver	mg Cu/kg tørstof	
		gns.	variation
Kærne.....	39	3.8	2.8- 5.7
Halm.....	38	3.3	1.7- 5.0
Bederøer.....	7	5.3	3.5- 6.7
Kålroer.....	4	9.1	6.0-14.8
Roetopensilage.....	3	8.1	7.5- 8.4
Hø.....	10	5.4	3.8- 7.8
Kløvergræsensilage.....	16	8.2	5.0-17.8

udvidelse af vort kendskab til grovfodermidlernes kobberindhold. Som grundlag for angivelse af middeltal og variationsbredder for de enkelte afgrøder er materialet langt fra tilstrækkeligt.

Oversigt

De herhjemme anvendte normer for indhold af mineralstoffer i grovfoderafgrøder bygger stort set på analyser, udført for 30-40 år siden. Disse analyser kan næppe anses for fyldestgørende i dag, idet de hidrører fra et ikke særlig stort afgrødemateriale, dyrket ved et betydelig lavere gødskningsniveau end det nu anvendte. I betragtning af det stigende antal tilfælde af sygdomme i besætninger, forårsaget af mangel på eller forkert balance mellem de enkelte mineralstoffer i foderet, må det derfor anses for påkrævet, at kendskabet til afgrødernes mineralstofindhold revideres og udvides. Som et bidrag hertil er der gjort rede for resultaterne af en del af de mineralstoffbestemmelser, som gennem de sidste 4-5 år er foretaget ved Statens Planteavls-Laboratorium i Vejle.

En mindre del af materialet omfatter analyser af kærne, halm, roer og roetopensilage. Prøvetallet er langt fra tilstrækkeligt omfattende til, at de beregnede middeltal kan anses for repræsentative, men de anførte minimums- og maksimumsværdier giver et

indtryk af den overordentlig store variation i indholdet af et givet stof i samme afgrøde.

Langt den største del af materialet omfatter analyser af græs-afgrøder, og variationen i indholdet af mineralstoffer er her endnu større end for de øvrige afgrøder. I det følgende søges indflydelsen af forskellige variationsfaktorer belyst, og resultaterne kan kort sammenfattes således:

Kløverarternes indhold af calcium og magnesium er henholdsvis ca. 3 og 2 gange højere end græssernes, medens kalium-, natrium- og fosforindholdet er omtrent ens. Kløverprocenten er derfor i høj grad bestemmende for græsafgrødernes calcium- og magnesiumindhold. Da der kun er gennemført analyse af tidlige slæt, bør det undersøges, hvorvidt den fundne relation består uændret gennem hele vækstperioden.

En omtrent lige så betydende faktor er årstidsvariationen. Såvel rene græsafgrøder som kløvergræs viser følgende typiske linie: Calcium- og magnesiumindholdet er lavest i 1. slæt, stigende indtil juli-august og derefter påny aftagende. Kalium- og fosforindholdet forholder sig omvendt, førstnævnte med højeste værdi om foråret og sidstnævnte om efteråret.

Mellem afgrødens udviklingstrin og det procentiske mineralstofindhold i tørstoffet findes ingen sikker sammenhæng.

Jordens gødningstilstand påvirker ligeledes mineralstofindholdet, men generelt er virkningen af denne faktor ret begrænset, når Ft, Kt og Mgt ikke er særlig lave eller særlig høje. Kaliumtilstanden spiller den største rolle, idet den øver indflydelse på såvel kalium- som magnesiumindholdet i afgrøderne.

Virkningen af kvælstofgødskning er afhængig af såvel mængde som kløverbestand. I ren græsblanding forøges calcium-, magnesium- og kaliumindholdet i tørstoffet, des mere jo større kvælstofmængde der gives. I kløvergræs formindskes calciumindholdet hvad enten der gives stor eller lille mængde kvælstof, hvorimod magnesiumindholdet kun formindskes af den lille kvælstofmængde. Undersøgelsen er kun udført på 1. slæt og bør udstrækkes til at omfatte hele vækstperioden.

Selv beskedne mængder af kaliumgødning påvirker græstørstoffets indhold af kalium og magnesium i betydelig grad. Mest bemærkelsesværdig er måske den sikre forøgelse af tørstoffets

magnesiumindhold i forbindelse med de relativt beskedne mængder magnesium i kainit og patentkali.

I et særskilt afsnit om afgrødernes kobberindhold gøres rede for analyseresultater af 276 undersøgte prøver af græstørstof. Gennemsnitsindholdet fandtes til 7.19 mg Cu/kg tørstof, og mere end 50 pct. af prøverne indeholdt mellem 5 og 8 mg.

Også kobberindholdet viser en tydelig årstidsvariation med jævn stigning fra vækstperiodens begyndelse til slutning. Derimod synes det at være uafhængigt af den botaniske sammensætning.

I et prøvemateriale fra 34 lokaliteter fandtes sikker korrelation ($r = + 0.81$) mellem kobberindhold i jord (Cut) og afgrøde; det må følgelig forventes, at kobbergødskning ligeledes vil medføre sikker forøgelse af afgrødernes kobberindhold, når Cut er lavt. Desuden anføres resultater af kobberbestemmelser i 117 prøver af andre afgrøder.

Hovedformålet med det foreliggende var at samle mineralstofbestemmelser af nyere dato og at påvise forskellige årsager til fundne variationer i indhold af de givne stoffer inden for samme afgrøde. Men som tidligere nævnt må der langt mere omfattende undersøgelser til, før der med nogenlunde sikkerhed kan angives middeltal og variationsbredder for indhold af de forskellige mineralstoffer i fodermidler.

LITTERATURHENVISNINGER

- Bentholm, B. R.* og *Jessen, K.*, 1963. – Græs- og kløvergræstørstoffets mineralstofindhold ved forskellige antal slæt gennem vækstperioden. – 62. beretning om planteavlssarbejdet i Landboforeningerne i Jylland, 578-581.
- Beretning nr. 16 fra gødningsudvalget under Akademiet for de tekniske Videnskaber, 1951. I kommission hos G. E. C. Gads Forlag, København.
- Christensen, P.*, 1927. – Danske Landbrugsplanters Indhold af Mineralstoffer. – Andelsbogtrykkeriet, Odense.
- Henriksen, Aage*, 1960. – Om gødskningens indflydelse på græsmarksafgrødernes mineralstofindhold. – Tidsskrift for Planteavl, 64, 1-50.
- Jacobsen, A.*, 1961. – Undersøgelser vedrørende græstørstoffets mineralstofindhold og antal tilfælde af græstetani hos malkekøer. – Beretning om fællesforsøg i Landbo- og Husmandsforeningerne, 119-121.
- Jacobsen, A.*, 1963. – Forsøg med kalksalpeter og kalkammonsalpeter til kløvergræs. – 62. beretning om planteavlssarbejdet i Landboforeningerne i Jylland, 564-566.

- Jacobsen, A.*, 1964. – Forsøg med kalksalpeter og kalkkammonsalpeter til kløvergræs. – 63. beretning om planteavlssarbejdet i Landboforeningerne i Jylland, 587-590.
- Kristensen, R. K.*, 1938. – Danske Afgrødeanalyser. – Tidsskrift for Planteavl, 43, 830-880.
- McElroy, W. D.*, and *Glass, B.*, 1950. – Copper Metabolism. – The Johns Hopkins Press, Baltimore.
- Olesen, Johs.*, 1964. – Forsøg med kaliumgødninger. – 63. beretning om planteavlssarbejdet i Landboforeningerne i Jylland, 652-654.
- Olesen, Johs.*, 1965. – Kvalitetsundersøgelser i græsafgrøder til ensilering. – 64. beretning om planteavlssarbejdet i Landboforeningerne i Jylland (i trykken).
- Poulsen, J. Find*, 1964. – Om mikronæringsstofferne mangan (Mn), kobber (Cu), molybdæn (Mo) og kobolt (Co) i afgræsningsprøver fra henholdsvis lermuld og sandmuld. – Tidsskrift for Planteavl, 67, 830-838.
- Thomas, B.*, *Thompson, A.*, *Oyenuga, V. A.* og *Armstrong, R. H.*, 1952. – The ash constituents of some herbage plants at different stages of maturity. – Empire Journal of Experimental Agriculture, 20, 19-22.
- Ødelien, M.*, 1961. – Kan gödsling förorsaka hypomagnesemi och tetani hos nötkreatur? – Växt-närings-Nytt, 17, 1-8.