

Kvælstof, kalium og magnesium til kløvergræs

Nitrogen, potassium and magnesium to clover grass

P. Søndergaard Klausen og K.E. Larsen

Resume

På 3 af statens forsøgsstationer er der gennemført 14 forsøg med tilførsel af stigende mængder kvælstof, kalium og magnesium til kløvergræs for at belyse virkningen på udbytte, mineralstofindhold og -balance.

Kvælstof blev anvendt såvel i form af kalksalpeter som svovlsur ammoniak. Resultaterne viste kun merudbytte for tilførsel af kvælstof. Kvælstofgødningen påvirkede afgrødens botaniske sammensætning kraftigt. Ved anvendelse af 150 kg N/ha blev kløverens andel i tørstoffet omtrent halveret og udgjorde ved 300 kg N/ha kun ca. 1/3 i forhold til ingen kvælstoftilførsel.

Afgrødens nitratindhold var lavt, men der var forskelle mellem de 2 kvælstofformer, idet nitratindholdet var omtrent dobbelt så højt efter kalksalpeter som efter svovlsur ammoniak.

Afgrødens procentiske indhold af kvælstof og fosfor blev kun påvirket lidt af de anvendte gødninger og gødningsmængder. Kvælstof- såvel som kaliumtilførsel forårsagede en stigning i kaliumindhold og et fald i calcium og magnesiumindhold.

Ved 1. slæt havde afgrøden det laveste indhold af såvel kvælstof som de fleste mineralstoffer. En undtagelse var indholdet af calcium.

Kaliumtilførsel medførte et kraftigt fald i natriumindhold og et fald i magnesiumindhold.

Tilførsel af 100 kg magnesium/ha gav en stigning på 25 pct. i afgrødens magnesiumindhold i 1. slæt og 15-20 pct. i de senere slæt. Afgrødens magnesiumindhold var betydeligt lavere ved 1. slæt end ved senere slæt.

Nøgleord: Kløvergræs, kvælstof-, kalium-, magnesium-gødsning, mineralstofindhold.

Summary

Experiments concerning the utilization of nitrogen, potassium and magnesium to clover grass applied in increasing amounts were carried out at three danish experimental stations.

Nitrogen was used as well in the form of calcium nitrate as ammonium sulphate. No specific effect in yield was measured following the difference in chemical form.

Nitrogen fertilizing showed an effect in yield and in composition of the crop. Application of 150 kg/ha of N nearly halved the content of clover and 300 kg/ha of N reduced the clover content by 2/3 compared to a crop without N-fertilizing.

The content of nitrate in crops being rather modest after both forms of nitrogen fertilizers, though after ammonium sulphate it was nearly twice of the content in crops fertilized with calcium nitrate.

In the crop the percentage of N and P only to a minor extent was influenced by the types and amounts of fertilizer used.

In contrary the percentage of K was increased and the percentage of Ca and Mg decreased after application of potassium as well as nitrogen.

Apart from the content of Ca the contents of N and most of the minerals analysed for were lowest in 1. cut.

Application of potassium decreased the percentage of Na and Mg to a great extent.

Application of 100 kg/ha of Mg increased the content of Mg in the crop from 1. cut by 25% and 15–20% in the crop from the following cuts. The percentage of Mg was significant lower in 1. cut than in the later cuts.

Key-words: Clover grass, nitrogen-, potassium-, magnesium application, mineral composition.

Indledning

Følgerne af mineralstofmangel eller uheldig mineralstofbalance kan både hos planter og dyr ytre sig ved formindsket produktion og kan i mere udtalte tilfælde være sygdomsfremkaldende. Forholdet mellem afgrødernes indhold af kalium, natrium, magnesium og calcium spiller således en rolle for optræden af kvægets græstetani, og et for højt nitratindhold kan skade dyrenes sundhed.

Kendskab til afgrødernes indhold af mineralstoffer har interesse både for planteavl og husdyrbrug.

Formålet med de i denne beretning omtalte forsøg var at få belyst virkningen af stigende mængder kvælstof, kalium og magnesium til kløvergræs især med hensyn til mineralstofindhold og -balance.

Forsøgsplan og gennemførelse

Forsøgene er gennemført som énarige forsøg i 1. års hvidkløvergræsmarker ved Askov, Højer og Lundgård forsøgsstationer i årene 1965–70.

Frøblanding for hvidkløvergræs bestod af:

6 kg/ha hvidkløver, Pajbjerg Milka s.57

4 kg/ha alm. rajgræs, sildig Øtofte Dux S.56

3 kg/ha timothe, Øtofte AS 56

6 kg/ha engsvingel, Øtofte Fero S.61

Et enkelt forsøg udført i 1965 havde en lidt anden frøblanding, idet denne indeholdt vild engsk hvidkløver og engrapgræs.

Der blev anvendt en flerfaktoriel plan med alle kombinationer af følgende gødningsmængder.

Kvælstof	Kalium	Magnesium
A 0 kg N/ha	1. 0 kg K/ha	x. 0 kg Mg/ha
B 150 –	2. 150 –	y. 100 –
C 300 –	3. 300 –	

Forsøgene blev gennemført i 2 kvælstofafdelinger med henholdsvis en nitrat- og en ammoniumgødning som N-kilde. I = kalksalpeter og II = svovlsur ammoniak. Kvælstofgødning blev udbragt med 1/4 om foråret og 1/4 efter 1., 2. og 3. slæt.

Kalium blev tilført som kaliumklorid og magnesium som magnesiumsulfat. Disse 2 gødninger blev i lighed med en grundgødning på 40 kg P/ha i superfosfat udbragt ad én gang om foråret.

Forsøgene blev gennemført med 3 fællesparceller, forsøget ved Lundgård 1966 dog med kun 1 parcel pr. forsøgled, og den med svovlsur ammoniak gødede afdeling ved Højer 1968 med 2 fællesparceller.

Der blev, med undtagelse af Lundgård 1970, høstet 4 slæt i alle forsøg. 1. slæt blev høstet sidst i maj, 2. slæt omkring 1. juli, 3. slæt omkring 1. september og 4. slæt i første halvdel af oktober.

Ud over tørstofindhold blev afgrøden analyseret for indhold af total-N, NO₃-N, P, K, Na, Mg og Ca. Der blev med 2 undtagelser udført botaniske analyser i alle slæt. Hvor botanisk analyse ikke blev udført, skyldes dette meget små udbytter.

I de følgende tabeller er medtaget forsøgenes hovedresultater. Mere detaljerede oplysninger findes som dupliserede hovedtabeller, der kan fås ved henvendelse til Statens forsøgsstation ved Askov, 6600 Vejen. Herfra udlånes også tabeller over enkeltforsøgene.

Resultater

Udbytter og botanisk sammensætning

Af fig. 1 fremgår det, at der uden kvælstoftilførsel blev høstet et grøntudbytte på næsten 500 hkg/ha, stigende med ca. 90 hkg/ha for tilførsel af 150 kg N/ha og ca. 180 hkg/ha for 300 kg N/ha.

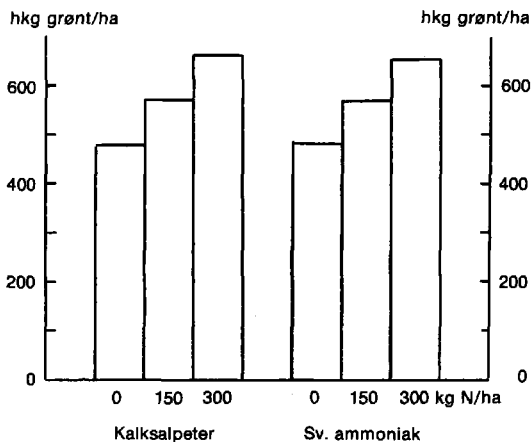


Fig. 1. Udbytte, hkg grønt pr. ha. Yield of green, dt/ha.

Da afgrødens tørstofindhold imidlertid har været faldende ved stigende kvælstoftilførsel, har stigningen i tørstofudbyttet ikke haft samme lineære forløb som grøntudbyttet.

Tabel 1. Tørstofudbytte, hkg/ha
Dry matter, dt/ha

	Kalksalpeter Calcium nitrate	Svovlsur ammoniak Ammonium sulphate
0 N	79,7	81,5
150 N	99,5	99,8
300 N	112,2	113,0
0 K	97,7	98,4
150 K	97,0	98,2
300 K	96,7	97,7
0 Mg	97,2	97,9
100 Mg	97,0	98,3

Det fremgår af tabel 1, at der i gennemsnit er høstet omtrent samme tørstofudbytte ved anvendelse af kalksalpeter og svovlsur ammoniak.

I 7 af forsøgene blev der målt størst udbytte ved anvendelse af kalksalpeter, i 5 med svovlsur ammoniak, medens der i 2 forsøg ingen forskel var.

Den lille forskel i de 2 kvælstofgødningers udbytniveau kan næppe tillægges reel betydning. Forsøgene var som tidligere omtalt delt i 2 kvælstofafdelinger, og fremover vil der i nærværende beretning kun blive skelnet mellem de to kvæ-

stofformer, hvor der er målt signifikante forskelle.

Af de tilførte næringsstoffer (N, K og Mg) har der kun været udbyttmæssige udslag for kvælstoffet.

Ved første tillæg af 150 kg N/ha er i gennemsnit opnået et merudbytte på 19,0 hkg tørstof/ha, svarende til 12,7 kg tørstof/kg N, og ved andet tillæg var merudbyttet 13,0 hkg tørstof/ha svarende til 8,7 kg tørstof/kg N.

Det ses i tabel 2, at ved 1. slæt har merudbyttet for 150 kg N/ha været 2/3 af det merudbytte, som blev opnået ved 300 kg N/ha. Ved 4. slæt har der derimod været et lineært sammenhæng mellem tilført kvælstofmængde og merudbytte.

Tabel 2. Udbytte uden kvælstoftilførsel og merudbytte for kvælstoftilførsel, hkg tørstof/ha
Yield without N-supply and increase by N-supply, dry matter dt/ha

kg N/ha	0	150	300
1. slæt (cut)	30,7	6,6	9,6
2. -	17,2	3,1	5,0
3. -	19,0	4,8	8,4
4. -	13,9	4,5	8,9

Som tidligere nævnt blev kvælstoffet udbragt med 1/4 forår og 1/4 efter 1., 2. og 3. slæt. Der har således ved 1. slæt været en tørstofproduktion på 17-18 kg tørstof/kg N for det første tillæg på 37,5 kg N/ha og 8 kg tørstof for det andet tillæg.

Tabel 3. Afgrødens kløverindhold, pct. af tørstof
Clover content, % of dry matter

	N tilførsel, kg/ha (N-supply, kg/ha)		
	0	150	300
1. slæt (cut)	33	23	18
2. -	45	24	17
3. -	47	21	14
4. -	31	14	8

Kvælstofgødskningen har ændret afgrødens botaniske sammensætning. I tabel 3 er vist, hvor stor en procentdel af tørstofudbyttet kløveren har udgjort i de enkelte slæt. Beregningen er ud-

ført på grundlag af botaniske analyser. Det fremgår tydeligt heraf, at ved stigende kvælstoftilførsel har kløveren udgjort en stadig mindre andel af tørstofudbyttet. De to kvælstofgødninger, kalksalpeter og svovlsur ammoniak har påvirket afgrødens kløverindhold ens.

Det ses ligeledes, at hvor der ikke blev tilført kvælstof, udgjorde kløveren ved første og sidste slæt ca. 1/3 af tørstoffet, men midt på sommeren næsten halvdelen.

Afgrødens kvælstof- og mineralstofindhold

Som følge af, at afgrødens kvælstof og mineralstofindhold ofte er negativt korreleret med udbyttets størrelse, vil et beregnet gennemsnitligt indhold være forskelligt, om det beregnes direkte på de fundne procentiske indhold eller som vejjet gennemsnit.

I nærværende beretning er benyttet vejjet gennemsnit for afgrødens procentiske indhold, medens kvotienter mellem forskellige mineralstoffer er beregnet for hvert enkelt slæt og led, hvorefter tabellerne er beregnet som et direkte gennemsnit af disse kvotienter.

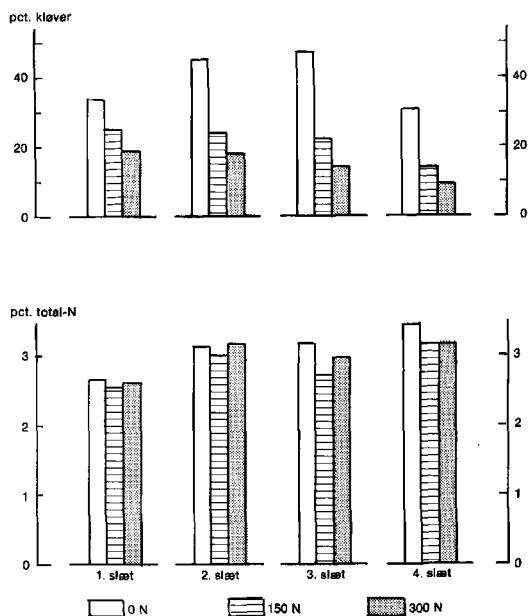


Fig. 2. Afgrødens kløverindhold og total-N, pct. i tørstoffet. Clower content and total-N in dry matter.

Kvælstofgødskningen vil ud over en direkte virkning også have en indirekte virkning på kløvergræssets mineralstofsammensætning, idet der som vist i figur 2 sker en ændring i afgrødens botaniske sammensætning. Da kløver og græs ikke har samme mineralstofsammensætning, bliver kvælstoffets indflydelse således en kombination af direkte og indirekte virkning.

Tabel 4. Total-N, pct. i tørstof
Total-N, % in dry matter

	N-tilførsel, kg/ha (N-supply, kg/ha)		
	0	150	300
1. slæt (cut)	2,67	2,54	2,64
2. -	3,12	2,97	3,16
3. -	3,15	2,70	2,95
4. -	3,46	2,96	3,15
	K-tilførsel, kg/ha (K-supply, kg/ha)		
	0	150	300
	2,92	2,88	2,86
	Mg-tilførsel, kg/ha (Mg-supply, kg/ha)		
	0	100	
	2,89	2,88	

Som det fremgår af tabel 4, var afgrødens kvælstofindhold lavest ved 1. slæt, hvor der blev høstet de største udbytter. At afgrødens kvælstofindhold falder ved det første kvælstoftilskud skyldes dels faldet i afgrødens kløverindhold og dels et større udbytte. Ved tilførsel af 300 kg N/ha var der omtrent samme kvælstofindhold i afgrøden som i kløvergræs med god kløverbestand. Stigende kaliumtilførsel har medført et svagt fald i afgrødens kvælstofindhold, medens magnesiumgødskning ikke har påvirket dette.

Tabel 5 viser det procentiske indhold af nitratkvælstof i de forskellige slæt af afgrøden. Det ses, at der er stor forskel i indhold af nitrat-N, eftersom kvælstoffet er tilført som kalksalpeter eller svovlsur ammoniak. Indholdet er højest efter gødskning med kalksalpeter, hvor der er fundet ca. to gange så meget i afgrøden som efter tilførsel af svovlsur ammoniak.

Det ses endvidere i tabel 5, at der især sker en væsentlig stigning i nitratindhold ved at øge kvælstofmængden fra 150 kg N/ha til 300 kg N/ha. Indholdet af nitratkvælstof blev i 1. og 2. slæt til

Tabel 5. NO₃-N, pct. i tørstof
NO₃-N, % in dry matter

	N-tilførsel, kg/ha (<i>N-supply, kg/ha</i>)		
	0	150	300
	Kalksalpeter (<i>Calciumnitrate</i>)		
1. slæt (<i>cut</i>)	0,003	0,011	0,019
2. -	0,004	0,025	0,101
3. -	0,004	0,011	0,082
4. -	0,010	0,012	0,087
	Svovisur ammoniak (<i>Ammonium-sulphate</i>)		
1. slæt (<i>cut</i>)	0,003	0,005	0,009
2. -	0,009	0,011	0,051
3. -	0,004	0,007	0,059
4. -	0,010	0,008	0,049
	K-tilførsel, kg/ha (<i>K-supply, kg/ha</i>)		
	0	150	300
	0,027	0,024	0,023
	Mg-tilførsel, kg/ha (<i>Mg-supply, kg/ha</i>)		
	0	100	
	0,026	0,024	

tre gange større og i 3. og 4. slæt fire til syv gange højere, når kvælstoftilførslen øgedes til det dobbelte.

Resultaterne i tabel 5 er gennemsnitstal og dækker over store variationer mellem de enkelte forsøg og slæt. Det største nitratindhold, der er fundet i enkelte slæt og forsøg, har været 0,35 pct. i tørstoffet.

Nederst i tabellen er anført kalium- og magnesiumgødsknings indflydelse på afgrødens nitratindhold. Resultaterne viser et så svagt fald ved

Tabel 6. P, pct. i tørstof
P, % in dry matter

	N-tilførsel, kg/ha (<i>N-supply, kg/ha</i>)		
	0	150	300
1. slæt (<i>cut</i>)	0,35	0,36	0,36
2. -	0,37	0,36	0,35
3. -	0,39	0,36	0,36
4. -	0,42	0,40	0,39
	K-tilførsel, kg/ha (<i>K-supply, kg/ha</i>)		
	0	150	300
	0,37	0,37	0,37
	Mg-tilførsel, kg/ha (<i>Mg-supply, kg/ha</i>)		
	0	100	
	0,37	0,37	

stigende tilførsel, at det næppe kan tillægges nogen større betydning.

De tilførte næringsstoffer påvirkede, som vist i tabel 6, næsten ikke afgrødens fosforindhold, dog var indholdet stigende i løbet af vækstperioden, mest hvor der ikke blev tilført kvælstof.

Tabel 7. K, pct. i tørstof
K, % in dry matter

	N-tilførsel, kg/ha (<i>N-supply, kg/ha</i>)		
	0	150	300
	Lundgård, sandjord (<i>sand</i>)		
0 K	2,19	2,13	2,06
150 K	2,87	2,88	2,84
300 K	3,07	3,13	3,29
	Askov, let lerjord (<i>loam</i>)		
0 K	2,81	2,81	2,94
150 K	3,12	3,20	3,26
300 K	3,28	3,40	3,50
	Højere, marsk (<i>marsh</i>)		
0 K	3,00	3,01	3,14
150 K	3,08	3,19	3,28
300 K	3,14	3,23	3,38

Afgrødens kaliumindhold har, som det ses i tabel 7, været lavere på sandjorden ved Lundgård end de to andre steder. Jordens kaliumtal (Kt) varierede på sandjorden mellem 5,7 og 6,9 medens det på ler- og marskjorden var over 10. Ændringer i afgrødens kaliumindhold som følge af kvælstof- og kaliumtilførsel var størst på sandjorden og mindst på marskjorden. Kun på sandjorden blev iagttaget et fald i afgrødens kaliumindhold ved stigende kvælstoftilførsel, og dette alene når der ikke blev tilført kalium. Ved tilførsel af 300 kg K/ha har der på alle jorder været et stigende kaliumindhold ved øget kvælstoftilførsel.

Tabel 8 viser afgrødens kaliumindhold i de enkelte slæt. Kalium blev som tidligere anført udbragt ad én gang om foråret, og det har givet sig udslag i et højere kaliumindhold i 1. slæt end i de øvrige slæt.

Afgrødens natriumindhold varierede meget fra forsøg til forsøg, også indenfor de enkelte forsøgssteder. Kun i ét forsøg har der været væsentlig forskel mellem de 2 kvælstofgødningers påvirkning af afgrødens natriumindhold. Denne for-

Tabel 8. K, pct. i tørstof
K, % in dry matter

	K-tilførsel, kg/ha (<i>K-supply, kg/ha</i>)		
	0	150	300
1. slæt (<i>cut</i>)	2,80	3,24	3,38
2. —	2,83	3,10	3,19
3. —	2,73	3,07	3,28
4. —	2,66	2,91	3,11
	N-tilførsel, kg/ha (<i>N-supply, kg/ha</i>)		
	0	150	300
	2,98	3,03	3,11
	Mg-tilførsel, kg/ha (<i>Mg-supply, kg/ha</i>)		
	0	100	
	3,05	3,04	

skel kan enten skyldes reel forskel mellem kvælstofformer eller være forårsaget af, at forsøget har ligget i to afdelinger i marken.

Tabel 9. Na, pct. i tørstof
Na, % in dry matter

	K-tilførsel, kg/ha (<i>K-supply, kg/ha</i>)		
	0	150	300
0 kg N/ha	0,13	0,11	0,10
150 —	0,14	0,10	0,09
300 —	0,17	0,12	0,10
1. slæt (<i>cut</i>)	0,10	0,07	0,07
2. —	0,14	0,09	0,08
3. —	0,14	0,10	0,08
4. —	0,26	0,21	0,18

Det ses i tabel 9, at der har været et kraftigt fald i afgrødens natriumindhold, hvor der blev tilført kalium. Nedgangen har været kraftigst ved det første tillæg af 150 kg K/ha. Hvor der ikke blev tilført kalium, har stigende mængder kvælstof forårsaget en betydelig stigning i afgrødens natriumindhold. Derimod har magnesiumtilførsel ikke medført signifikant ændring i afgrødens natriumindhold.

Det fremgår af tabel 10, at tilførsel af 100 kg magnesium pr. ha har medført en kraftig stigning i afgrødens magnesiumindhold.

Kvælstofgødsningens indflydelse på afgrødens magnesiumindhold viser sig hovedsagelig efter første tillæg af 150 kg N/ha og er utvivlsomt

Tabel 10. Mg, pct. i tørstof
Mg, % in dry matter

	Mg-tilførsel, kg/ha (<i>Mg-supply, kg/ha</i>)	
	0	100
0 kg N/ha	0,18	0,22
150 —	0,17	0,20
300 —	0,17	0,20
0 kg K/ha	0,18	0,22
150 —	0,17	0,21
300 —	0,17	0,20
1. slæt (<i>cut</i>)	0,15	0,18
2. —	0,19	0,22
3. —	0,19	0,23
4. —	0,19	0,22

forårsaget af ændringen i afgrødens botaniske sammensætning.

Kaliumgødsning har forårsaget et omtrent lineært fald i magnesiumindholdet.

Afgrødens magnesiumindhold har ved 1. slæt været betydeligt lavere end ved de senere slæt. Ved 1. slæt var stigningen i afgrødens magnesiumindhold på 25 pct. for tilførsel af 100 kg Mg/ha, i de senere slæt var stigningen 15–20 pct.

I jorden ved Lundgård varierede Mg mellem 1,5 og 2,5, ved Askov mellem 3 og 4, medens det var over 20 ved Højer.

Tabel 11. Mg, pct. i tørstof
Mg, % in dry matter

	Gens. 4 slæt <i>Average 4 cuts</i>		1. slæt <i>1. cut</i>	
	0 Mg	100 Mg	0 Mg	100 Mg
Lundgård	0,15	0,23	0,13	0,22
Askov	0,15	0,19	0,12	0,16
Højer	0,20	0,21	0,16	0,18

Det ses i tabel 11, at der var god overensstemmelse mellem jordens magnesiumindhold og udslag for tilførsel af magnesium. Udslagene for magnesiumtilførsel var 10 gange så høje på jorden med lavest indhold som ved højest indhold. Selv på marskjorden ved Højer var der et relativt lavt magnesiumindhold i afgrøden ved 1. slæt.

Afgrødens calciumindhold faldt, som vist i tabel 12, ved det første tillæg af 150 kg N/ha. Den

Tabel 12. Ca, pct. i tørstof
Ca, % in dry matter

	N-tilførsel, kg/ha (N-supply, kg/ha)		
	0	150	300
0 kg K/ha	0,99	0,83	0,82
150 -	0,98	0,82	0,79
300 -	0,95	0,80	0,75
1. slæt (cut)	0,90	0,77	0,75
2. -	1,07	0,91	0,86
3. -	1,06	0,86	0,83
4. -	0,90	0,76	0,75

væsentligste årsag til dette fald, på ca. 15 pct., skyldes som for magnesium utvivlsomt den store ændring i afgrødens botaniske sammensætning.

Kaliumtilførsel forårsagede, et mindre fald i calciumindholdet, medens magnesiumgødskning ikke gav nogen signifikant ændring.

Calciumindholdet har været lidt højere midt på sommeren end i for- og eftersommeren.

Forholdet mellem de forskellige næringsstoffer

I det foregående er vist, hvorledes tilførsel af kvælstof, kalium og magnesium har påvirket afgrødens indhold af de enkelte næringsstoffer. Når der sker en ændring i indholdet af et eller flere næringsstoffer, vil dette medføre, at forholdet mellem næringsstoffer i afgrøden forskydes, hvil-

ket kan øve indflydelse på afgrødens kvalitet som kvægfoder.

I denne sammenhæng er man opmærksom på græstetani.

Som et udtryk for græstetanifaren er i landbrugs litteraturen foreslået forskellige mineralstofrelationer. I det følgende er vist eksempler på forholdet kalium/magnesium, kalium/calcium+magnesium og kalium+natrium/calcium+magnesium.

Endvidere er medtaget forholdet mellem afgrødernes indhold af kalium/natrium og calcium/fosfor, der også har en afgørende betydning for den dyriske organisme.

Ca/P-kvotienten er beregnet ud fra afgrødens procentiske indhold, medens alle øvrige kvotienter er beregnet på ækvivalent basis, f.eks.: (K/39)/(Mg/12).

Tabel 13. Kaligødskningens indflydelse på kvotienten K/Na i kløvergræs
Influence of potassium on the ratio K/Na in clover grass

	K-tilførsel, kg/ha (K-supply, kg/ha)		
	0	150	300
1. slæt (cut)	25	34	41
2. -	20	27	31
3. -	19	26	32
4. -	11	14	17

Tabel 14. Gødskningens indflydelse på kvotienten K/Mg i kløvergræs
Influence of fertilization on the ratio K/Mg in clover grass

	kg N/ha			kg K/ha			kg Mg/ha		
	0	150	300	0	150	300	0	100	
0 kg N/ha	4,7								
150 -		5,1							
300 -			5,2						
0 kg K/ha	4,2	4,4	4,4	4,3					
150 -	4,8	5,2	5,2		5,1				
300 -	5,1	5,7	5,9			5,6			
0 kg Mg/ha	5,3	5,6	5,7	4,8	5,7	6,2	5,5		
100 -	4,1	4,6	4,7	3,9	4,5	4,9		4,5	
1. slæt (cut)	5,8	6,2	6,5	5,3	6,3	6,9	7,0	5,3	6,2
2. -	4,3	4,7	4,8	4,1	4,7	5,0	5,0	4,2	4,6
3. -	4,5	4,9	4,8	4,0	4,8	5,3	5,2	4,2	4,7
4. -	4,2	4,6	4,6	3,9	4,5	5,0	4,8	4,1	4,5

Det ses tydeligt i tabel 13, at kalium/natrium forholdet ændres meget kraftigt ved kaliumtilførsel.

Den store ændring i K/Na-forholdet fra 1. til 4. slæt skyldes dels et mindre fald i afgrødens kaliumindhold i denne periode, men navnlig at afgrødens natriumindhold var meget lavt ved 1. slæt, 0,08 pct. i tørstoffet, medens det ved 4. slæt var næsten fire gange så højt.

Af tabel 14 fremgår, at K/Mg-forholdet har været stigende ved såvel kvælstof- som kaliumtilførsel, en stigning som forstærkes ved kombination af disse to gødninger.

Tilførsel af 100 kg Mg/ha har reduceret K/Mg-forholdet med omkring 1 enhed.

Der har været stor variation i K/Mg-forholdet fra slæt til slæt. Ved 1. slæt var K/Mg-forholdet meget højt, over 6, selv ved tilførsel af mindste mængde kvælstof eller kalium. Tilførsel af 100 kg Mg/ha har ved 1. slæt sænket K/Mg-forholdet fra 7,0 til 5,3.

I tabel 15 er vist kvotienter beregnet på forholdet kalium divideret med calcium + magnesium. Som følge af, at afgrødens calciumindhold var væsentligt større end magnesiumindholdet, og begge dele indgår i brøkens nævner, bliver kvotienterne ved samme gødningskombination kun ca. 1/4 af de talstørrelser som er vist for K/Mg-forholdet i tabel 14.

Tabel 15. Gødskningens indflydelse på kvotienten K/Ca+Mg i kløvergræs
Influence of fertilization on the ratio K/Ca+Mg in clover grass

	kg N/ha			kg K/ha			kg Mg/ha		
	0	150	300	0	150	300	0	100	
0 kg N/ha	1,19								
150 -		1,39							
300 -			1,45						
0 kg K/ha	1,08	1,21	1,24	1,17					
150 -	1,21	1,42	1,45		1,36				
300 -	1,29	1,54	1,65			1,49			
0 kg Mg/ha	1,22	1,41	1,45	1,19	1,38	1,51	1,36		
100 -	1,16	1,37	1,44	1,16	1,34	1,47		1,32	
1. slæt (<i>cut</i>)	1,34	1,56	1,66	1,31	1,54	1,71	1,55	1,50	1,52
2. -	1,07	1,26	1,33	1,08	1,24	1,34	1,24	1,21	1,22
3. -	1,12	1,34	1,38	1,12	1,30	1,43	1,30	1,26	1,28
4. -	1,22	1,38	1,40	1,18	1,34	1,47	1,35	1,32	1,33

I tabel 16 er vist forholdet mellem (K+Na) divideret med (Ca+Mg). Denne kvotient benyttes i lighed med de foran viste som græstetanikquotient.

I tabel 17 er anført kvotienterne for calcium/fosforindhold. Når kvotienten Ca/P falder ca. 1/3 enhed ved kvælstofgødsning, må det erindres, at der ved kvælstofgødsningen som nævnt tidligere sker en betydelig ændring i afgrødens botaniske sammensætning, og det er sandsynligvis denne ændring, der forårsager faldet i Ca/P-kvotienten.

Nederst i tabel 17 ses det, at det er ved 2. og til

dels 3. slæt, altså midt på sommeren, man har et højt calciumindhold i forhold til fosforindholdet.

Bortførsel af plantenæringsstoffer

På længere sigt må der regnes med, at jorden skal tilføres samme mængde af de fleste plantenæringsstoffer, som der fjernes med afgrøden. En god kløverbestand vil dog selv kunne klare kløvergræsmarkens kvælstofforsyning.

Det ses i tabel 18, at der med afgrøden er fjernet næsten 250 kg N/ha, hvor der ikke blev tilført kvælstof.

For kaliums vedkommende har der ligeledes

Tabel 16. Gødskningens indflydelse på kvotienten (K+Na) / (Ca+Mg) i kløvergræs
Influence of fertilization on the ratio (K+Na) / (Ca+ Mg) in clover grass

	kg N/ha			kg K/ha			kg Mg/ha		
	0	150	300	0	150	300	0	100	
0 kg N/ha	1,27								
150 -		1,48							
300 -			1,55						
0 kg K/ha	1,16	1,32	1,37	1,28					
150 -	1,29	1,50	1,55		1,45				
300 -	1,37	1,61	1,73			1,57			
0 kg Mg/ha	1,30	1,50	1,57	1,31	1,47	1,60	1,46		
100 -	1,24	1,46	1,54	1,26	1,42	1,55		1,41	
1. slæt (cut)	1,40	1,62	1,73	1,38	1,60	1,77	1,61	1,56	1,59
2. -	1,14	1,33	1,40	1,17	1,30	1,39	1,31	1,27	1,29
3. -	1,17	1,40	1,47	1,20	1,36	1,49	1,37	1,33	1,35
4. -	1,37	1,55	1,59	1,37	1,52	1,63	1,53	1,48	1,51

Tabel 17. Gødskningens indflydelse på kvotienten Ca/P i kløvergræs
Influence of fertilization on the ratio Ca/P in clover grass

	kg N/ha			kg K/ha			kg Mg/ha		
	0	150	300	0	150	300	0	100	
0 kg N/ha	2,65								
150 -		2,34							
300 -			2,32						
0 kg K/ha	2,70	2,39	2,43	2,50					
150 -	2,65	2,34	2,32		2,32				
300 -	2,60	2,26	2,23			2,36			
0 kg Mg/ha	2,67	2,37	2,38	2,54	2,48	2,39	2,47		
100 -	2,63	2,30	2,27	2,46	2,39	2,33		2,40	
1. slæt (cut)	2,64	2,24	2,15	2,42	2,37	2,24	2,39	2,30	2,34
2. -	2,97	2,58	2,54	2,76	2,70	2,63	2,72	2,67	2,70
3. -	2,74	2,47	2,53	2,64	2,57	2,52	2,64	2,52	2,57
4. -	2,26	2,04	2,10	2,21	2,12	2,07	2,17	2,11	2,13

Tabel 18. Afgrødens bortførelse af næringsstoffer, kg/ha
Removal of nutrients by crop, kg/ha

næringsstof (nutrient)	Gødskning (fertilization)								
	kg N/ha			kg K/ha			kg Mg/ha		
	0	150	300	0	150	300	0	100	
N	242	272	328	285	280	277	281	280	
K	239	300	349	270	302	316	296	296	
Ca	77	80	88	84	82	79	83	80	
P	29	36	40	35	35	35	35	35	
Mg	16	19	21	19	19	18	17	20	
Na	9	11	14	14	11	9	12	11	

været en meget stor bortførsel. Hvor der ikke blev tilført kalium, var bortførslen på 270 kg K pr. ha, og selv ved tilførsel af 300 kg K/ha var der større bortførsel end tilførsel.

For at opretholde jordens reaktionstal tilføres i almindelighed så store mængder calcium med jordbrugskalk, at en bortførsel på 80–90 kg Ca/ha med afgrøden ikke giver behov for speciel calciumgødsning.

Der blev i forsøgene grundgødet med 40 kg P/ha, hvilket i de fleste forsøgsled har været mere, end der blev bortført.

Udbyttømæssigt var det i disse forsøg uden betydning, om der blev tilført magnesium eller ikke. I gennemsnit blev der bortført knap 20 kg Mg/ha. Når bortførslen var højere efter magnesiumgødsning end uden, skyldes dette primært afgrødens højere magnesiumindhold.

Diskussion

Når der kun er målt udbyttømæssigt udslag for stigende mængder kvælstof og ikke for kalium- og magnesiumtilførsel, kan det skyldes, at jorden i sig selv har frigivet tilstrækkeligt af disse næringsstoffer. *Jacobsen* (1969) fandt, at der ikke opnås merudbytte for kaliumgødsning, hvis kaliumindholdet i græstørstoffet er over ca. 2,5 pct. K, hvilket normalt opnås, når jordens Kt er på 6–10. I denne forsøgsserie varierede Kt fra 5,7–6,9 på sandjorden og mellem 10,7 og 27,6 på lerjorderne. Kun på sandjorden ved Lundgård blev der uden kaliumtilførsel målt et kaliumindhold på under 2,5 pct., men heller ikke på dette forsøgssted var der udbyttømæssigt udslag for kalium. Derimod var ændringerne i afgrødernes kaliumindhold størst på denne jord, hvor tilførsel af 150 kg K/ha hævede indholdet fra ca. 2,00 til 2,75 pct. K.

Ved vurdering af gødningernes virkning på afgrødernes mineralstofindhold må det tages i betragtning, at der navnlig i kløvergræsblandinger er andre faktorer, der udover eller sammen med gødskningen er bestemmende for mineralstofsammensætningen.

Indholdet af kvælstof i afgrøderne faldt efter tilførsel af 150 kg N/ha (tabel 4). Dette hænger utvivlsomt delvis sammen med faldet i afgrødens

kløverindhold. Ifølge *Kofoed og Klausen* (1969) skal der anvendes omkring 310 kg N/ha til kløvergræs, før kvælstofindholdet igen er nået op på samme niveau som uden kvælstoftilførsel. Dette bekræftes af nærværende resultater, hvor 300 kg N/ha har givet omtrent samme kvælstofindhold i afgrøden som i kløvergræs med god kløverbestand.

Anvendelse af kalksalpeter og svovlsur ammoniak gav ingen forskellig virkning på tørstofudbytte og kvælstofindhold. Derimod var der en klar forskel i gødningernes virkning på nitratindholdet (tabel 5). Dette er i overensstemmelse med resultater af hollandske forsøg i græs med de samme kvælstofformer, *Van Burg* (1966).

Et indhold af nitratkvælstof op til 0,35 pct. i tørstoffet i enkelte slæt vil næppe give fodringsmæssige problemer.

I planterne er der rigelige kaliummængder til at dække dyrenes behov, idet kalium i modsætning til f.eks. kvælstof og fosfor ikke indgår i organiske forbindelser (tabel 7). *Kemp* (1971) anfører på grundlag af hollandske undersøgelser, at malkekøer har et kaliumbehov svarende til 0,5 pct. K i afgrødetørstof. Er kaliumindholdet højt ændres de gensidige forhold mellem de forskellige elementer i så høj grad, at der kan udløses antagonistiske virkninger.

Kaliumtilførsel har resulteret i et kraftigt fald i afgrødens natriumindhold (tabel 9). Undersøgelser har vist, at natriumbehovet for en malkeko kan sættes til 15 til 20 g Na daglig, det vil sige, at en minimumskoncentration på 0,15–0,20 pct. Na i græsafgrødens tørstof må anses for nødvendig, *Bohle* (1969). I de første tre slæt er der efter kaliumgødsning målt et natriumindhold på under 0,10 pct., og det kunne derfor måske være begrundet i denne periode at give dyrene et supplement af natrium.

Det er nu erkendt, at der er en sikker forbindelse mellem foderets magnesiumindhold og den hypomagnesaemiske tetani hos malkekøer. Årsagen er for lavt magnesiumindhold i blodet. *Kemp* (1960) fandt, at der med et indhold på 0,2 pct. magnesium i foderet ikke indtraf tetani, og indholdet i blodserum sank heller ikke abnormt.

Græstetani forekommer oftest i forårstiden. Et

gennemsnitligt magnesiumindhold på 0,15 pct. i 1. slæt, der er betydelig under grænseværdien 0,2 pct., viser overensstemmende, at faren for græstetani er størst på dette tidspunkt i vækstperioden (tabel 10).

Kvælstofgødskningens ændring af den botaniske sammensætning til mindre kløverindhold har medvirket til, at magnesiumindholdet falder, idet kløverarternes magnesiumindhold er dobbelt så højt som græssernes, *Henriksen* (1968).

Kalium optages hurtigere af planterne end magnesium, og dette er også med til at nedsætte magnesiumindholdet i 1. slæt.

Risikoen for tilfælde af græstetani blandt græssende dyr øges stærkt, når værdien af forholdet K/Mg er over 6, *Jacobsen* (1970) og hvis forholdet mellem $K/Ca+Mg$ er større end 2,2, *Wilkinson et al* (1973).

Et K/Mg -forhold på over 6 nåes kun i 1. slæt (tabel 14). Som det ses i fig. 3 øverst stiger K/Mg -forholdet ved såvel kvælstof- som kaliumtilførsel. Nederst i figuren ses det, at forholdet mellem disse mineralstoffer kan forskydes i den

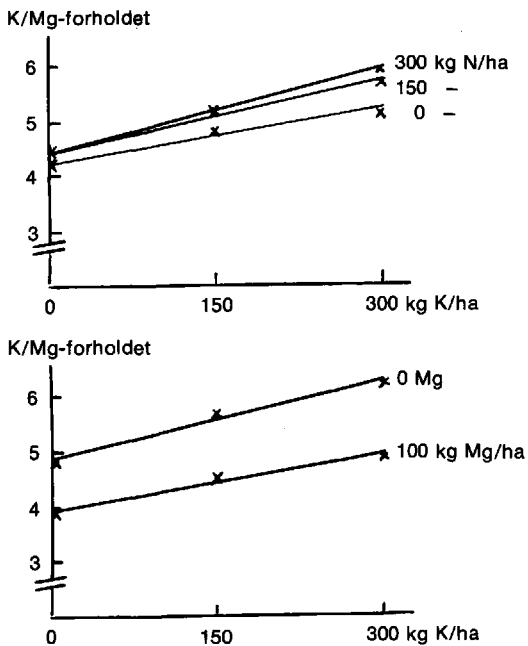


Fig. 3. Gødskningens indflydelse på K/Mg -forholdet. Influence of fertilization on the ratio K/Mg .

ønskede retning ved magnesiumgødskning, 100 kg Mg/ha har således sænket kvotienten med omkring 1 enhed.

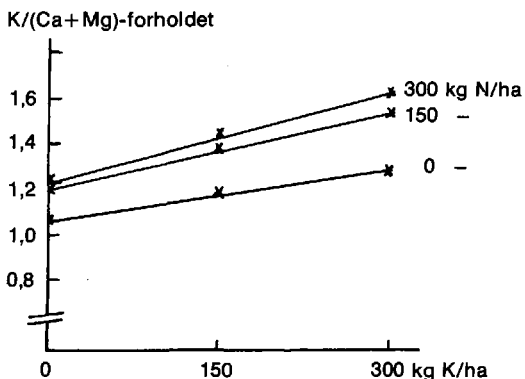


Fig. 4. Gødskningens indflydelse på $K/(Ca+Mg)$ -forholdet. Influence of fertilization on the ratio $K/(Ca+Mg)$.

Det fremgår, af fig. 3 og 4, at kurverne for K/Mg og $K/(Ca+Mg)$ forløber ens ved varierende kvælstof- og kaliumtilførsel.

Da afgrødens Ca -indhold ikke påvirkes af Mg -tilførsel, og afgrødens Ca -indhold er væsentlig højere end Mg -indholdet, påvirkes $K/(Ca+Mg)$ -forholdet ikke nævneværdigt af Mg -tilførsel.

Hvorvidt der udløses antagonistiske virkninger, må derfor bero på samspil mellem flere faktorer.

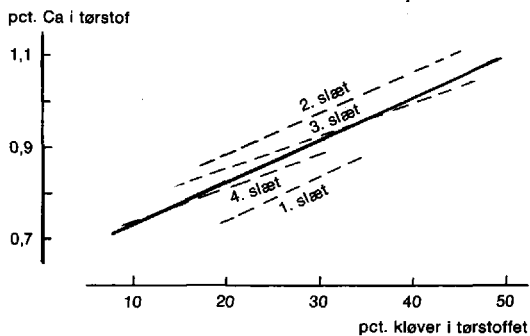


Fig. 5. Afgrødens calciumindhold ved varierende kløverindhold. Calcium content by different clover content.

Det ses i fig. 5, at der er en god overensstemmelse mellem afgrødens kløver- og calciumindhold, hvor den fuldt optrukne linie viser gennemsnit, og de punkterede linier hvorledes forholdet var ved de enkelte slæt.

Idet kløverarternes calciumindhold er ca. 3 gange højere end græsarternes, *Henriksen* (1968) er der ikke tvivl om, at kvælstofgødskningens ændring af den botaniske sammensætning har været stærkt medvirkende til faldet i Ca/P-kvotienten (tabel 16).

Konklusion

De gennemførte forsøg med varierende tilførsel af kvælstof, kalium og magnesiumgødning i kløvergræs har vist, at der i forbindelse med kvælstofgødskning sker en stærk reduktion af kløverbestandens, mens hverken kalium- eller magnesiumtilførsel påvirker den botaniske sammensætning. Da kløver og græs ikke har samme mineralstofsammensætning vil kvælstoffets indflydelse blive en kombination af direkte og indirekte virkning. Direkte ved udbyttmæssigt udslag og større kvælstofindhold, indirekte gennem nedsættelse af afgrødens calciumindhold, og derved medvirkende til et gunstigere forhold mellem calcium og fosfor til fordel for græssende dyr.

Ved tilførsel af kalium øges tørstoffets indhold af kalium stærkt, og dette giver sig udtryk i en stærk vekselvirkning mellem kalium og andre næringsstoffer som natrium, magnesium og calcium. Stigende indhold af kalium har medført et så kraftigt fald i natriumindholdet, at der for størstedelen af vækstsæsonen har været tale om et natriumindhold i afgrødens tørstof under den minimumskoncentration, der må anses for nødvendig i kvægfoder. Hvor der ikke er tilført kalium, har kvælstofgødskning forårsaget en betydelig stigning i afgrødens natriumindhold.

Når hele kaliummængden udbringes om for-

året, sænkes afgrødens magnesiumindhold i 1. slæt, hvorved faren for græstetani hos kvæget øges. I disse forsøg er en deling af kaliumgødskningen ad flere gange ikke udført, men det ligger nær at antage, at en sådan forholdsregel vil kunne mindske risikoen.

Litteratur:

- Bentholm, B.R. og Jacobsen, A. 1970:* Forsøg til belysning af vekselvirkningen mellem kvælstof, fosfor og kalium i kløvergræs. Foreningen af jyske Landboforeningers græsmarkssektion. Beretning, 1970: 13-15.
- Bohle, H. 1969:* Natriumdüngung zu Dauergrünland auf schweren Böden. Zeitschrift »Das wirtschaftseigene Futter«, Heft 2/1969: 112-127.
- Henriksen, Aage 1968:* Mineralstofindholdet i planter. »Alt det Nyeste«. Det kgl. danske Landhusholdningsselskab, Landhusholdningsselskabets Forlag, 1968: 42-53.
- Jacobsen, A. 1969:* Forsøg med stigende mængder kaliumgødning til kløvergræs 1965-69. Beretning om fællesforsøg i Landbo- og Husmandsforeningerne 1969: 180-183.
- Kemp, A. 1960:* Hypomagnesaemia in milking cows: The response of serum magnesium to alterations in herbage composition resulting from potash and nitrogen dressings on pasture. Netherlands Journal of Agricultural Science, 1960 Vol. 8: 281-304.
- Kemp, A. 1971:* The effect of K and N dressing on the mineral supply of grazing animals. »Potassium and Systems of Grassland Farming«. The potassium Institute, Ltd, 1971.
- Kofoed, A. Dam og Klausen, P.S. 1966:* Kvælstofgødning til kløvergræs og rent græs. Tidsskrift for Plan-teavl 73 (2): 203-246.
- Stuedemann, J.A. and Wilkinson, S.R. 1974:* The Magnesium-Tetany problem: Reprint from the Proceedings of the 1974 Beef Cattle Short Course, College of Agriculture, University of Georgia. January, 1974.
- Van Burg, P.F.J. 1966:* Nitrate as an indicator of the nitrogen-nutrient status of grass. Instituut voor Bodemvruchtbaarheid, 1966.

Manuskript modtaget 13. januar 1977