

Lantbruks- högskolans meddelanden



REPORTS OF THE AGRICULTURAL COLLEGE OF SWEDEN

Allmänt

GIÖBEL, G. och STEEN, E.: Inverkan av stigande mängder kalksalpeter på betets kemiska sammansättning

Ekonomi

Summary: *Effects of Increasing Quantities of Calcium Nitrate on the Chemical Composition of Pasture Grass*

Arbete · Maskiner Byggnader

Mark · Växter

Trädgård

SERIE A · NR 29 UPPSALA 1965

Husdjur

Lantbrukshögskolans meddelanden. Serie A.

1. Olofsson, N. E. † och Thomke, S. (ref.): Uppfödningsförsök med unghästar vid Ultuna 1952–1958. 1963. 3:—.
2. Johansson, O.: Markkarteringenens representativitet. 1963. 4:50.
3. Håkansson, S.: Inverkan av utsädesmängd och gödsling på höstsädens utveckling i två konkurrensförsök på Öland. 1963. 3:—.
4. Svensson, B.: Matpotatisens kvalitet. VI. Kupningsförsök. 1963. 3:—.
5. Kivimäe, A.: Varierande mängder protein i fodret till kycklingar och värphöns. 1963. 5:—.
6. Agerberg, L. S. och Björklund, C. M.: Förfruktsverkan belyst med svenska försöksresultat. 1963. 3:—.
7. Gummesson, G.: Kemisk bekämpning av flyghavre. I. Verkan av diallat och trialat på flyghavre samt vete och korn under olika betingelser. 1963. 2:—.
8. Åhman, G.: Försök med foderblandningar utan slaktavfall till avelsmink. 1963. 3:—.
9. Olofsson, S.: Magnesium, kalcium och kalium i betesgräs. 1964. 4:50.
10. Agerberg, L. S. och Roots, L.: Försök med bor. II. Åren 1953–1961. 1964. 3:—.
11. Johansson, J.: Olika lagringsmetoders inverkan på hållbarheten hos Ingrid Marie. 1964. 3:—.
12. Norin, S. och Johnsson, B.: Lönsamhet och resursåtgång vid specialiserad djurskötsel. 1964. 6:—.
13. Bengtsson, A.: Radavståndsförsök med rödklöver i slättervall. 1964. 2:—.
14. Johansson, I.: Årftligt betingade defekter hos svin. 1964. 5:—.
15. Bengtsson, A.: Utsädesmängdsförsök med rödklöver i slättervallar. 1964. 3:50.
16. Pettersson, A.: Inverkan av hög kalciumgiva på totalfettets och de enskilda fettsyrorernas smältbarhet hos växande svin. 1964. 3:—.
17. Gummesson, G.: Kemisk bekämpning av flyghavre. II. Resultat från försöksverksamheten 1960–1963. 1964. 3:50.
18. Bjurman, B.: Sortförsök med jordgubbar 1956–1963. 1964. 2:—.
19. Lindhé, B. och Liljedahl, L. E.: Avkommebedömning av tjurar för köttproduktion — en metodstudie. 1964. 3:50.
20. Florin, B., Jönsson, L. och Nilsson, K. O.: Fältförsök med NP-gödselmedel i vårsträsäd på lerjordar. 1964. 3:—.
21. Giöbel, G. och Steen, E.: Betets kemiska säsongvariation — resultat av tre fältförsök. 1964. 5:—.
22. Svensson, B.: Matpotatisens kvalitet. VII. Inverkan av ammoniumsulfat och kaliumsulfat på matpotatisens avkastning och kvalitet. 1964. 3:50.
23. Carlsson, H.: Utvecklingsförlopp och tillväxt hos potatis under vegetationsperioden. 1964. 5:—.
24. Olofsson, S.: Observationer av nötkreatur vid betesgång och stallutfodring. 1964. 7:—.
25. Heinonen, R.: Skorpbildning och skorpbrytning i vårsäd. 1965. 2:50.
26. Hagsand, E. och Ericsson, J.: Sortförsök med timotej och ängssvingel i mellersta och övre Norrland 1954–1962. 1965. 3:50.
27. Nyhlén, Å.: Gödslingsförsök med äpple vid Nyckelby åren 1940–1963. 1965. 2:50.
28. Svensson, B.: Inverkan av ljus på potatisknölar. 1965. 3:—.

LANTBRUKSHÖGSKOLANS MEDDELANDEN

Serie A nr 29

MARK · VÄXTER

UDK 633.2.03: 631.893.14

INVERKAN AV STIGANDE MÄNGDER
KALKSALPETER PÅ BETETS KEMISKA
SAMMANSÄTTNING

av

Gunnar Giöbel och Eliel Steen

Institutionen för växtodling, Uppsala 7

*Summary: Effects of Increasing Quantities of Calcium Nitrate on the Chemical Composition
of Pasture Grass*

UPPSALA 1965

INNEHÅLL

Inledning	3
Material och analyser	3
1. Kvävefraktionen	4
Råprotein	4
Nitratkväve	6
2. Mineralämnena	10
Kalium	10
Kalcium	12
Magnesium	13
Fosfor	15
Svavel	17
Sammanfattning	19
Summary	21
Litteraturförteckning	23

Järn- och kväve

INVERKAN AV STIGANDE MÄNGDER KALKSALPETER PÅ BETETS KEMISKA SAMMANSÄTTNING

av

Gunnar Giöbel och Eliel Steen

INLEDNING

Vid Statens jordbruksförsöks betesavdelning bedrevs under 1940- och 1950-talen en omfattande försöksverksamhet rörande växtnäringstillförsel till beten. Ledare för denna verksamhet var statsagronom Gunnar Giöbel. Undersökningarna omfattade fosfor, kalium och kväve samt kalk. Frågeställningarna gällde i första hand olika gödselmängders inverkan på skördens storlek. De viktigaste resultaten av dessa försök har redovisats i tre publikationer av Giöbel & Steen (1959, 1960 a, b). Resultaten visar kvävet dominerande inflytande på avkastningen i beten av den gräsrika typ, som är karakteristisk för intensiv betesproduktion i vårt land.

De nämnda arbetena diskuterar däremot inte kvävet inverkan på betets kvalitet, då kemiska analyser saknades vid materialets första bearbetning. Kompletteringar på den punkten har senare gjorts, då växtprov från samtliga försök, skördeår och skördar arkiverats. Av det stora materialet, sammanlagt 186 enskilda skördeår i 23 mångåriga försök, kunde endast ett mindre urval göras, eller 15 skördeår i 8 försök. Det sistnämnda materialet underkastades kemisk analys med avseende på ett antal i sammanhanget viktiga egenskaper. I samband med lantbrukshögskolans omorganisation 1962 övertogs analysmaterialet av försöksavdelningen för slutna växtodling vid institutionen för växtodling. Vid sistnämnda försöksavdelning har materialet slutgiltigt bearbetats och sammanställts i föreliggande publikation av statsagronom Eliel Steen. Agronom Lårus Jönsson och agr. stud. Kjell Ölmestrand har lämnat välvillig hjälp vid materialets statistiska analys och databehandling.

MATERIAL OCH ANALYSER

De kemiska undersökningarna gäller växtprov från två försöksserier med stigande mängder kväve till betesvall, den ena med ökade givor från 0 till 2000 kg kalksalpeter, den andra från 0 till 4800 kg kalksalpeter per hektar och år. Salpetern gavs

i 4 lika stora delgivor, på våren samt efter första, andra och tredje skörd. Försöksplatserna var i den förstnämnda serien Bjärka-Säby och Åhs i Östergötlands län, Kiplingeberg, Tuna och Risslinge i Uppsala län samt Uddeholm i Värmlands län. Den sistnämnda serien låg endast på två platser, Ultuna och Kungsängen i Uppsala län. Jordarten är på samtliga försöksplatser lera med växlande halt av lerm mineral från lättlera till styv lera. Marktillståndet karakteriserades under försökstiden av i genomsnitt otillfredsställande fosfattillstånd, ej fullt tillfredsställande kaliumtillstånd och reaktionstal varierande mellan 6.0 och 7.5.

I botaniskt hänseende var det i samtliga försök fråga om gräsrika vallar med 0–5 % gräs och 15–35 % örter. Gräsen dominerades vid Uddeholm, Risslinge, Kungsängen och Ultuna av ängsgröe och vid Tuna av timotej. Vid Bjärka-Säby och Kiplingeberg bestod gräsgruppen av 4–5 gräs utan någon dominant.

Försöken skördades 4 gånger per år i serien 0–2000 kg och 5 gånger i serien 0–4800 kg salpeter, vilket innebär att utvecklingsstadiet i medeltal var ett sent betesstadium. Försökens liggtid varierade från 3 till 10 år. För de kemiska analyserna utvaldes växtprov från följande år i de olika försöken: Åhs 1942, 1943, Kiplingeberg och Uddeholm 1943, 1944, Bjärka-Säby 1946, Tuna 1952, 1953, Risslinge 1953, 1954, Ultuna och Kungsängen 1949, 1950.

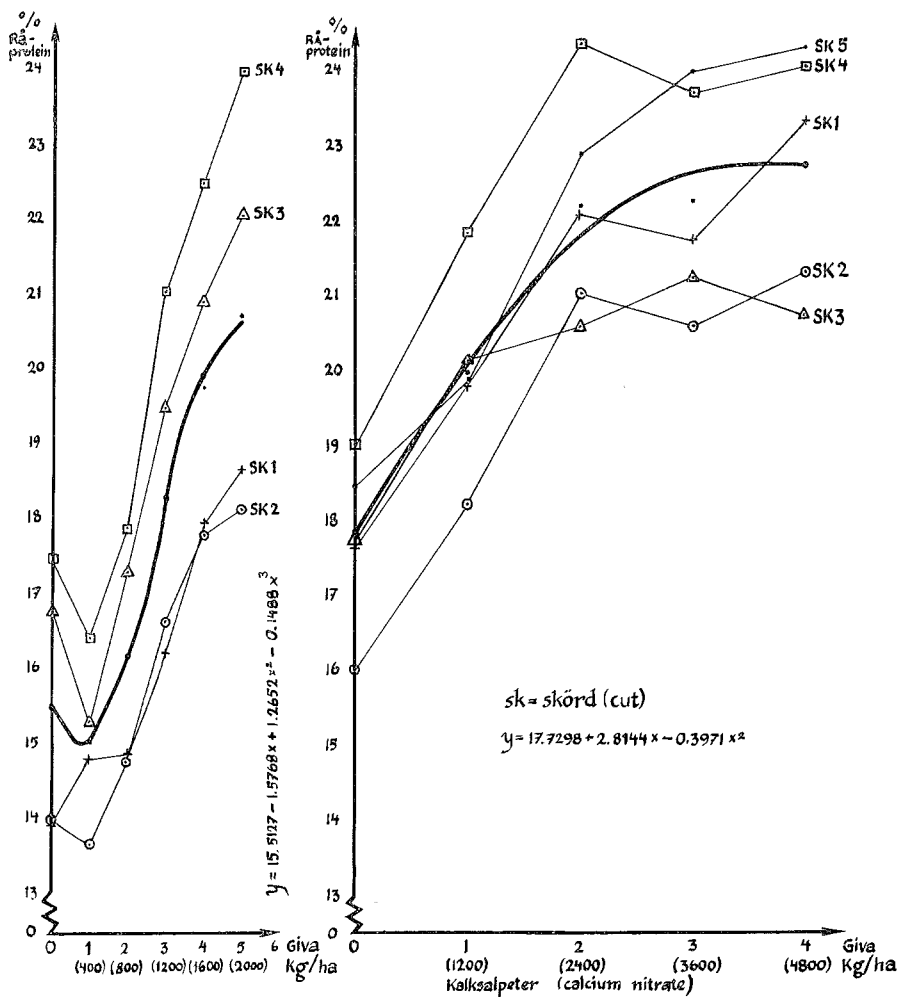
De kemiska analyserna omfattade råprotein, nitratkväve, kalium, fosfor, kalcium, magnesium och svavel. Önskvärt hade varit att även växttråd och lättlösliga kolhydrater bestämts. För de senares del var detta dock ej möjligt, då proven före analysen lagrats under ett antal år och dessförinnan torkats vid ganska hög temperatur.

1. Kvävefraktionen

Råprotein

Serien 0–2000 kg kalksalpeter

Resultaten åskådliggöres grafiskt i figur 1 a, där dels regressionslinjen för samtliga analysvärden återges, dels kurvorna för var och en av delskördarna. Ekvationen för råproteinhalten regression på kvävegivans storlek är som framgår av tredje graden. Det lineära sambandet dominerar och regressionen är positiv. Detta betyder att råproteinhalten stiger när salpetergivan ökar, vilket är ett allmänt känt förhållande. En markant avvikelse framträder emellertid på kurvan, i det att lägsta kvävegivan ger en nedgång i råproteinhalten jämfört med ögödslat. Avvikelsen är statistiskt signifikant. Den har nära samband med nedgången i baljväxthalt, som vid de låga kvävegivorna ej kompenseras av det tillförda kvävet's gödselverkan. Kurvans andra krökning återfinnes på den övre delen, dvs vid de två högsta kvävegivorna, där kurvan böjer mot x-axeln. Här har följaktligen kvävegödselns positiva effekt på rå-



FIGUR 1. Råprotein.

FIGURE 1. Crude protein.

proteinhalten börjat avtaga. Råproteinhalten är vid högsta givan 20.7 % mot 15.5 % i det ogödslade ledet. Varianskvoten för Mellan kvävmängder är 90.45^{***}.

Mellan skördetillfällena föreligger även signifikanta skillnader, $F = 96.23^{***}$. Högst är halten i fjärde skörd, näst högst i tredje skörd och lägst i första och andra skörd, vilka inbördes är tämligen lika. Kurvorna för de enskilda skördarna är också

av samma karaktär som regressionslinjen dvs genomlöper två böjningar men stiger i stort sett med ökade kvävegivor.

Serien 0–4800 kg kalksalpeter

Resultaten redovisas i figur 1 b. Som framgår är här kurvans ekvation av andra graden, ehuru det lineära sambandet är det dominerande. De funna värdena ligger ganska nära den beräknade linjen. Råproteinhalten stiger således med kvävegivans storlek, men stigningen avtar vid givan 2400 kg, är mycket liten vid 3600 kg och obefintlig vid 4800 kg salpeter. Råproteinhalten är då 22.7 % mot 17.8 % vid ogödslat. Någon depression vid den lägre givan förekommer inte, vilket beror på att den lägre givan är stor nog för en positiv gödselverkan på halten råprotein trots nedgången i baljväxtandel i vallen. Varianskvoten för Mellan kvävemängder är 67.69^{xxx}.

Även här är skillnaderna mellan olika skördar signifikanta ($F = 25.7^{***}$) och likaså ligger halterna högst i de två sista skördarna, dvs fjärde och femte skörd. Att första skörd dessutom ligger ganska högt sammanhänger med att den tagits tidigt.

Nitratkväve

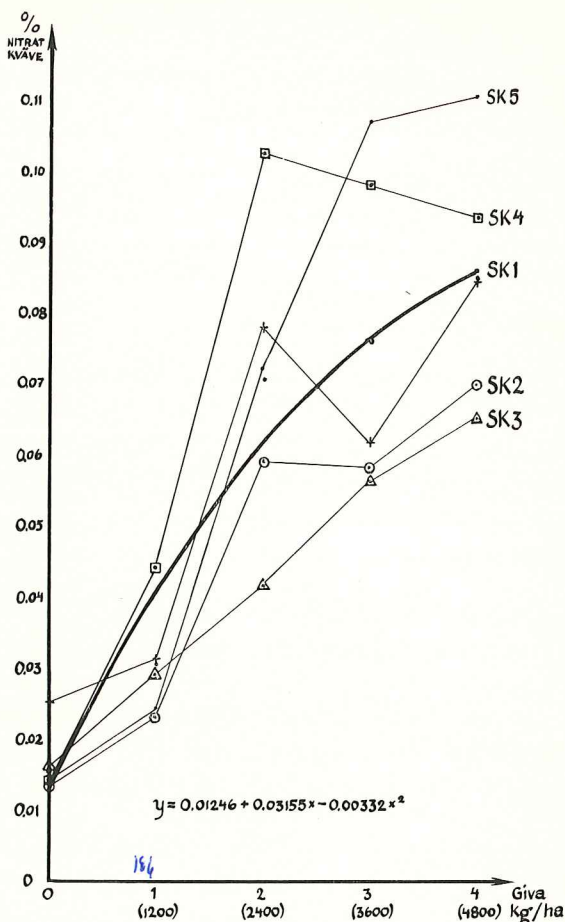
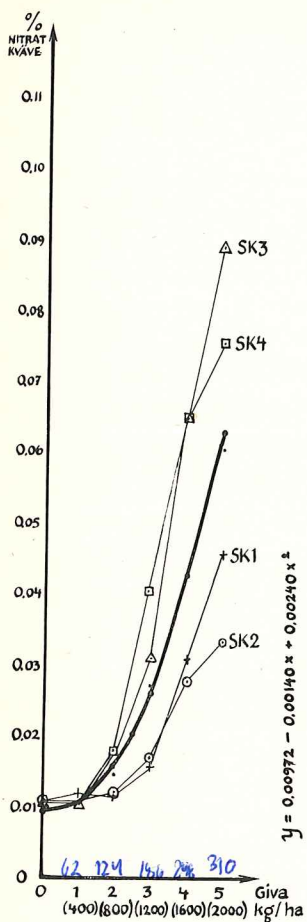
Serien 0–2000 kg kalksalpeter

Resultaten återfinnes i fig. 2 a, varav framgår att regressionslinjen beskriver en böjning vid de lägsta kvävegivorna och därpå ett i stort sett lineärt förlopp. Kurvans ekvation är således av andra graden. De empiriskt funna värdena ansluter nära till regressionslinjen. Nitrathalten ökar följaktligen med ökad salpetergödsling, svagt vid de två lägsta givorna, 400 och 800 kg, därefter ganska kraftigt i alla steg upp till 2000 kg. Nitratkvävehalten är då 0.06 % mot 0.01 % vid ogödslat. Variansanalys ger kvoten $F = 45.20^{***}$ för Mellan kvävemängder.

Delskördarnas kurvor beskriver i stort sett samma förlopp som regressionslinjen. Härvid ligger halten högst i de två sista skördarna, där vid den högsta kvävegivan uppnås värden kring 0.08 % nitratkväve. Varianskvoten för Mellan skördetillfällen är 15.51^{***}.

Serien 0–4800 kg kalksalpeter

Även i denna serie erhålles en krökt regressionslinje och man får en ekvation av andra graden. Regressionskoefficienten är även här hög och det lineära sambandet dominerar linjen. Andragsgradfunktionen har som synes en annan karaktär än i föregående serie, vilket bl.a. beror på gödslingsintervallens storlek. Redan i det första kväveledet, det ogödslade undantaget, är således givan uppe vid det förhållandevis höga talet 1200 kg salpeter. Utöver detta visar linjen att nitratkvävehalten ökar



FIGUR 2. Nitratkväve.
FIGURE 2. Nitrate nitrogen.

mindre hastigt efterhand och att det finns anledning räkna med en gödslingsnivå, som ej leder till ytterligare ökning av växtmaterialets nitratkvävehalt. Denna nivå är uppenbarligen ej uppnådd vid den högsta givan, 4800 kg salpeter, dvs 744 kg kväve per hektar och år. Nitratkvävehalten vid högsta givan är 0.085 %. Variationskvoten för Mellan kvävemängder är 46.00***.

Av delskördarna är som väntat nitratkvävehalten högst i de två sista skördarna. Ett direkt positivt samband mellan råprotein och nitratkväve föreligger normalt, dvs ökad råproteinhalt betyder ökad nitratkvävehalt. I varje fall gäller detta om ni-

trathaltiga gödselmedel orsakat råproteinökningen. Det högsta förekommande värdet finner man vid högsta salpetergivan i femte skörd, då halten uppgår till 0.11 %. Varianskvoten för Mellan skördetillfällen är $F = 8.00^{***}$.

Diskussion

Ovan redovisades kvävet som råprotein, dvs totalkvävehalten har multiplicerats med den konventionella faktorn 6.25. Betänkligheterna mot denna räkneoperation med hänsyn till olika proteiners, peptiders och aminosyror olika kvävehalt har diskuterats av Ekelund (1961, 1962). Råproteinsiffran utgör emellertid ett användbart grundmått på halten protider, dvs fria och i proteiner och peptider bundna aminosyror. Varken renprotein, smältbart renprotein eller smältbart råprotein ger mera upplysningar om kvävefraktionens värde ur näringsfysiologisk synvinkel, isynnerhet som den nuvarande kunskapen om amidernas och de oorganiska kväveföreningarnas värde för idisslarna är ganska ofullständig.

Oavsett detta visar materialet att råproteinhalten stiger, först hastigt och sedan allt långsammare, till en gödslingsnivå som ligger vid c:a 4000 kg salpeter per hektar och år, dvs c:a 1000 kg till varje delskörd. Därefter ökar inte råproteinhalten. Annorlunda uttryckt innebär detta att svar i form av ökad råproteinhalt på ökad gödseltillförsel erhålles upp till 150 kg rent kväve per hektar och gödslingstillfälle, dvs per delskörd. Under hänvisning till det tidigare av Giöbel & Steen (1960 s. 41) utgivna arbetet betyder denna allmänna slutsats att torrsubstansen tidigare än råproteinet når ett maximum som inte ytterligare kvävetillförsel förmår höja. För torrsubstansens del nås detta maximum redan vid c:a 100 kg rent kväve per skörd.

Mot torrsubstansen och råproteinet är det sedan av intresse att ställa nitratkvävet. I det redovisade materialet stiger nitratkvävehalten med ökande kvävetillförsel tydligt ännu vid de högsta förekommande givorna, dvs 1200 kg salpeter per ha eller 186 kg rent kväve per delskörd. Detta innebär att ökningen av de värdefullare kvävefraktionerna, fria och bundna aminosyror, håller jämna steg med ökningen av det mindre önskvärda nitratkvävet upp till en gödselgiva av c:a 150 kg rent kväve varefter proportionerna mellan de två förskjutes mot ökad relativ nitratandel. Var gränsen för nitratkvävehaltens ökning går ger inte det här redovisade materialet någon upplysning om, blott att den ligger högre än c:a 185 kg rent kväve per delskörd. Ur praktisk synpunkt är dock denna gräns av mindre intresse än det biologiskt värdefulla proteinets gräns vid c:a 150 kg kväve. I detta läge uppgår råproteinhalten till c:a 22.5 % och nitratkvävehalten till 0.08 %.

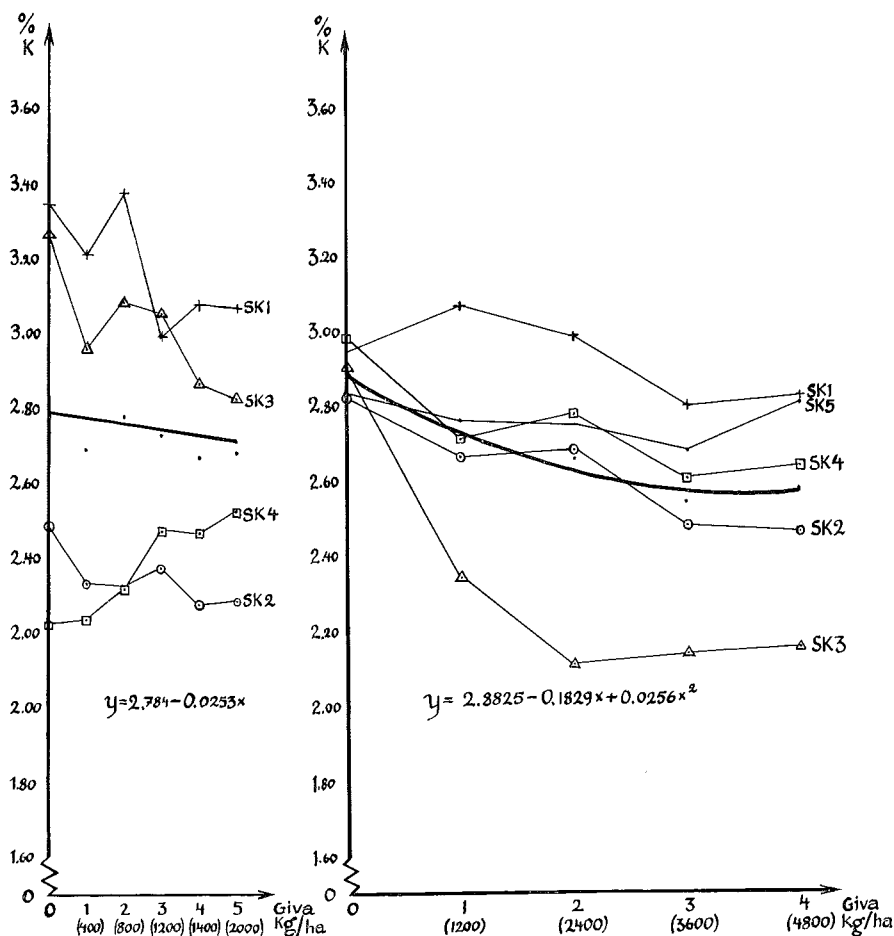
Det kan vara på sin plats att anföra några tidigare publicerade undersökningar över förgiftningsrisker vid intensiv salpetergödsling. I de äldsta försöken, härstam-

mande från USA, kom man till slutsatsen att nitratkvävehalter högre än 0.2 % innebär förgiftningsrisk för betande djur (Gilbert *et al.* 1946). I senare undersökningar i Holland har något högre siffror nämnts, eller 0.35 % nitratkväve, motsvarande 1.6 % nitrat och 2.5 % kaliumnitrat (t'Hart 1963).

De genomsnittliga siffrorna i det här presenterade materialet ligger således betydligt under de kritiska värdena enligt de citerade undersökningarna och skulle tyda på att risken för nitratförgiftning inte är särskilt stor ens när mycket riklig kvävegödsling tillämpas, vilket i praktisk drift innebär 1200–1500 kg kalksalpeter per hektar och år eller 300–350 kg per delgiva. Detta motsvarar 185–235 kg kväve sammanlagt och 45–55 kg kväve per delgiva.

Materialet gäller emellertid medeltal av ganska många försök och skördar. Vidare utgöres växtproven av generalprov från fyra samrutor. I enskilda fall kan därför avsevärt högre nitratkvävehalter förväntas i betesvegetationen. Detta har visats i en undersökning av Olofsson (1962), som bestämde nitratkvävehalten i bladdelar och stamdelar av timotej, ängssvingel, engelskt rajgräs, ängsgröe och rödsvingel vid olika tidpunkter efter kvävegödsling och vid olika utvecklingsstadier hos växtbeståndet. Ängssvingeln visade sig därvid ha särskilt hög nitratkvävehalt och vidare låg halterna högre i stam- än i bladdelarna. Nära efter gödslingen, dvs innan gräset nått 10 cm höjd, konstaterades extremvärden kring 0.5–0.6 % nitratkväve. Vid normalt betesstadium var halterna i många fall 0.15–0.25 %, isynnerhet i stamdelarna. Dessa resultat visar att toxiska nitratkvävehalter kan förekomma i betesvegetationen, men att de uppträder endast under speciella omständigheter. Normal betning innebär i någon mån ett urval av bladdelar framför stamdelar. Vidare motsvarar en dags betning ett stort generalprov, som utgör en viss garanti för utjämning av de extrema nitratkvävehalterna.

Under senare år har i olika västeuropeiska länder publicerats ett stort antal undersökningar om nitratkvävehalten vid olika stark kvävegödsling. Ferguson & Terry (1956) visade betydelsen av tidsintervallet mellan kvävegödsling och skörd. En kvävegiva om 600 kg kalksalpeter per hektar och skörd gav den maximala halten om 0.36 % nitratkväve i betet om skörd företogs efter 10–14 dagar, men avsevärt lägre halter om ett normalt tidsintervall om 3–4 veckor fick förflyta. Nowakowski (1960, 1962) anför värden för olika kvävegödselmedel givna i en mängd om 110 kg per hektar till vardera första och andra skörd. Kalksalpeter gav i medeltal en nitratkvävehalt om 0.138 %, ammoniumnitrat 0.142 %, ammoniumsulfat 0.039 % och urea 0.072 %. Gödsel given i fast form gav högre värden än i lösningar och sen gödsling, dvs 20 dagar efter skörd istället för omedelbart efter, ökade likaså nitralthalterna.



FIGUR 3. Kalium.

FIGURE 3. Potassium.

2. Mineralämnena

Kalium

Serien 0—2000 kg kalksalpeter

Kaliumanalyserna i denna serie redovisas i figur 3 a, varav framgår att regressionslinjen av kaliumhalten på kvävegivan kan återges som en linjär funktion. De funna värdenas spridning kring regressionslinjen är emellertid stor. Varianskvoten för gödselmängdens storlek, 1.90, är ej heller signifikant, dvs den stigande gödslingen

har inte signifikant påverkat kaliumhalten. Man kan således endast säga att regressionslinjen antyder en negativ regression eller att kaliumhalten minskar.

Mellan de olika delskördarna föreligger signifikanta skillnader i kaliumhalt med varianskvoten 121.45^{***}. Halten är härvid högst i första och tredje skörd och betydligt lägre i andra och fjärde skörd. Detta återspeglar i stort sett den vanliga säsongbildningen med de högsta kaliumhalterna vid den snabbaste betestillväxten, vilken normalt inträffar på försommaren och på sensommaren. Därtill kan de höga halterna i första skörd bero på att kaliumgödslingen utfördes på våren.

Serien 0–4800 kg kalksalpeter

Av figur 3 b framgår att även i denna serie kaliumhalten visar en tendens att sjunka med stigande kvävegödsling. Detta antydes av såväl regressionslinjen som sammanbindningslinjerna för delskördarnas värden. Varianskvoten för Mellan olika gödselmängder är 9.79^{***}, dvs signifikans föreligger för effekt av gödslingen.

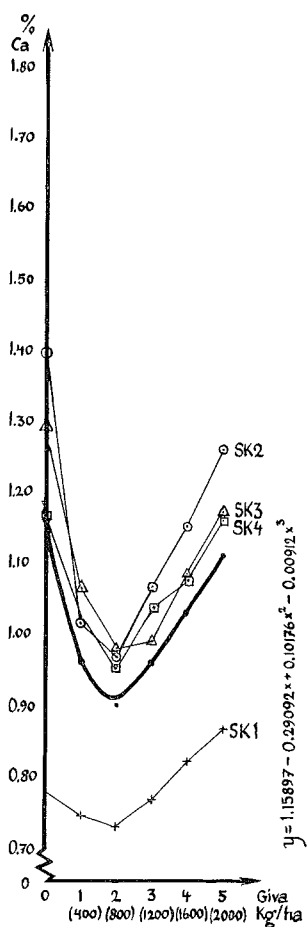
Signifikanta skillnader föreligger mellan skördarna, varianskvoten = 25.83^{***}, och även i denna serie är halten högst i första skörd. Lägst är halten genomgående i tredje skörd, dvs i en av högsommarskördarna.

Diskussion

Kalium förekommer i betesvegetationen normalt till en mängd av 2.5–3.0 procent av torrssubstansen. Kalium är således den kvantitativt viktigaste katjonen. Kännetecknande är vidare dess relativa lättörlighet i mark och växter.

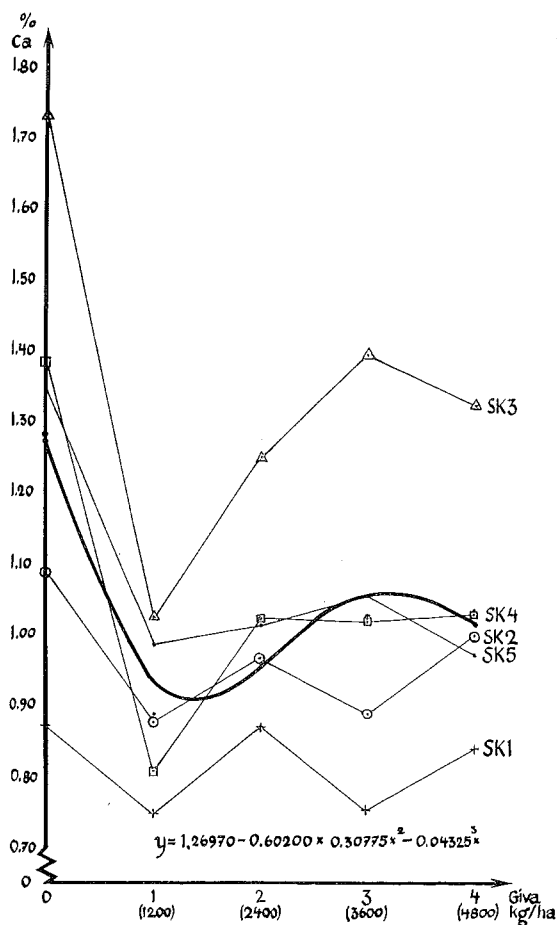
Resultaten av de redovisade försöken tyder närmast på att den intensiva gödslingen med salpeterkväve sänker kaliumhalten i betesvegetationen.

Minskningen av kaliumhalten vid höga salpetergivor kan bl.a. bero på att halten växttillgängligt kalium är begränsad i marken, på att botaniska förskjutningar äger rum och på att utvecklingsstadiet i betet genomgående är senare jämfört med de icke kvävegödslade eller svagt kvävegödslade leden. En ökning av kaliumhalten är däremot att vänta på grund av att den negativa NO₃-jonen utövar en samspelseffekt på den positiva K-jonen. Ett dylikt positivt samspel har framkommit i andra undersökningar, bl.a. av Olofsson (1964) samt Giöbel & Steen (1964). Det är svårt att här ge en slutgiltig förklaring till minskningen av kaliumhalten. Sannolikt samverkar flera faktorer, varvid förutom de tre nämnda även förekomst av kväve som positiv NH₄-jon är möjlig orsak. Mycket väsentlig är dock halten av växttillgängligt kalium i marken vid den snabba tillväxt som det är fråga om vid de högre kvävegivorna. Är denna halt begränsad sjunker kaliumhalten i betesvegetationen, är den riklig kan halten stiga.



FIGUR 4. Kalcium.

FIGURE 4. Calcium.



Kalcium

Serien 0–2000 kg kalksalpeter

Resultaten redovisas i figur 4 a, varav framgår att regressionsfunktionen är av tredje graden med en regressionslinje av formen assymetrisk parabel. Linjen visar att kvävegödslingen vid de lägre givorna haft negativ effekt så att kalciumhalten nått ett minimum, 0.90 %, vid givan 800 kg salpeter, varpå effekten varit positiv och halten stigit till 1.10 % vid 2000 kg salpeter. De funna värdena ligger nära den

beräknade linjen. Variansanalys ger en kvot för Mellan kvävemängder om 13.10^{***}.

De olika delskördarna uppvisar samma bild som regressionslinjen för alla skördarna. Av de olika skördarna avviker dock den första genom avsevärt lägre kalciumhalt än de övriga, som sinsemellan ligger ganska lika. Varianskvoten för Mellan skördetillfällen är 54.37^{***}.

Serien 0–4800 kg kalksalpeter

Regressionslinjen för kalcium har, som framgår av figur 4 b, ett något annat utseende än i föregående serie i det att linjen kröker mot x-linjen vid den högsta kvävegivan. I övrigt är likheten mellan de två linjerna ganska stor. Fig. 4 b visar emellertid att linjen här är osäkrare. De olika delskördarna uppvisar oregelbundnare värden och de funna värdena avviker mera från regressionslinjen än i serien med 2000 kg salpeter, dvs regressionskoefficienten är lägre. Av delskördarna utmärkes även i denna serie första skörd av de lägsta värdena. Varianskvoten för Mellan kvävemängder är 20.40^{***} och för Mellan skördetillfällen 17.60^{***}.

Diskussion

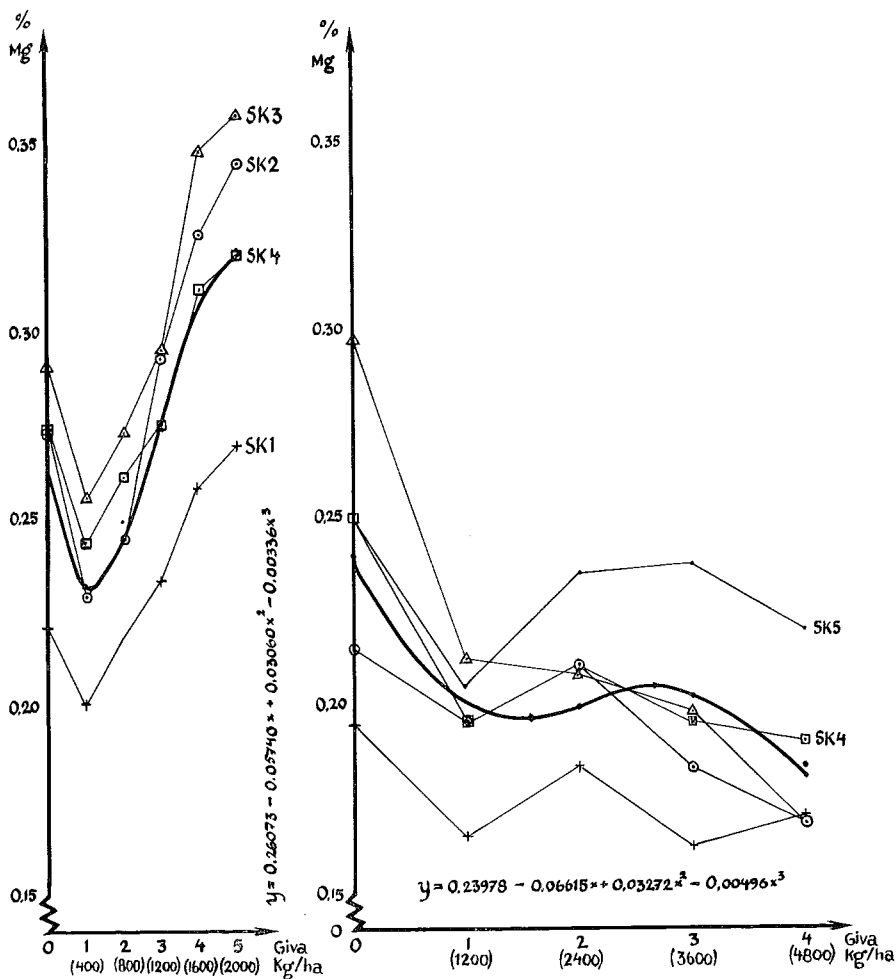
De redovisade resultaten antyder att kalciumhalten i betesvegetationen har ett ganska komplicerat samband med salpetergödslingen. Ett flertal olika faktorer påverkar den bild som kommer till uttryck i diagrammen och delvis motverkar de olika faktorerna varandra. Att kalciumhalten i båda serierna är hög i det icke kvävegödslade försöksledet beror sannolikt på det högre genomsnittliga inslaget av baljväxter och örter än i kväveleden. Den måttliga salpetergödslingen åstadkommer en botanisk förändring mot mera gräs och mindre örter inklusive baljväxter, varav följer minskad kalciumhalt. De högre kalciumvärdena vid hög salpetergödsling kan dels ha att göra med tillförsel av kalciumjoner med salpetern, som blir av viss betydelse vid de högre givorna, dels bero på en positiv samspelseffekt mellan de negativa nitratjonerna och de positiva kalciumjonerna.

De likaså signifikanta skillnaderna i båda serierna mellan olika skördar har sannolikt även att göra med ett flertal faktorer. De viktigaste torde vara de ovan påtalade botaniska förskjutningarna, med hög baljväxthalt under sommaren men låg under våren och hösten samt kalciumjonens olika tillgänglighet i marken vid olika vattenmättnad och marktemperatur. Vidare inverkar sannolikt växlande tillväxthastighet i olika skördar och ett negativt samspel mellan kalium- och kalciumjonerna.

Magnesium

Serien 0–2000 kalksalpeter

Bearbetningen av siffermaterialet från denna serie redovisas i figur 5 a. Härav framgår att det rör sig om en krökt regressionslinje av tredje graden. Från och med



FIGUR 5. Magnesium.

FIGURE 5. Magnesium.

den näst lägsta kvävegivan och i högre givor dominerar dock det lineära sambandet, som är positivt, dvs magnesiumhalten stiger med ökande kvävegödsling. De funna värdena ligger ganska nära den beräknade linjen. Linjens mest markanta drag är minimalt vid den lägsta kvävegivan. Detta kan, liksom för kalciums del, sannolikt förklaras av den botaniska förändringen från ett ört-baljväxtrikt till ett gräsdominerat bestånd. Detta innebär minskad magnesiumhalt, eftersom gräsen relativt sett

är magnesiumfattiga. Vid de högre kvävegivorna får man däremot en helt annan bild. Den gradvis ökande magnesiumhalten vid stigande kvävegödsling måste ha en annan orsak och sannolikt har detta att göra med en positiv samspelseffekt mellan Mg- och NO_3 -jonerna. Därtill kan tillförsel av magnesium med kalksalpetern vara bidragande orsak. Halten växttillgängligt magnesium i marken har uppenbarligen inte varit begränsande faktor. Varianskvoten för Mellan kvävemängder är 28.00^{***} .

De signifikanta skillnaderna i magnesiumhalt mellan olika skördar ($F = 30.85^{***}$) visar framförallt att första skörd avviker från de andra genom lägre halt av magnesium. I övrigt urskiljer man ett svagt maximum i de två mellersta skördarna, dvs under hög- och eftersommaren.

Serien 0–4800 kg kalksalpeter

Av figur 5 b framgår att regressionslinjen i denna serie har ett ganska annorlunda utseende än i föregående. Linjen är visserligen krökt och av tredje graden men en linjär negativ regression dominerar. Spridningen kring linjen är dock stor, vilket även illustreras av delskördarnas sammanbindningslinjer. Resultaten är därför något osäkra och svåra att tolka även om varianskvoten för Mellan kvävemängder är signifikant, $F = 20.40^{***}$.

Mellan de olika skördetillfällena är varianskvoten signifikant, $F = 17.60^{***}$. Halten ligger genomgående lägst i första skörd och är i medeltal högst i femte skörd.

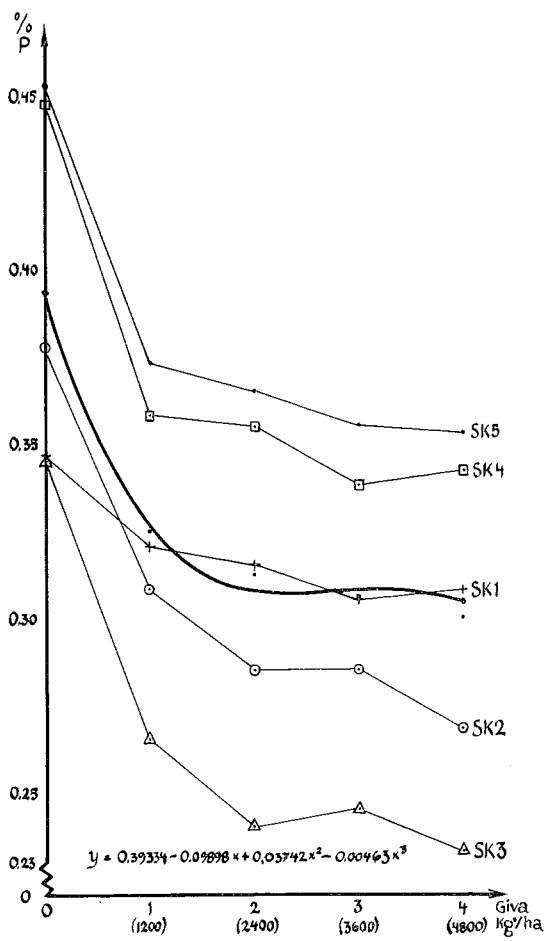
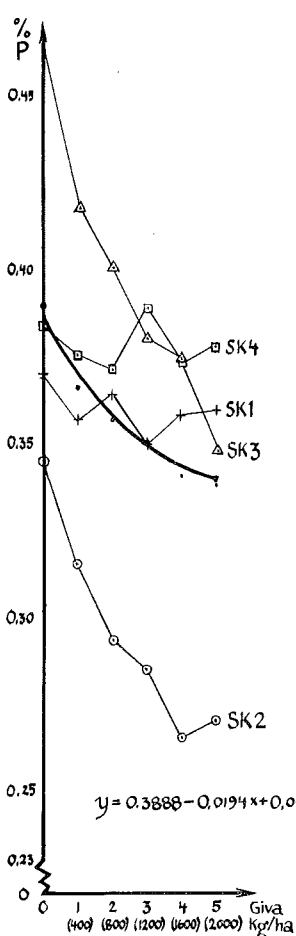
Diskussion

Resultaten från de två försöksserierna vad gäller magnesium visar ganska olika tendenser. I den ena serien är förhållandet till kvävegödslingen positivt, i den andra närmast negativt. Detta illustrerar risken av att dra alltför generella slutsatser av en mindre försöksserie. När det gäller kemiska jämvikter är emellertid dylika olikheter att vänta. I en situation kan balansen väga över åt det ena, i nästa situation åt det andra hållet. Under senare år har dessa förhållanden ingående studerats i Holland, bl.a. av Said (1959) samt av de Wit, Dijkshoorn & Noggle (1963) och Dijkshoorn (1963). Man torde dock kunna säga mera allmänt att intensifierad salpetergödsling leder till höjd magnesiumhalt i betet om mängden växttillgängligt magnesium i marken är hög. Är denna tillgång begränsad orsakar däremot salpetergödslingen snarast en sänkning. De botaniska förändringarna genom kvävegödslingen spelar dock även här in.

Fosfor

Serien 0–2000 kg kalksalpeter

Analysmaterialet redovisas grafiskt i figur 6 a. Man erhåller en andra grads regressionslinje med den lineära funktionen starkt dominerande. Regressionen är ne-



FIGUR 6. Fosfor.
FIGURE 6. Phosphorus.

gativ. Spridningen av de empiriskt funna värdena kring linjen är liten, dvs regressionskoefficienten är hög. Variansanalysen ger en signifikant kvot för Mellan kvävemängder eller $F = 19.22^{***}$. Två av delskördarna stämmer väl överens med regressionslinjen, två andra mindre väl. Resultaten betyder att fosforhalten sjunker med stigande kvävegödsling, från 0.39 till 0.34 % i torrsubstansen.

Av de olika delskördarna ligger halten genomgående lägst i den andra och i medeltal högst i den tredje. Variansanalysen ger för Mellan skördetillfällen kvoten 105.78^{***} .

Serien 0–4800 kg kalksalpeter

Av figur 6 b framgår att även i denna serie föreligger en krökt regressionslinje, här av tredje graden, med negativ regression. Den lineära delen av funktionen är dock mindre framträdande. Spridningen av de funna värdena kring linjen är måttlig. Variansanalys för Mellan kvävemängder ger $F = 98.00^{***}$. Fosforhalten sjunker följaktligen med stigande kvävegödsling, men nedgången är kraftig i början, dvs vid de lägre givorna, och betydligt mindre vid de högre givorna.

Mellan olika skördar är varianskvoten $F = 146.67^{***}$. Lägst är halten i tredje skörd, högst i femte skörd. Värgödslingen med superfosfat har således inte ytrat sig i särskilt hög fosforhalt i första skörd.

Diskussion

I båda serierna påverkar den stigande salpetergödslingen fosforhalten i betet så att denna sjunker med högre kvävegivor. Den rikliga salpetergödslingen innebär en koncentration i det översta markskiktet av NO_3 -joner, som kan antagas utöva en antagonistisk verkan på de likaså negativa H_2PO_4 -jonerna. Troligtvis spelar emellertid andra orsaker sin roll, såsom olika tillväxthastighet i olika led med snabbare tillväxt i kväveleden, vilket kan ge upphov till en utspädningseffekt av fosforhalten. Sänkande på fosforhalten verkar även den omständigheten att den snabbare tillväxten vid högre kvävegivor betyder ett genomsnittligt senare utvecklingsstadium vid samtidig skörd än vid lägre kvävegivor.

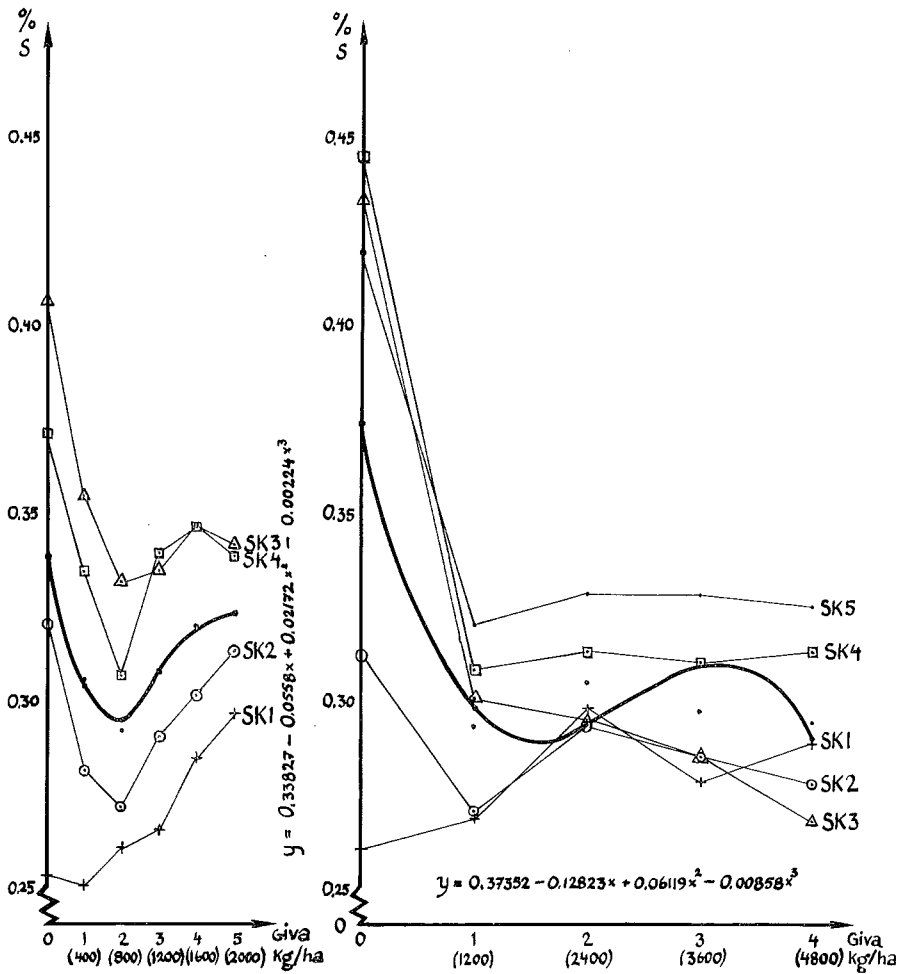
Beträffande de signifikanta skillnaderna i fosforhalt mellan olika skördar kan sägas att någon klar lagbundenhet är svår att utläsa. Känt är dock att fosforhalten har nära samband med nederbörd och markfuktighet på så sätt att fosforhalten är högre under regniga år och perioder än under torra. Fosfors relativa svårslöslighet gör vidare att fosfatgödslingen på våren inte synes ha något inflytande på fosforhaltens säsongkurva.

Svavel

Serien 0–2000 kg kalksalpeter

Av figur 7 a framgår att regressionslinjen för svavlet beskrives av en tredje gradens ekvation. Punkterna ansluter ganska väl till linjen. En kurva erhålles som återger svavelhaltens avtagande vid de tre lägsta givorna och tilltagande vid de tre högsta. Variansanalys för Mellan kvävemängder ger varianskvoten $F = 10.00^{***}$.

De olika delskördarna uppvisar en ganska lika bild om man undantar skörd 1, där halten successivt stiger i de sex kväveleden. Skörd 1 har dock genomgående lägsta halterna. Högst ligger de i skördarna 3 och 4, dvs de två sista. Varianskvoten för Mellan skördetillfällen är 90.38^{***} .



FIGUR 7. Svavel.
 FIGURE 7. Sulphur.

Serien 0-4800 kg kalksalpeter

Av figur 7 b framgår att svavelhaltens regression på kvävegivans storlek beskriver en regressionslinje av tredje graden med i stort sett negativ regression. Spridningen av de funna värdena kring linjen är dock stor, varför sambandet mellan svavelhalt och kvävegödsling blir något oklart. Variansanalys för Mellan kvävemängder ger den signifikanta kvoten $F = 40.00^{***}$.

De olika delskördarna ger en något olika bild vad gäller det icke kvävegödslande ledet. I alla de fem kvävegödslande leden är överensstämmelsen däremot god. Lägst är halten i första och andra skörd, högst i femte skörd. Varianskvoten för Mellan skördetillfällen är 28.68***.

Diskussion

I båda försökserierna innehåller betet mera svavel i det icke kvävegödslande ledet än i de kvävegödslande, vilket sannolikt har att göra med den botaniska förskjutning mot mera gräs som äger rum vid kvävegödsling. Mellan de olika kvävenivåerna är skillnaderna däremot betydligt mindre. Svavel uppträder i markvätskan som SO_4 -jon och kan i egenskap av anjon stå i ett antagonistiskt förhållande till NO_3 - och H_2PO_4 -joner. Någon sådan negativ effekt kan emellertid inte säkert urskiljas.

Normalt är svaveltillgången i våra jordar relativt begränsad. Den snabba betestillväxten vid riklig kvävegödsling kan med hänsyn härtill förväntas sänka svavelhalten. Snabb tillväxt genom kvävegödsling är å andra sidan mestadels åtföljd av hög halt råprotein, i vars aminosyror svavel är en beståndsdel. Detta skulle snarast åstadkomma högre svavelhalt vid ökad salpetergödsling. Flera andra faktorer kan sannolikt anföras som betydelsefulla i sammanhanget.

Den i stort sett ökade svavelhalten under säsongen kan bl.a. ha att göra med tidsintervallet mellan de olika skördarna. Grovt räknat ökar detta från första till sista skörd. När det gäller svavelupptagandet kan detta vara av utslagsgivande betydelse i en situation med begränsad halt växttillgängligt svavel. Längre tid för upptagande kan då kompensera den begränsade tillgången och halten vara högre än vid kort växttid. Samma förhållande kan f.ö. gälla fosfor.

SAMMANFATTNING

Betets kemiska sammansättning vid stigande kalksalpetergödsling undersöktes i 8 mångåriga försök i betesvall på övervägande lerjordar i Mellansverige, i vilka urval gjordes så att 15 enskilda försöksår blev representerade. Följande egenskaper undersöktes: Råprotein, nitratkväve, kalium, kalcium, magnesium, fosfor och svavel. Skörd verkställdes i regel 3–4 veckor efter kvävegödsling. Betets genomsnittliga botaniska sammansättning vid försökens anläggning var 10 % baljväxter, 70 % gräs och 20 % örter.

Råprotein. Halten ökade upp till gödslingsnivån 150 kg kväve per hektar och skörd eller 600 kg kväve per hektar och år med 4 skördar. Lineär var dock ökningen endast till c:a 60 kg kväve per hektar och skörd, dvs 240 kg kväve eller 1600 kg kalksalpeter per hektar och år. Halten var genomgående något högre i de två sista skördarna.

Nitratkväve. Halten ökade med stigande kvävegödsling ännu vid den högsta givan i försöken som var 185 kg kväve per hektar och skörd. Halten var då i medeltal 0.085 % i torrsubstansen, en nivå som ej kan anses vara giftig för nötkreatur. I stort sett linjär var ökningen upp till c:a 75 kg kväve per hektar och skörd, dvs 300 kg kväve eller 2000 kg kalksalpeter per hektar och år.

Torrsubstans. I en tidigare redovisning från samma försöksserie kunde visas att torrsubstansskörden ej ökade ovanför kvävegödslingsnivån 100 kg kväve per hektar och skörd med linjär ökning upp till c:a 40 kg kväve per hektar och skörd, dvs 160 kg kväve eller 1000 kg kalksalpeter per hektar och år.

Kalium. Halten visade tendens att minska med ökande kvävegödsling. Minskningen var i stort sett likartad i alla delskördarna. Orsaken till nedgången diskuteras. Bland olika faktorer nämnes begränsad kaliumtillgång i marken, botaniska förskjutningar, senare utvecklingsstadium på grund av snabbare tillväxt vid höga kvävegivor samt förekomst av NH_4 -joner med antagonistisk effekt på K-jonerna.

Kalcium. Halten varierade något oregelbundet även om utslagen för kvävegödslingen var signifikanta. Den botaniska förskjutningen mot mera gräs vid ökande kvävegödsling åstadkommer sänkt kalciumhalt. Den höga kalksalpetergödslingen kan å andra sidan medföra något ökad halt på grund av tillförseln av Ca-joner till marken med gödseln. En positiv samspelseffekt mellan NO_3^- och Ca-joner är också sannolik. Dessa olika faktorer kan förklara att kalciumhalten är hög vid ingen eller liten kvävegödsling, låg vid medelhöga kvävegivor och återigen högre vid den rikligaste kvävegödslingen.

Magnesium. Haltens regression på kvävegivans storlek var i stort sett av samma typ som för kalcium och även förklaringarna torde vara desamma. Resultaten för magnesiums del illustrerar även den labila kemiska jämvikten i kontakten mellan markvätska och växtrötter. Halten kan i ett läge minska, för att i nästa läge och efter helt små förändringar, istället öka.

Fosfor. Halten sjönk signifikant med ökande kvävegödsling. De olika delskördarna gav i stort sett samma bild. Bland orsakerna till nedgången i fosforhalt nämnes negativt samspel med NO_3^- -joner och snabbare tillväxt vid hög kvävegödsling med utspädningsseffekt som följd.

Svavel. Haltens regression på kvävegivan var något komplicerad och påminde om kalciums. Högsta svavelhalten erhöles i de icke kvävegödslade leden, lägsta halten vid de medelhöga kvävegivorna. Av inverkanse faktorer nämnes bl.a. botaniska förändringar, negativt samspel med NO_3^- -joner samt positivt samband med råproteinhalten.

SUMMARY

The influence of increasing amounts of calcium nitrate on the chemical composition of pasture grass was investigated in 8 experiments in grazing leys on clay soils in Central Sweden. In the trials 15 different harvest years were represented. The analyses comprised crude protein, nitrate nitrogen, potassium, calcium, magnesium, phosphorus and sulphur. The plots were cut 3—4 weeks after nitrogen dressing. The average botanical composition of the sward when starting the experiments was 10 % legumes, 70 % grasses and 20 % herbs.

Crude protein. (Figure no. 1). The content increased up to the fertilizer level of 150 lbs per acre and cut or 600 lbs per acre and year. The increase was approximately rectilinear up to about 60 lbs per acre and cut, or 240 lbs per acre and year.

Nitrate nitrogen. (Figure no. 2). The content increased in the same way as crude protein, but was still increasing at the highest dressing applied, or 185 lbs per acre and cut. The NO_3 -nitrogen content was then on average 0.085 % in the dry matter. The increase was approximately rectilinear up to about 75 lbs per acre and cut, or 300 lbs per acre and year.

Potassium. (Figure no. 3). The content was slightly decreased by the nitrogen fertilization and the picture was the same in all cuts. The reasons for the decrease are discussed. Among probable influencing factors are mentioned limited supply of potassium in the soil, botanical changes, a later stage of development caused by more rapid growth at high nitrogen dressing and the antagonistic effect of NH_4 -ions on the K-ions.

Calcium. (Figure no. 4). The content showed an irregular variation. The effects, however, were significant. The increase of grasses at high dressing levels of nitrogen exerts a depressing effect on the content of calcium. On the other hand the high quantities of calcium nitrate means an increase of Ca-ions in the soil, which can have a positive effect on the Ca-content in the herbage. A positive interaction between NO_3 - and Ca-ions is possible too. Those different factors may explain why the calcium content is high at no or light nitrogen dressing, low at intermediate and rather high at the heaviest nitrogen dressings.

Magnesium. (Figure no. 5). The regression line is similar to that of calcium and the explanations given for calcium seem to be valid also for magnesium. The magnesium curves in the two series (Figures no. 5 a and b) are, however, a little different and illustrate the rapid change of the chemical balance from one situation to another, characterized by the shift from increasing to decreasing magnesium values.

Phosphorus. (Figure no. 6). The content decreased significantly with increasing

amounts of nitrogen, and the same picture was present in all cuts. Among the reasons for this are mentioned a negative interaction between NO_3^- and H_2PO_4^- ions and a more rapid growth at high nitrogen dressing, which means a dilutive effect on phosphorus.

Sulphur. (Figure no. 7). The regression line of sulphur on the nitrogen dressing level was a little complicated. The highest values were present in the treatment with no nitrogen, the lowest at intermediate nitrogen dressings. Influencing factors mentioned are botanical changes, a negative interaction with NO_3^- ions and a positive correlation with the content of crude protein.

LITTERATURFÖRTECKNING

- DIJKSHOORN, W. 1963. The balance, utilization and accumulation of the major elements in grass. *Proc. 1st Regional conf. Int. Potash Inst. Wexford 1963*, 43–62.
- EKELUND, S. 1961. Kemisk analys i kvalitetsbedömning av fodermedel. *St. Lantbrkem. Kontrollanst. Medd.* 24. Bil. IV, 21–27.
- EKELUND, S. 1962. Foderanalysen och dess brister. *Jord—Gröda—Djur 1962*, 135–144.
- FERGUSON, W. S. & TERRY, R. A. 1956. The effect of nitrogenous fertilizers on the non-protein nitrogenous fraction of grassland herbage. *J. agric. Sci.* 48, 149–152.
- GILBERT, C. S. ET. AL. 1946. Nitrate accumulation in cultivated plants and weeds. *Univ. Wyo. Agr. Exp. Stn. Bull.* 49, 1–39.
- GIÖBEL, G. & STEEN, E. 1959. Gödsling med fosfor och kalium i betesförsök på åkerjord med och utan tillförsel av kväve. *St. Jordbr. Förs. Medd.* 102, 1–29.
- GIÖBEL, G. & STEEN, E. 1960 a. Gödslingsförsök i naturlig betesmark. *St. Jordbr. Förs. Medd.* 109, 1–59.
- GIÖBEL, G. & STEEN, E. 1960 b. Försök med stigande mängder kväve till mångårig betesvall. *St. Jordbr. Förs. Medd.* 112, 1–58.
- GIÖBEL, G. & STEEN, E. 1964. Betets kemiska säsongvariation — resultat av tre fältförsök. *Lantbr. Högsk. Medd. Ser. A.* 21, 1–43.
- T'HART, M. L. 1964. Innehållet av olika kemiska komponenter i gräs vid intensiv beteskötsel. *Nord. Jordbr. Forsk. Suppl.* 9, 665–675.
- NOWAKOWSKI, T. Z. 1961. The effect of different nitrogenous fertilizers, applied as solids or solutions, on the yield and nitrate N content of established grass and newly sown rye grass. *J. agric. Sci.* 56, 287–292.
- NOWAKOWSKI, T. Z. 1962. Effects of nitrogen fertilizers on total nitrogen, soluble nitrogen and soluble carbohydrate contents of grass. *J. agric. Sci.* 59, 387–392.
- OLOFSSON, S. 1962. Tillväxt och kemisk sammansättning hos några vallgräs under våren och försommaren. *St. Jordbr. Förs. Medd.* 135.
- OLOFSSON, S. 1964. Magnesium, kalcium och kalium i betesgräs. *Lantbr. Högsk. Medd. Ser. A.* 9, 1–40.
- SAID, I. M. 1959. Cation selectivity and cation — anion balance as factors governing the mineral composition of pasture herbage. *Versl. Landbouwk. Onderz.* 65: 16.
- DE WIT, C. T., DIJKSHOORN, W. & NOGGLE, J. C. 1963. Ionic balance and growth of plants. *Versl. Landbouwk. Onderz.* 69: 15.

Distribution
LT:s förlag
Pris 2:50