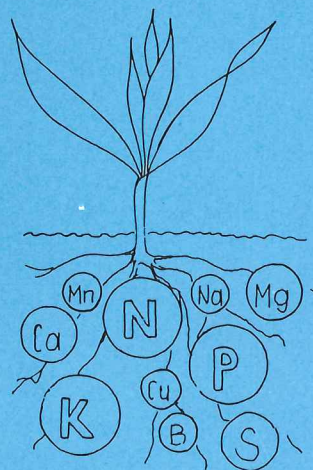


**SVERIGES
LANTBRUKSUNIVERSITET**

**KALIUMGÖDSLINGSEFFEKTENS
BEROENDE AV BALANSEN MELLAN
KALIUM OCH MAGNESIUM.
I. KÄRLFÖRSÖK**

**EFFECTS OF POTASSIUM FERTILIZATION DEPENDING
ON THE BALANCE BETWEEN POTASSIUM AND
MAGNESIUM I. POT EXPERIMENTS**

**MAGNUS HAHLIN, LENNART JOHANSSON
OCH LARS GUNNAR NILSSON**



**Institutionen för markvetenskap
Avd. för växtnäringslära**

**Swedish University of Agricultural Sciences
Dept. of Soil Sciences
Division of Soil Fertility**

**Rapport 131
Report**

Uppsala 1980
ISSN 0348-3541
ISBN 91-576-0692-7

KALIUMGÖDSLINGSEFFEKTENS BEROENDE AV BALANSEN MELLAN KALIUM OCH
MAGNESIUM. I. KÄRLFÖRSÖK

Magnus Hahlin, Lennart Johansson och Lars Gunnar Nilsson

- I ett treårigt kärlförsök har studerats möjligheterna att skapa och vidmakthålla varierande sammansättning hos jordens basutbyteskomplex samt dennas inverkan på skörden av havre, raps och alsikeklöver.
- Försöksplanen har omfattat samtliga 15 kombinationer av 3 Ca-mättnadsgrader (30, 50 och 70 %) och 5 K:Mg-förhållanden i utbyteskomplexet vid en sammanlagd mättnadsgrad för K och Mg på 20 procent. De planerade katjonsammansättningarna har erhållits genom tillsättning av hydroxider av Ca, K och Mg till försöksjorden, som var en mullrik lerig mojord med en basutbyteskapacitet på 26 m e per 100 g jord och en basmättnadsgrad på endast 25 procent.
- Av de tillsatta katjonerna har en del fixerats i icke utbytbar form. För att uppnå de eftersträlvade mättnadsgraderna har behövt tillsättas av Ca 25-40 %, av K 25-50 % och av Mg 100 % mer än de teoretiskt beräknade.
- Mängden utbytbara katjoner har under vegetationsperioden påverkats inte bara av grödornas upptagning utan även av fortsatt fixering eller frigörning av hårt bundna näringsämnen. Vid låga K-mättnadsgrader har tidigare hårt bundet K frigjorts och blivit växttillgängligt, medan vid höga K-mättnadsgrader tidigare utbytbart K fixerats. Någon frigörelse av hårt bundet Mg eller Ca har inte förekommit utan i stället har vid alla mättnadsgrader tidigare utbytbart Mg och Ca fixerats, en fixering som genomgående ökat med stigande mättnadsgrad av respektive ämne.
- Fixeringens storlek har påverkats av växtslaget. K-fixeringen har varit större efter odling av havre än efter raps och alsikeklöver, medan både Mg och Ca fixerats mest vid odling av raps.
- Variationerna i katjonsammansättningen i jordens utbyteskomplex har haft förhållandevis liten inverkan på torrsubstansskörden, medan utslagen varit större på upptagningen av K, Mg och Ca.
- Effekterna på grödan av förändringar i katjonsammansättningen har stigit i ordningen: grönfoderraps - havre - alsikeklöver.
- Højning av Ca-mättnadsgraden har ökat upptagningen av både Ca och K, men minskat upptagningen av Mg.
- Vid ökad K/Mg-kvot i utbyteskomplexet har upptagningen av K ökat samtidigt som upptagningen av Mg minskat kraftigt, medan upptagningen av Ca minskat i mindre omfattning.
- I både havre och raps har de högsta skördarna erhållits vid 70 % Ca-mättnadsgrad, medan i alsikeklöver högsta skördarna erhållits vid 50 % Ca-mättnad.
- I samtliga grödor har oberoende av Ca-mättnadsgrad de högsta skördarna erhållits vid K/Mg-förhållanden i utbyteskomplexet på 5:15 eller 10:10.

INLEDNING

Det är ett välkänt förhållande, att växterna behöver ett stort antal näringsämnen för att utvecklas normalt. Bristssituationer uppstår emelland, vilket leder till skördebortfall och i många fall även till kvalitetsnedsättningar. Orsakerna till att det uppkommer näringsbrist kan vara flera. En vanlig är, att jordens totalinnehåll är för litet. En annan ofta förekommande orsak är låg transformationshastighet av svårösliga föreningar i jorden till växttillgängliga fraktioner. Denna leveransförmåga kan i många fall kraftigt påverkas av förändringar i markens kalktillstånd. Som en tredje anledning till bristssituationer kan nämnas rubbningar i näringsupptagandet, betingade av en obalans mellan näringsämnen i marken. Som ett typiskt exempel härpå kan anföras konkurrensförhållandet mellan kalium- och magnesiumjonerna.

En förutsättning för att jorden skall erbjuda grödorna goda växtbetingelser är, att den har ett gynnsamt kalktillstånd, d v s ett lämpligt förhållande mellan vätejoner och metallkationer i utbyteskomplexet. Det är dock inte endast mellan dessa båda huvudgrupper som det måste råda en god balans, utan det är viktigt att även proportionerna mellan de i kolloidkomplexet ingående metallkationerna är lämpliga. Som en eftersträvad jonsammansättning på markkolloiderna anföres att utbyteskomplexet på ekvivalentbasis bör bestå av 65 % kalcium (Ca), 10 % magnesium (Mg), 5 % kalium (K) och 20 % väte (H) (Bear & Toth, 1948).

Mindre avvikelser från den ideala sammansättningen kan dock tolereras utan att negativa återverkningar uppstår på skördeutbytet och enligt Graham (1959) erhålles ingen nämnvärd effekt på avkastningen vid variationer i Ca-halten mellan 65 och 85 procent, i Mg-halten mellan 6 och 12 procent och i K-halten mellan 2 och 5 procent. Större avvikelser i jonsammansättningen kan däremot påverka skörden negativt.

Förekomsten av antagonism mellan olika växtnäringsämnen medför att allt för höga halter av ett ämne inte bara ökar upptagningen av detta utan även hämmar upptagningen av andra. Många exempel finnes där kaliumtillförsel har minskat magnesiumupptagningen (Schnorr, 1963; Hasler & Pulver, 1964; Salmon, 1964; Alston, 1966; Birch et al, 1966; Grunes et al, 1968; Baerug, 1977). Det har även rapporterats motsatsen, nämligen att magnesium kan undertrycka kaliumupptagningen (Edwards, 1967). Det är också mycket som tyder på att den förgiftning av magnesium som uppgetts kunna inträffa (Loew & May, 1901; Aso, 1902) i stället är en stark kaliumbrist.

Ammoniumjonen (NH_4^+) som i kemiskt hänseende står kaliumjonen nära, synes ha en motsvarande blockerande effekt på grödornas magnesiumupptagning som kaliumjonen (Mulder, 1958; Werner, 1959; Schnorr, 1963; Hasler & Pulver, 1964; Jacobsen, 1967).

Det föreligger även ett antagonistförhållande mellan kalcium och magnesium, vilket har rapporterats av bl a Welte & Werner (1964), men Ca/Mg-kvoten förefaller ha ett betydligt mindre inflytande på avkastningen än K/Mg-kvoten (Hunter, 1964; Foy & Barber, 1958).

Beträffande olika grödors magnesiumbehov förefaller grödor med relativt snabb utveckling reagera starkare för magnesiumgödsling än grödor med en längre vegetationsperiod. Från svenska magnesiumgödslingsförsök rapporteras att de positiva utslagen för magnesium är betydligt mer markerade och entydiga i potatis än i sockerbetor (Nilsson, 1975). Vidare kan nämnas att tvåhjärtbladiga växter synes ha ett större magnesiumbehov än enhjärtbladiga. Sålunda fann Jakobsen (1967) att utslagen för magnesiumgödsling var större i vitklöver än i stråsäd och italienskt rajgräs. Han konstaterade också att magnesiumhalten var högre i vitklöver än i italienskt rajgräs även vid låga magnesiumhalter i jorden.

Under 1960- och 1970-talen har i Sverige ett stort försöksmaterial framlagts som belyser sambandet mellan mängden utbytbar kalium i matjorden och kaliumgödslingseffekten. Detta material visar att K-AL-analysen i de flesta fall ger en tillfredsställande beskrivning av kaliumtillståndet i matjorden (Fredriksson, 1961) och därigenom ett acceptabelt mått på gödslingsbehovet för flertalet grödor (Hahlin, 1970; Hahlin och Johansson, 1973). På samma sätt kan Mg-AL användas för bedömning av magnesiumgödslingsbehovet (Nilsson, 1973). Trots att sambanden mellan kaliumgödslingseffekten och K-AL-talet respektive magnesiumgödslingseffekten och Mg-AL-talet i de flesta fall är signifikanta är spridningen i materialet stort (Hahlin och Johansson, 1977). Även om en del av spridningen kan hänföras till inverkan av årsmånen, finns andra orsaker som medverkar till variationerna. Sålunda påverkas kaliumgödslingseffekten inte bara av kaliumtillståndet utan även av magnesiumtillståndet i marken. Man har emellertid funnit, att det inte är den absoluta magnesiumtillgången utan fastmer den relativa tillgången på magnesium i förhållande till kalium som främst påverkar kaliumgödslingseffekten (Hahlin, 1973, 1977). På samma sätt påverkas magnesiumgödslingseffekten av kalium-magnesiumbalansen i marken och i en del fall har man erhållit ett starkare samband mellan K-AL/Mg-AL-kvoten i matjorden och magnesiumeffekten än mellan denna och Mg-AL-talet (Nilsson, 1975).

Syftet med föreliggande undersökning har varit att i kärkförsök närmare studera hur förändringar mellan H^+ , Ca^{2+} och K^+ i utbyteskomplexet påverkar det biologiska utfallet i några grödor. Undersökningen utgör ett komplement till fältförsök ingående i avdelningens riksförsöksprogram och har genomförts med stöd från Stiftelsen Svensk Växtnäringsforskning (SV 54) och Statens råd för Skogs- och Jordbruksforskning. Resultaten från de pågående fältförsöken kommer också att publiceras i avdelningens rapportserie.

Undersökningens uppläggning

Med ledning av resultat från förberedande studier startades år 1975 ett treårigt kärkförsök bestående av totalt 160 kärll fördelade på 16 försöksled utgörande samtliga kombinationer av 3 kalciummättnadsgrader (30, 50 och 70 procent av basutbyteskapaciteten) och 5 K:Mg relationer på ekvivalentbasis (1:9, 1:3, 1:1, 3:1 och 9:1) samt ett obehandlat kärll. Inom dessa 16 gödslingsled odlades sedan 3 grödor, nämligen havre, alsikeklöver och grönfoderraps, med vardera 3 samkärll och med ett obevuxet kärll. Bland ett 20-tal undersökta jordar visade sig en mullrik svagt lerig mojord från Laholmstrakten i Halland vara mest lämpad. Den hade ett T-värde (basutbyteskapacitet) på 26 me per 100 g lufttorkad jord och låga mättnadsgrader för olika baskatjoner. Några viktiga data för denna jord redovisas i tabell 1.

Tabell 1. Några analysdata för den i undersökningen använda jorden
"Laholm-75"

3

Table 1. /Some basic datas of the experimental soil "Laholm-75/"

Lerhalt	Org.C	pH-	mg per 100 g jord /soil/					
/ % Clay /	%	H ₂ O	P-AL	K-AL	Ca-AL	Mg-AL	P-HCl	K-HCl
9	5,1	4,8	1,2	16,0	4,1	7,6	37	130

T-värde	me/100 g jord /soil/			% av T /% of CEC/		
/CEC/	Ca	K	Mg	Ca	K	Mg
26	2,1	0,41	0,63	8,1	1,6	2,4

Tack vare den mycket låga basmättnadsgraden, var det lätt att genom tillsättning av hydroxider av Ca, K och Mg skapa samtliga önskade sammansättningar i utbyteskomplexet.

Av de förberedande studierna framgick att större delen, men ej allt, av tillfört Ca, K och Mg senare kunde återfinnas i utbytbar form, medan en del fastlades i icke utbytbar form. De olika katjonerna visade olika benägenhet för fixering. De fixerade mängderna varierade även med tillförseln. I tabell 2 redovisas förhållandet mellan de tillförda och i utbytbar form återfunna mängderna av respektive metallkatjon. Dessa förhållanden har sedan använts för beräkning av de givror av respektive katjon som behövde tillföras för att erhålla de önskade koncentrationerna av K, Mg och Ca i kärlförsöket.

Tabell 2. Förhållandet mellan till försöksjorden tillförda och i utbytbar form återfunna mängder av Ca, K och Mg vid olika mättnadsgrader

Table 2. /Relation between applied and exchangeable amounts of Ca, K and Mg at different degree of saturation of the experiment soil/

Mättnadsgrad % av katjon- utbyteskapaciteten /Degree of saturation % of CEC/			Mängd katjon som erfordras för att höja s-värdet en en- het, me per 100 g jord /Amounts of cation increasing exchangeable amounts one unit/		
Ca	K	Mg	Ca	K	Mg
30	-	-	1,40	-	-
50	-	-	1,25	-	-
70	-	-	1,25	-	-
-	2	18	-	1,00	2,0
-	5	15	-	1,25	2,0
-	10	10	-	1,50	2,0
-	15	5	-	1,40	2,0
-	18	2	-	1,40	-

Som grundgödsling har varje kärl erhållit: 3 g superfosfat (P 8,5) och 25 ml av en mikronäringslösning innehållande per liter 6 g $MnCl_2 \cdot 4H_2O$,

4 g $\text{CuCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, 8 g $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, 2 g $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ och 3 g ZnCl_2 samt till havre och raps även 2,5 g NH_4NO_3 , som tillfördes i 4 delgivor med två veckors mellanrum. Den första kvävegivan liksom övrig grundgödsling gavs i samband med sådden. Uppdelningen av kvävegivan syftade till att minska inflytandet av kvävegödselmedlet på katjonkomplexet.

Grödorna har skördats som grönmassa och torrsubstansavkastningen har registrerats. För att kunna bestämma grödornas upptagning av Ca, K och Mg har skördeprodukterna analyserats med avseende på dessa ämnen. Under samtliga 3 försöksår har grödorna utvecklat sig normalt i alla försöksled, och tydliga utslag för ändringarna i katjonkomplexet har erhållits.

Efter skörden varje år har jorden provtagits och analyserats med avseende på utbytbar K, Mg och Ca. Med ledning av analysresultaten har sedan de eftersträlvade katjonförhållandena i utbyteskomplexet återställt.

Resultat och diskussion

Torrsubstansskörd

I tabell 3 redovisas torrsubstansskörden för de enskilda åren samt i figur 1 i medeltal för alla år.

I havre och grönfoderraps har torrsubstansskörden samtliga år stigit med i medeltal 5 respektive 10 procent, när Ca-mättnadsgraden ökat från 30 till 50 respektive 70 procent. Även i alsikeklöver har höjningen till 50 procents Ca-mättnad givit en skördestegring med cirka 5 procent, medan en ytterligare höjning av basmättnadsgraden till 70 procent sänkt skörden till ungefär samma nivå som vid 30 procent Ca-mättnad.

K- och Mg-mättnadsgraderna har haft förhållandevis liten inverkan på torrsubstansskörden. I alla grödor har dock oberoende av Ca-mättnadsgrad de högsta skördarna erhållits vid K-mättnadsgrader på 5-10 procent och Mg-mättnadsgrader på 15-10 procent. Dessa resultat överensstämmer med tidigare erfarenheter, där optimal tillväxt erhållits vid 65 % Ca, 10 % Mg och 5 % K i utbyteskomplexet (Bear & Toth, 1948). Men även förhållandevis stor obalans i K/Mg-tillgången såsom kvoter på 2:18 och 18:2 i utbyteskomplexet har i denna undersökning haft förvånansvärt små effekter på torrsubstansskörden.

Halter och upptagna mängder av Ca, K och Mg

Halterna av kalcium (Ca), kalium (K) och magnesium (Mg) i de olika grödorna redovisas i tabellerna 4-6 och de av grödorna totalt upptagna mängderna av dessa element åskådliggöres i figurerna 2-4.

En jämförelse mellan figur 1 å ena sidan och figurerna 2-4 å den andra visar, att de med skördarna bortförda mängderna av Ca, K och Mg påverkats i betydligt större omfattning av förändringarna i Ca:K:Mg-förhållandena i jordens katjonutbyteskomplex än vad torrsubstansskörden gjort. En viss skillnad kan dock ses mellan de olika grödorna. De största effekterna på upptagningen av katjoner har således erhållits i rapsen,

medan verkan av såväl ändrade K/Mg-förhållanden som olika Ca-mättnadsgrader i jorden varit något mindre i både alsikeklöver och havre.

Som framgår av tabell 4 är kalciumhalten betydligt lägre i havre, med halter varierande mellan 0,2 och 0,4 procent av torrsubstansen, än i alsikeklöver med halter mellan 0,9 och 1,5 och raps med halter mellan 1,0 och 3,2. I samtliga grödor ökar Ca-halten med stigande Ca-mättnad, medan den minskar med stigande K-mättnad. Effekten av Ca-mättnadsgraden är dock större i raps än i både havre och alsikeklöver. Verkan av K-mättnadsgraden har däremot varit oberoende av gröda. Å andra sidan synes ett samspel finnas mellan Ca- och K-mättnadsgraderna på så vis att minskningen i Ca-halt vid ökad K-mättnad framför allt i rapsen är större vid högre än vid lägre Ca-mättnadsgrader.

Kaliumhalterna har, som framgår av tabell 5, varit förhållandevis höga och med små skillnader mellan grödorna. Ca-mättnadsgraden har inte påverkat havrens K-halt, medan K-halten minskar påtagligt i både alsikeklöver och raps vid stigande Ca-mättnad. I samtliga grödor ökar K-halten, när K-mättnadsgraden stiger, men ökningarna varierar mellan grödorna. I rapsen ökar kaliumhalten med i medeltal 165 procent när K-mättnadsgraden stiger från 2 till 18 procent. Motsvarande ökning är i alsikeklöver 76 och i havre endast 36 procent.

Magnesiumhalterna är i genomsnitt något lägre än kalciumhalterna. Variationen mellan försöksleden är dock betydligt större för magnesium än för såväl kalcium som kalium. Effekten av Ca-mättnadsgraden är dock relativt måttlig på Mg-halten, som i samtliga grödor minskat med ca 10 procent när Ca-mättnaden ökat från 30 till 70 procent. Minskningen av Mg-mättnadsgraden kombinerad med motsvarande ökning av K-mättnadsgraden har medfört mycket kraftiga sänkningar av Mg-halten i samtliga grödor. Vid de lägsta Mg-mättnadsgraderna antar Mg-halterna extremt låga värden och i havre och raps når de klart under 0,2 procent, vilket anses utgöra ett kritiskt värde vid utfodring.

Genom att K-halterna har stigit samtidigt som Mg-halterna sjunkit när K/Mg-förhållandet i utbyteskomplexet ökat, har K/Mg-kvoten i skördeprodukterna förändrats mera än vad de enskilda halterna gjort. K/Mg-kvoten i skördeprodukterna har således ökat markant eller från kvoter på 3-6 vid K:Mg-förhållandet 2:18 i marken till 40-60 vid K:Mg-förhållandet 18:2. Ca-mättnadsgraden har däremot haft ingen eller obetydlig inverkan på kvotens storlek.

Jordanalyser

Jorden i kärlförsöket har analyserats efter skörden varje år med avseende på pH-värde och AL-lösligt K, Mg och Ca (Egnér et al., 1960). Analysresultaten har sammanställts i tabellerna 7 och 8.

Markreaktion - pH-värde

I tabell 7 redovisas pH-värdet vid olika basmättnadsgrader som medeltal för samtliga år, dels för kärll med respektive utan gröda under olika år,

dels efter olika grödor. Då K/Mg-förhållandet i basutbyteskomplexet inte har påverkat pH-värdet redovisas pH-värdena endast som medeltal för olika Ca-mättnadsgrader oberoende av K- och Mg-mättnadsgraderna.

Tabell 7. pH-värde i försöksjordar efter skörd av respektive havre, alsikeklöver och raps samt i obevuxna kärl vid olika Ca-mättnadsgrader vid vegetationsperiodens början

Table 7. /pH-values of the soil after harvest of oats, alsike clover and fodder rape and in uncropped pots, respectively at different degrees of Ca-saturation at the start of the experiment/

	Ca-mättnadsgrad /Degree of Ca saturation/		
	30	50	70
Havre (Oats/	5,5	5,9	6,3
Alsikeklöver /Alsike clover/	5,7	6,1	6,6
Raps /Fodder rape/	5,6	5,9	6,3
Utan gröda /Uncropped/	5,7	6,1	6,5
Med gröda 1975	5,9	6,3	6,7
/Cropped/ 1976	5,5	5,8	6,2
1977	5,4	5,8	6,3
Utan gröda 1975	6,0	6,4	6,8
/Uncropped/ 1976	5,5	6,0	6,2
1977	5,6	6,0	6,3

Som väntat har pH-värdet under samtliga år stigit i det närmaste rätlinjigt, när Ca-mättnadsgraden ökat från 30 till 70 % (dvs när totala basmättnadsgraden ökat från 50 till 90 %) oberoende av om jorden burit gröda eller ej. Som framgår av tabell 7 har emellertid grödan haft en viss inverkan på pH-värdet. Efter havre och raps har således uppmätts något lägre pH-värden än efter alsikeklöver och i obevuxen jord.

Trots att någon utlakning av växtnäringsämnen ej förekommit och trots att varje kärl kompenserats för grödans katjonupptagning och dennas inverkan på basmättnadsgraden har pH-värdet varit lägre under de två sista försöksåren än under det första. Minskningen har uppgått till ungefär en halv pH-enhet oberoende av basmättnadsgrad och gröda. Då vare sig urlakning eller grödans näringsupptagning kan ha orsakat denna pH-minskning måste andra orsaker finnas. En trolig sådan kan vara bildning av syror i samband med mikrobiell nedbrytning av den organiska substansen och en omfattande nitrifikation. Möjligen kan även fixering av vid vegetationsperiodens början utbytbara katjoner och därmed sammanhängande minskning av basmättnadsgraden ha medverkat till sänkningen av pH-värdet.

AL-lösligt K, Mg och Ca

Som framgår av tabell 8 har såväl K-AL- som Mg-AL-talen ökat med stigande K- respektive Mg-mättnadsgrader i utbyteskomplexet. På liknande sätt har Ca-AL-talen ökat när Ca-mättnadsgraden stigit. Mer anmärkningsvärt är att Ca-AL-talen stigit även när K/Mg-kvoten i utbyteskomplexet ökat. Däremot har vare sig K-AL eller Mg-AL påverkats av variationerna i Ca-mättnadsgraden.

Även grödan har haft inverkan på jordens halt av AL-lösligt K, Mg och Ca. Sålunda har klart lägre halter av alla tre ämnena uppmätts efter raps än efter havre och alsikeklöver, men även efter dessa grödor har halterna genomgående varit lägre än i obevuxna kärl. Skillnaderna i innehåll av AL-lösliga växtnäringsämnen mellan bevuxna och obevuxna kärl motsvaras emellertid inte av de med grödan bortförda mängderna. I vissa fall har således minskningen i halten AL-lösliga växtnäringsämnen varit mindre än som motsvarar grödans upptagning, medan den i andra fall varit större än denna.

För kaliums vidkommande har således den av grödan förorsakade minskningen i K-AL-talet vid låga K-mättnadsgrader varit mindre än grödans upptagning, medan den vid höga K-mättnadsgrader varit större än denna. Dessa resultat kan tydas som att vid dåligt kaliumtillstånd har en del hårt bundet K frigjorts och blivit växttillgängligt under vegetationsperioden, medan vid bättre kaliumtillstånd tidigare lättlösligt kalium har fixerats under samma tid. Av resultaten framgår även att fixeringen av kalium varit något större i havre än i alsikeklöver och raps, som haft betydligt större K-upptagning särskilt vid bättre kaliumtillstånd.

Halten av AL-lösligt Mg och Ca har däremot oberoende av Mg- och Ca-mättnadsgrader i alla grödor minskat mera än vad som motsvaras av bortförseln med grödan, vilket kan tyda på att Mg och Ca kan fixeras även vid relativt låga Mg- och Ca-mättnadsgrader. Fixeringen av tidigare utbytbart Mg och Ca har dock ökat med stigande mättnadsgrader av respektive ämne. I motsats till K har både Mg och Ca fixerats mest vid odling av raps, trots att upptagningen även av dessa ämnen varit större i denna gröda än i de båda andra grödorna. Av dessa har havre givit en något större fixering av såväl Mg som Ca än alsikeklöver.

SUMMARY

The influence of variations in the K:Mg ratio in soil at different Ca-saturation levels has been studied in pot experiments with oats, fodder rape, and alsike clover. The soil used was a silty loam with a cation exchange capacity of 26 me per 100 g soil and a degree of base saturation of 25 per cent. By applying hydroxides of Ca, Mg and K to the experiment soil 15 combinations of 3 degrees of Ca-saturation (30, 50 and 70 % respectively) and 5 K:Mg ratios (2:18, 5:15, 10:10, 15:5 and 18:2 respectively) at a total degree of saturation of these two elements of 20 %.

Some of the cations applied to the soil was fixed in unexchangeable form. To create the desired degrees of saturation the amount of cations applied had to be raised over the theoretically expected ones and hence 25-

40 % of Ca, 25-50 % of K, and 100 % of Mg. During the experimentation time the amount of exchangeable cations was changed by absorption by the crops as well as by fixation and defixation. At low degrees of K-saturation some fixed K has been released and become exchangeable whereas at high degrees of K-saturation some exchangeable K has been fixed. Exchangeable Mg and Ca have been fixed at all degrees of saturation. The fixation, which has increased with increasing saturation, has varied depending on crops. The fixation of K has been biggest after growing oats, while the fixation of Mg and Ca was biggest in rape.

The influence of exchangeable cations on the yield has been rather slight whereas the effect on the uptake of Ca, K and Mg has been considerable.

The yield of oats and fodder rape increased with increasing Ca-saturation up to 70 %, whereas in alsike clover the highest yield was reached by 50 % Ca-saturation. At all degrees of Ca-saturation the highest yield of all crops has been obtained with K:Mg-ratios of 5:15 or 10:10.

The uptake of Ca has increased with increasing Ca-saturation. In the same time the uptake of K has increased and the uptake of Mg decreased, but to a lesser extent. The uptake of K has increased and the uptake of Mg decreased with increasing K:Mg-ratio in the soil. In the same time the uptake of Ca has decreased slightly.

LITTERATURFÖRTECKNING

- Alston, A.M. 1966. The effects of limestone, N, K and Mg fertilizers on Mg absorption by oats and barley. *J. agric. Sci.* 67, 1-6
- Aso, K. 1902. On the influence of different ratios of lime and magnesium upon the development of plants. *Bull. Coll. Agr. Univ. Tokyo* 4, 361-370
- Baerug, R. 1968. Nitrogen, Kalium, Magnesium og Svavel till eng på Sör-Östlandet I. Avlinger och jordanalyser. *Norges Lantbr. hög. Inst Jordkultur. Melding* 20, 533-548
- Bear, F.E. och Toth, S.J. 1948. Influence of Calcium on availability of other soil cations. *Soil Science* 65:69-74
- Birch, J.a., Devine, J.R. och Holmes, M.R.J. 1966. Field experiments on the magnesium requirement of cereals, potato and sugar beet in relation to nitrogen and potassium application, *J. Sci. Food Agr.* 17, 76-81
- Edwards, G.H.A. 1967. An evaluation of crop response to magnesium in the West Midlands 1952-58. *Great Brit. Min. Agr. Fish. Food. Tech. Bull.* 14, 147-149
- Egnér, H., Riehm, H. och Domingo, W.R. 1960. Untersuchungen über die chemische Bodenanalyse...II. Chemische Extraktionsmethoden zur Phosphor- und Kaliumbestimmung. *Lantbr. Högsk. Annaler* 26:199-215
- Foy, C.I.D. och Barber, B.A. 1958. Magnesium and corn yield in two acid Indiana soils. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.* 22:145-148
- Fredriksson, L. 1961. Die Bodenuntersuchung in Schweden und ihre Auswertung. *Lantw. Forschung Sonderheft* 15. 74-82
- Graham, E.R. 1959. An explanation of theory and methods of soil testing. *Mo. Agr. Exp. Stat. Bull.* 734
- Grunes, D.L., Thomson, L.F., Kubota, J. och Lazar, V. 1968. Effect of magnesium, potassium and temperature on growth and composition of *Lolium Perenne*. *Int. Congr. Soil. Sci. Trans.* 9. II 597-603
- Hahlin, M. 1970. Kaliumtillståndets inverkan på kaliumgödslingsbehovet till olika grödor. *Växt-närings-nytt* 26/4:1-8
- Hahlin, M. 1973. Kaliumgödslingseffekterna i relation till K/Mg-kvoten i växt och jord. *Rapport fr. avd. för växtnäringslära* 69
- Hahlin, M. 1975. Praktisk användning av balansen mellan växtnäringsämnen. *Nord. Jordbr. forskn.* 57. 977-978

- Hahlin, M. och Johansson, L. 1977. Några analysmetoders förmåga att beskriva växtnäringsstillståndet för fosfor och kalium i marken. Lantbr. högsk. Medd. A 271
- Hahlin, M. och Johansson, O. 1973. Fosfor- och kaliumgödsling till potatis. Lantbr. hösk. Medd. A 192
- Hunter, A.S. 1949. Yield and composition of alfalfa as affected by variations in the Ca/Mg ratio in the soil. Soil Sci. 67. 53-62
- Jacobsen, S.T. 1967. Tørstofproduktion och Mg-koncentration i forskellige plantearter efter tilførsel af varierende mængder K og Mg. Nordisk Jordbr. forskn. 49, 234-235
- Loew, O. och May, D.W. 1901. The relation of lime and magnesia in plant growth. U.S. Dep. Agr. Bur. Plant Ind. Bull. 1.
- Mc Lean, E.O. och Carbonell, M.D. 1972. Calcium, Magnesium and Potassium Saturation Ratios in two soils and their effects upon yield and nutrient contents of German Millet and Alfalfa. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 36:927-930
- Mulder, E.G. 1958. Nitrogen magnesium relationships in crop plants. Stikstof 2, 29-48
- Nilsson, L.G. 1973. Några synpunkter på gödsling med magnesium och mikronäringsämnen. Rapporter fr. avd för växtnäringslära 68
- Nilsson, L.G. 1975. Magnesiumgödsling - intensitet och gödselmedelslag. Rapporter fr. avd för växtnäringslära 99
- Omar, M.A. och El Kobbia, T. 1966. Some observations on the interrelationships of potassium and magnesium. Soil Sci. 101, 437-440
- Salmon, R.C. 1964. Cation activity ratios in equilibrium soil solutions and the availability of magnesium. Soil Sci. 63:213-221
- Scharrer, K. och Mengel, K. 1958. Über den Kalium- Magnesium-Antagonismus bei Mais und Sonnenblumen. Z Pflernär Düng. u Bodenk. 83, 149-162
- Welte, E. och Werner, W. 1964. Über die Magnesium-Anreicherung des Weidefutters durch Düngungsmassnahmen. Lantw. Forsch. Sonderheft 18, 112-118
- Werner, W. 1959. Über den Mineralstoffgehalt in jungem Weidefutter unter besonderer Berücksichtigung des K:(Ca+Mg)-Verhältnisses. Lantw. Forsch. 12, 133-139

Tabell 3. Inverkan av olika Ca-, K- och Mg-mättnadsgrader i jorden på torrsubstansskördarna i havre, grönfoderraps och alsikeklöver
 Table 3. The influence of different degrees of Ca, K and Mg saturation of the soil on the yield of dry matter in oats, fodder rape and alsike clover

Mättnadsgrad			Torrsubstansskörd, g/kärl											
Procent av total			/Yield of dry matter, g per pot/											
katjonsutbytes-			Havre											
kapacitet			/Oats/											
/Saturation			Grönfoderraps											
per cent of CEC/			/Fodder rape/											
			Medeltal			Medeltal			Medeltal					
Ca	K	Mg	1975	1976	1977	/Average/	1975	1976	1977	/Average/	1975	1976	1977	/Average/
30	2	18	19,2	25,7	31,0	25,3	33,0	27,7	35,9	32,2	22,9	30,4	22,3	25,2
	5	15	18,3	27,0	29,0	24,8	35,6	24,7	30,7	30,3	22,8	35,6	24,3	27,6
	10	10	20,5	23,5	27,0	23,7	35,8	29,2	35,2	33,4	23,9	33,9	23,7	27,2
	15	5	18,3	24,5	25,5	22,8	37,0	30,5	25,7	31,1	21,7	38,5	20,8	27,0
	18	2	18,4	24,6	27,2	23,4	38,2	28,1	34,4	33,6	21,9	34,2	19,4	25,2
50	2	18	19,9	28,8	25,4	24,7	35,4	29,9	37,1	34,1	20,5	34,8	22,9	26,1
	5	15	18,9	28,8	28,5	25,1	36,5	28,3	41,9	35,6	22,2	40,9	20,2	27,8
	10	10	20,0	27,5	29,0	25,5	36,8	28,5	33,7	33,0	24,0	40,3	27,9	30,7
	15	5	19,6	26,0	30,4	25,3	37,2	29,4	31,0	32,5	23,2	33,7	24,2	27,0
	18	2	20,1	25,6	29,4	25,0	36,5	28,6	31,8	32,3	21,8	38,1	22,8	27,6
70	2	18	22,5	28,7	28,1	26,4	35,1	32,1	34,0	33,7	19,3	36,2	22,6	26,0
	5	15	22,4	29,1	28,1	26,9	39,6	27,9	36,6	34,7	21,3	34,8	28,4	28,2
	10	10	21,9	30,7	29,1	27,2	39,6	25,6	39,8	35,0	21,2	31,7	19,9	24,3
	15	5	22,4	27,1	28,3	25,9	38,4	31,3	37,7	35,8	23,4	35,2	21,6	26,7
	18	2	20,0	27,6	29,3	25,6	36,5	34,7	30,5	33,9	21,0	40,0	20,6	27,2

Tabell 4. Inverkan av olika Ca-, K- och Mg-mättnadsgrader i jorden på kalciumhalten i skörden av havre, grönfoderraps och alsikeklöver
 Table 4. /The influence of different degrees of Ca, K and Mg saturation of the soil on the content of Ca in oats, fodder rape and alsike clover/

Mättnadsgrad			Ca i % av torrsubstansen					Grönfoderraps					Alsikeklöver				
Percent av total			/Ca in per cent of DM/					/Fodder rape/					/Alsike clover/				
katjonutbytes-			Havre														
kapacitet			/Oats/														
/Saturation			Medeltal					Medeltal					Medeltal				
per cent of CEC/			/Average/					/Average/					/Average/				
Ca	K	Mg	1975	1976	1977	1977	1977	1975	1976	1977	1977	1977	1975	1976	1977	1977	1977
30	2	18	0,30	0,25	0,37	0,31	0,31	1,32	1,69	1,70	1,57	1,57	1,22	1,18	1,08	1,08	1,16
	5	15	0,26	0,22	0,29	0,26	0,26	1,35	1,76	1,69	1,60	1,60	1,08	1,07	1,08	1,08	1,08
	10	10	0,20	0,16	0,31	0,23	0,23	1,25	1,82	1,69	1,59	1,59	0,96	0,94	0,99	0,99	0,96
	15	5	0,19	0,22	0,28	0,23	0,23	1,04	1,40	1,56	1,33	1,33	0,93	1,04	0,92	0,92	0,96
	18	2	0,17	0,18	0,24	0,20	0,20	0,99	1,45	1,49	1,30	1,30	0,89	1,04	0,94	0,94	0,96
50	2	18	0,44	0,37	0,44	0,42	0,42	2,11	2,41	2,43	2,32	2,32	1,41	1,37	1,30	1,30	1,36
	5	15	0,30	0,35	0,38	0,34	0,34	1,38	2,00	1,97	1,79	1,79	1,20	1,27	1,22	1,22	1,23
	10	10	0,26	0,22	0,38	0,29	0,29	1,49	2,03	2,10	1,88	1,88	1,16	1,11	1,04	1,04	1,10
	15	5	0,25	0,22	0,35	0,28	0,28	1,24	2,07	1,99	1,76	1,76	1,12	1,18	1,10	1,10	1,13
	18	2	0,25	0,19	0,30	0,25	0,25	1,22	1,82	1,81	1,62	1,62	1,05	1,06	1,06	1,06	1,06
70	2	18	0,45	0,36	0,48	0,43	0,43	2,67	3,18	3,06	2,97	2,97	1,47	1,44	1,49	1,49	1,47
	5	15	0,34	0,36	0,41	0,37	0,37	2,06	2,95	2,74	2,58	2,58	1,33	1,46	1,25	1,25	1,35
	10	10	0,28	0,23	0,41	0,31	0,31	1,45	2,58	2,31	2,08	2,08	1,21	1,17	1,23	1,23	1,21
	15	5	0,27	0,35	0,42	0,35	0,35	1,85	2,25	2,30	2,14	2,14	1,20	1,22	1,18	1,18	1,20
	18	2	0,27	0,26	0,37	0,30	0,30	1,29	1,59	1,82	1,57	1,57	1,12	1,20	1,10	1,10	1,15

Tabell 5. Inverkan av olika Ca-, K- och Mg-mättnadsgrader i jorden på kaliumhalten i skörden av havre, foderraps och alsikeklöver
 Table 5. /The influence of different degrees of Ca, K and Mg saturation of the soil on the content of Ca, K and Mg in oats, fodder rape and alsike clover/

Mättnadsgrad			K i % av torrsubstansen /K in per cent of DM/															
Procent av total katjonsutbytes- kapacitet			Havre /Oats/					Grönfoderraps /Fodder rape/					Alsikeklöver /Alstike clover/					
/Saturation per cent of CEC/			Medeltal /Average/					Medeltal /Average/					Medeltal /Average/					
Ca	K	Mg	1975	1976	1977	/Average/	1975	1976	1977	/Average/	1975	1976	1977	/Average/	1975	1976	1977	/Average/
30	2	18	3,24	3,72	3,99	3,65	1,64	3,64	4,12	3,13	2,66	3,75	4,84	3,75				
	5	15	4,76	4,65	4,81	4,74	4,25	5,20	6,27	5,24	5,09	4,97	5,44	5,16				
	10	10	4,80	4,89	5,04	4,91	6,80	6,61	7,42	6,95	5,43	5,90	5,41	5,58				
	15	5	4,80	4,89	5,01	4,90	7,64	7,23	9,05	7,98	6,52	5,75	6,34	6,20				
	18	2	5,05	4,77	5,20	5,01	8,74	8,45	9,08	8,73	6,97	6,88	6,74	6,86				
50	2	18	2,98	3,87	4,03	3,63	1,50	3,25	3,52	2,76	2,78	3,28	4,81	3,62				
	5	15	4,70	4,65	4,77	4,71	4,08	5,63	5,63	5,11	5,09	4,81	5,16	5,02				
	10	10	4,59	4,89	4,89	4,79	5,89	6,80	6,57	6,42	5,94	5,55	5,68	5,72				
	15	5	5,09	4,54	4,93	4,85	7,22	6,80	8,10	7,37	7,56	5,94	5,76	6,42				
	18	2	5,14	4,81	4,07	4,67	7,48	7,19	8,73	7,80	6,64	5,75	6,29	6,23				
70	2	18	2,89	3,68	4,03	3,53	1,66	2,97	4,15	2,92	2,94	3,01	4,64	3,53				
	5	15	4,25	4,85	4,65	4,58	3,83	5,04	5,70	4,86	5,39	4,11	5,00	4,83				
	10	10	4,84	4,93	4,93	4,90	6,05	5,59	5,72	5,79	6,10	5,71	5,54	5,78				
	15	5	4,80	4,93	5,08	4,94	7,06	6,80	7,20	7,02	7,31	5,67	5,76	6,25				
	18	2	5,26	4,85	5,08	5,06	7,64	7,16	5,75	6,85	6,47	5,79	6,05	6,10				

Tabell 6. Verkan av olika Ca⁺, K⁻ och Mg-mättnadsgrader i jorden på magnesiumhalten i havre, grönfoderraps och alsikeklöver
 Table 6. /The influence of different degrees of Ca, K and Mg saturation of the soil on the content of Mg in oats, fodder rape and alsike clover/

Mättnadsgrad			Mg i % av torrsubstansen /Mg in per cent of DM/ Havre											
Procent av total katjonsutbytes- kapacitet			Medeltal /Average/				Grönfoderraps /Fodder rape/				Alsikeklöver /Alstke clover/			
/Saturation per cent of CEC/			1975	1976	1977	Medeltal /Average/	1975	1976	1977	Medeltal /Average/	1975	1976	1977	Medeltal /Average/
30	Ca	K Mg	0,48	0,37	0,43	0,43	0,86	0,86	1,07	0,93	0,87	0,71	0,54	0,71
			0,35	0,27	0,29	0,30	0,70	0,60	0,90	0,73	0,50	0,50	0,48	0,49
			0,24	0,19	0,24	0,22	0,66	0,49	0,51	0,55	0,37	0,36	0,39	0,37
			0,17	0,20	0,15	0,17	0,24	0,26	0,30	0,27	0,32	0,32	0,29	0,31
			0,13	0,11	0,10	0,11	0,15	0,16	0,13	0,15	0,25	0,21	0,16	0,21
50			0,46	0,40	0,41	0,42	0,88	0,80	0,96	0,88	0,82	0,63	0,51	0,65
			0,32	0,27	0,31	0,30	0,57	0,63	0,73	0,64	0,43	0,45	0,43	0,44
			0,22	0,19	0,24	0,22	0,41	0,47	0,54	0,47	0,37	0,36	0,37	0,37
			0,19	0,13	0,17	0,16	0,40	0,26	0,29	0,35	0,33	0,32	0,31	0,32
			0,15	0,10	0,12	0,12	0,18	0,14	0,14	0,15	0,28	0,21	0,38	0,29
70			0,45	0,35	0,37	0,39	0,84	0,80	0,87	0,84	0,82	0,57	0,42	0,60
			0,28	0,27	0,27	0,27	0,54	0,64	0,69	0,62	0,45	0,46	0,38	0,43
			0,19	0,20	0,22	0,20	0,53	0,41	0,44	0,46	0,35	0,33	0,37	0,35
			0,16	0,16	0,17	0,16	0,24	0,24	0,24	0,24	0,33	0,30	0,29	0,31
			0,14	0,12	0,13	0,13	0,17	0,14	0,13	0,15	0,26	0,23	0,20	0,23

Tabell 8. Verkan av olika Ca-, K- och Mg-mättnadsgrader vid försökets början på jordarnas innehåll av Ca-AL, K-AL och Mg-AL efter skörd av havre, foderraps och alsikeklöver samt i oövnarna kärl. Medeltal av 3 års analyser

Table 8. The influence of different degrees of Ca, K and Mg saturation of the soil at the beginning of the experiment on the content of AL-extractable Ca, K and Mg after the harvest of oats, fodder rape and alsike clover and in uncropped pots respectively. Average of 3 years

Mättnadsgrad % av katjon- utbyteskapacitet /Degree of satu- ration & of CEC/			Ca-AL mg per 100 g jord /soil/ Havre Raps Klöver Utan gröda /Oats/ /Rape/ /Clover/ /uncropped/				K-AL mg per 100 g jord/soil/ Havre Raps Klöver Utan gröda /Oats/ /Rape/ /Clover/ /Uncropped/				Mg-AL mg per 100 g jord /soil/ Havre Raps Klöver Utan gröda /Oats/ /Rape/ /Clover/ /Uncropped/				
Ca	K	Mg													
30	2	8	94	85	92	107	12,0	10,0	11,0	19,0	80,7	77,3	88,0	99,7	
	5	15	104	74	84	101	33,7	24,7	33,3	41,0	70,0	62,7	67,3	81,3	
	10	10	132	95	105	112	78,0	72,7	89,7	110,7	44,0	43,7	47,7	51,3	
	15	5	148	134	153	146	132,7	109,0	144,3	186,0	20,0	17,3	19,0	23,0	
	18	2	157	137	156	156	172,0	153,3	163,7	229,0	6,7	5,7	5,7	8,7	
50	2	18	171	162	193	205	11,7	10,3	13,3	17,7	80,3	75,7	90,0	99,3	
	5	15	180	167	194	209	31,7	16,7	33,7	40,0	69,0	64,0	77,7	79,7	
	10	10	232	202	211	222	88,0	69,3	82,3	108,7	48,0	42,0	48,7	51,7	
	15	5	212	238	276	271	143,3	118,7	156,3	188,3	20,7	18,3	21,7	23,3	
	18	2	282	259	275	292	194,0	171,0	184,0	216,3	7,7	6,7	7,3	9,7	
70	2	18	303	262	320	315	9,3	9,3	11,3	16,7	89,7	74,0	91,7	91,7	
	5	15	311	246	296	337	31,3	21,7	28,3	41,0	77,3	60,3	78,7	81,3	
	10	10	357	293	350	345	92,7	67,3	91,7	154,7	48,0	39,7	53,3	53,7	
	15	5	418	340	399	404	163,0	112,7	161,0	189,0	23,0	17,7	22,7	24,7	
	18	2	391	352	387	406	173,3	161,7	177,0	210,3	8,3	7,0	7,7	10,0	

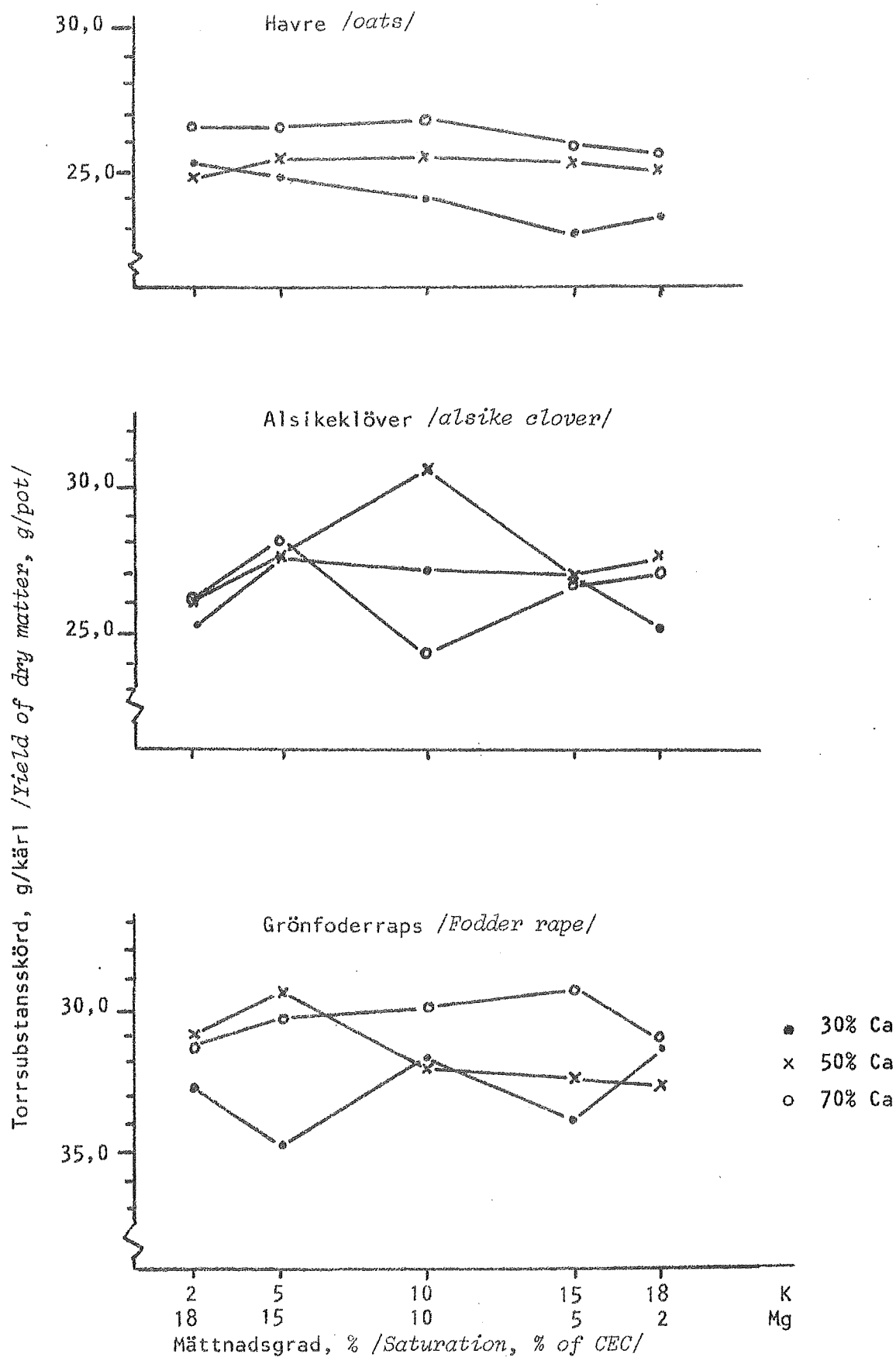


Fig. 1. Effekten av varierande katjonsammansättning i utbyteskomplexet på torrs substansskörden i havre, alsikeklöver och grönfoderraps /The influence of different relations of exchangeable cations in the soil on the yield of oats, alsike clover and fodder rape/ Ca-mätttnadsgrad /Degree of Ca-saturation/ ● = 30%, x = 50%, ○ = 70%

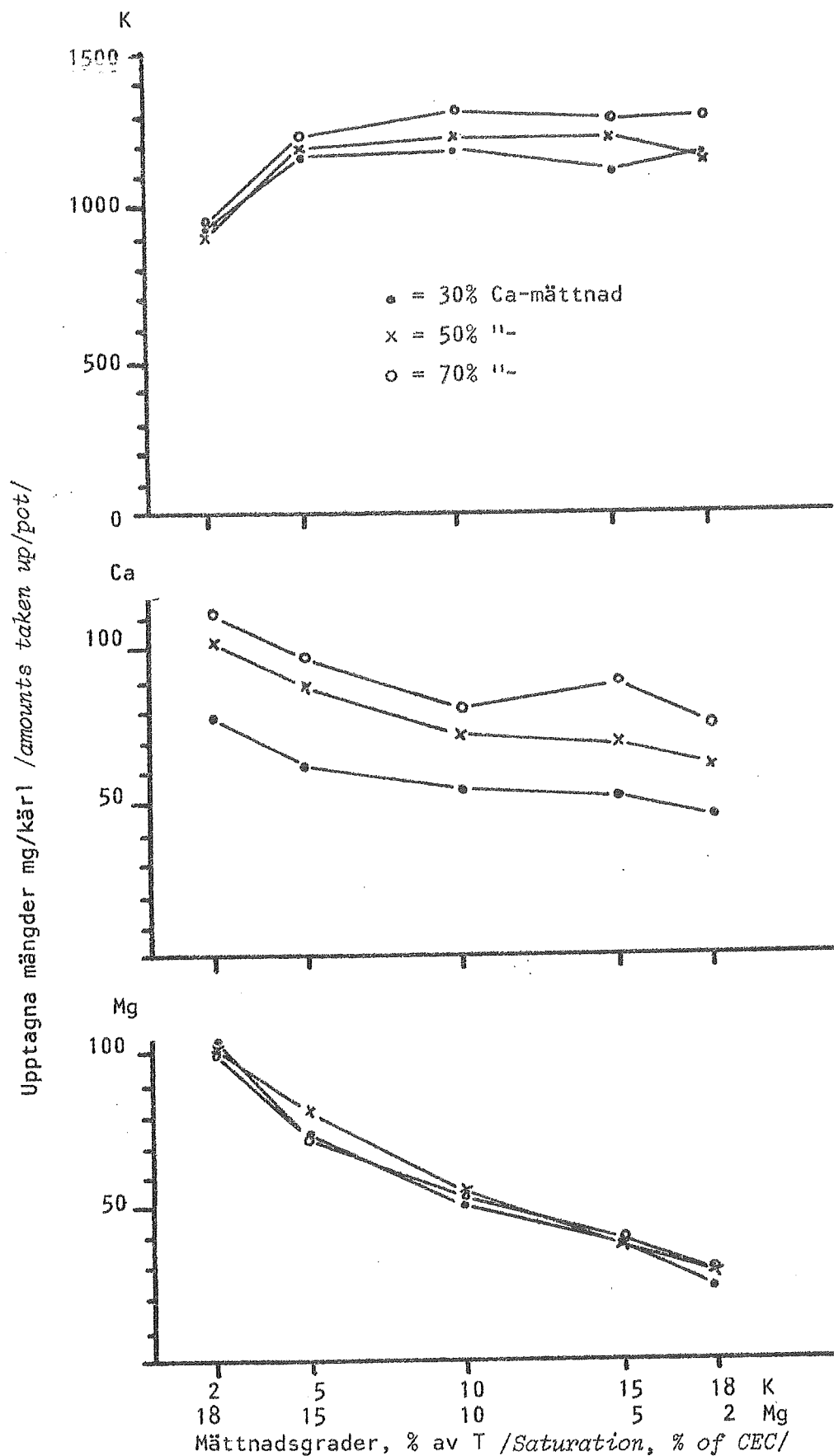


Fig. 2. Effekten av varierande katjonsammansättning i utbyteskomplexet på upptagningen av K, Ca och Mg i havre
/The influence of different relations of exchangeable cations in the soil on the uptake of K, Ca and Mg in oats/
Ca-mättnadsgrader /Degrees of Ca-saturation/ • = 30%, x = 50%, o = 70%

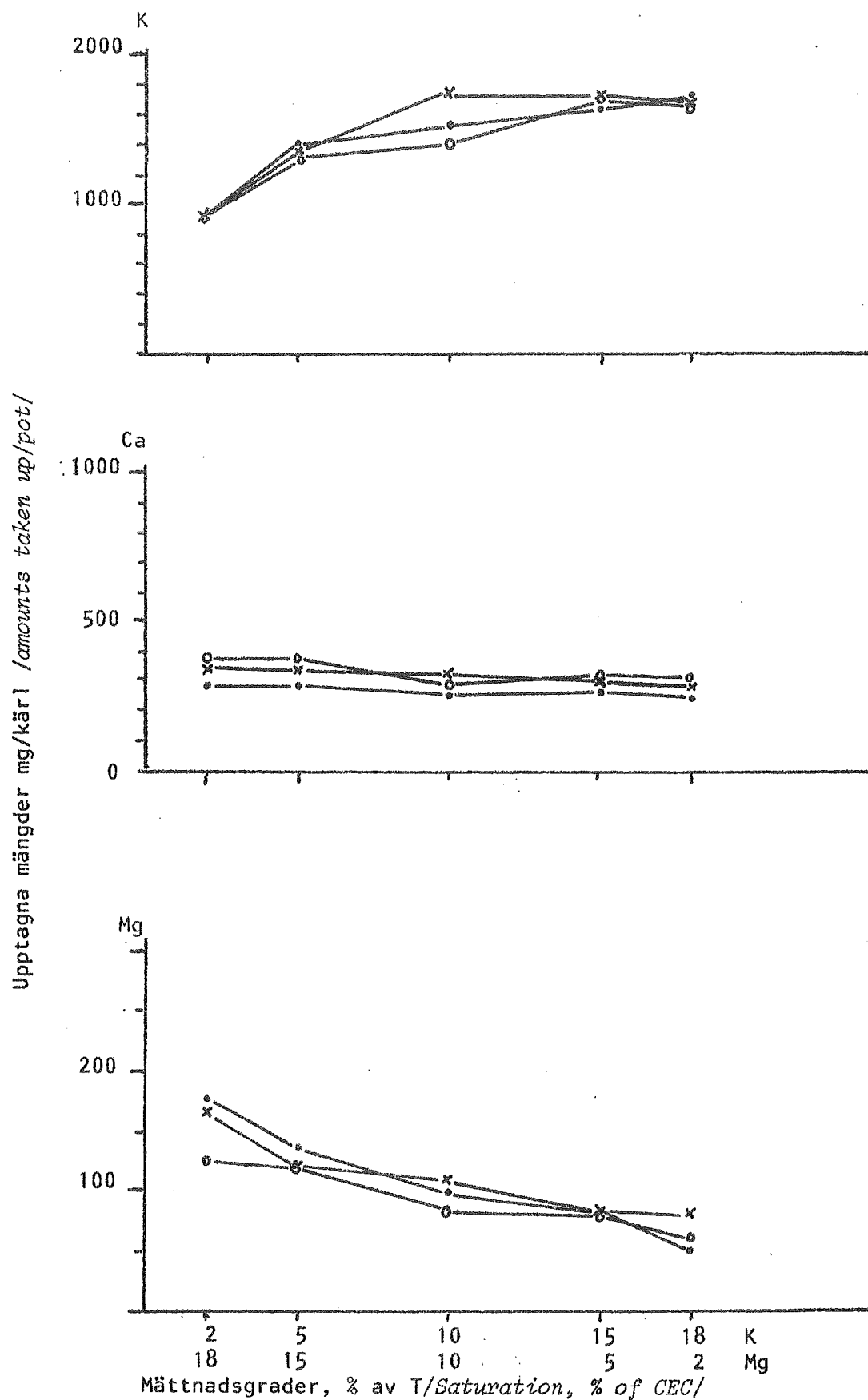


Fig. 3. Effekten av varierande katjonsammansättning i utbyteskomplexet på upptagningen av K, Ca och Mg i alsikeklöver
 /The influence of different relations of exchangeable cations in the soil on the uptake of K, Ca and Mg in alsike clover/
 Ca-mättnadsgrad /degree of Ca-saturation/ ● = 30%, x = 50%, ○ = 70%

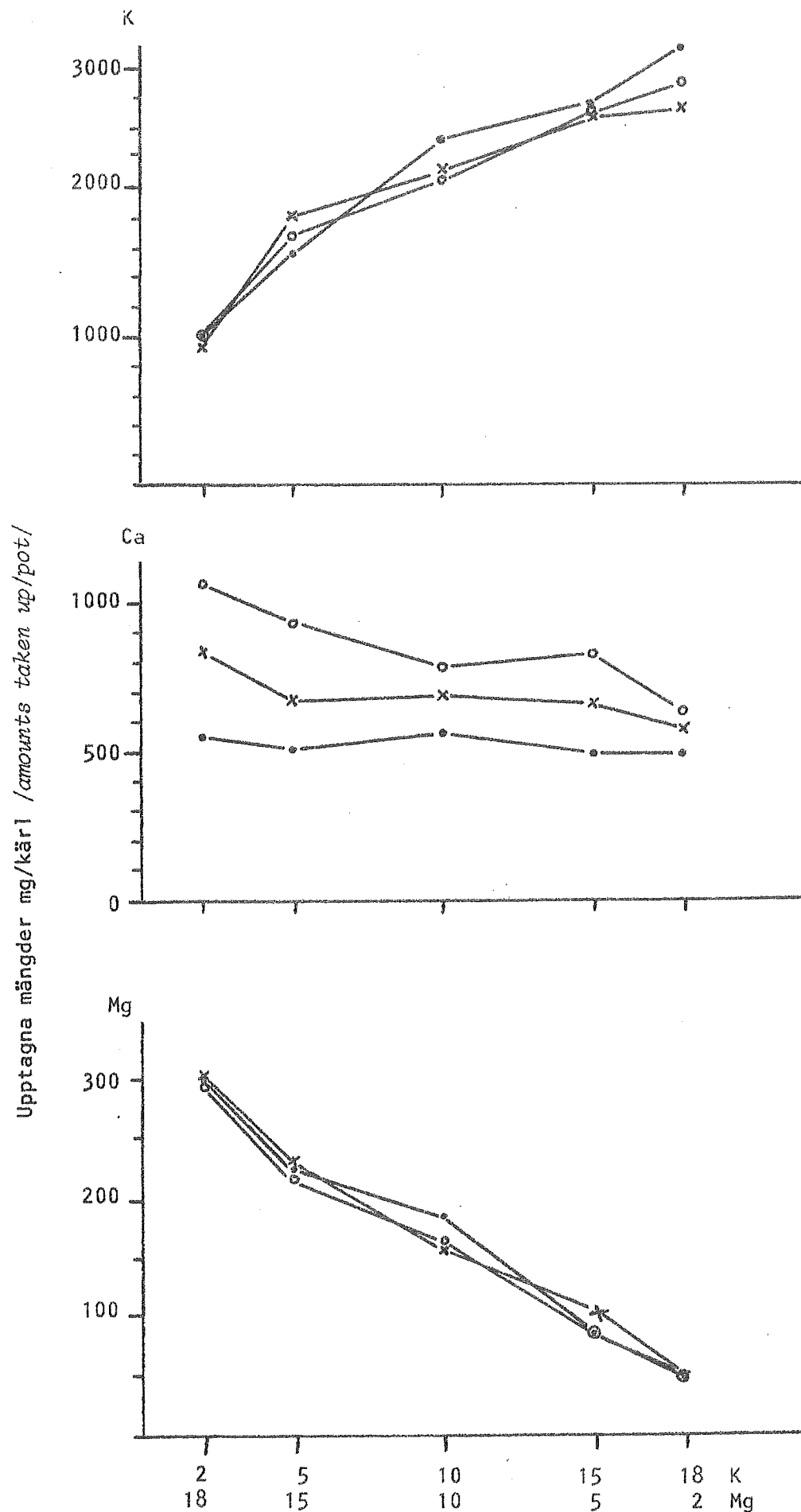


Fig. 4. Effekten av varierande katjonsammansättning i utbyteskomplexet på upptagningen av K, Ca och Mg i raps
The influence of different relations of exchangeable cations in the soil on the uptake of K, Ca and Mg in fodder rape/
 Ca-mättnadsgrad /degree of Ca-saturation/ ● = 30%, x = 50%, o = 70%

I denna serie publiceras forsknings- och försöksresultat från avdelningen för växtnäringslära, Sveriges lantbruksuniversitet. Serien finns tillgänglig vid avdelningen och kan i mån av tillgång erhållas därifrån.

This series contains reports of research and field experiments from the Division of Soil Fertility, Swedish University of Agricultural Sciences. The series is available at the Division and can, as far as supplies admit, be ordered from the Division of Soil Fertility.

DISTRIBUTION:

Sveriges lantbruksuniversitet
Avdelningen för växtnäringslära
750 07 UPPSALA

Tel. 018-102000 ankn. 1249, 1255
