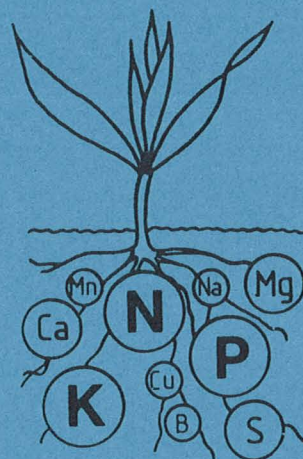


**SVERIGES
LANTBRUKSUNIVERSITET**

**MARK- OCH SKÖRDEEFFEKTER I DE
PERMANENTA KALKNINGSFÖRSÖKEN
UNDER EN 20-ÅRSPERIOD, 1962-1982**

**EFFECTS ON CROP YIELDS AND SOIL
PROPERTIES OF LIME AND FERTILIZERS
IN THE LONG-TERM LIMING
EXPERIMENTS FROM 1962 TO 1982**

GYULA SIMÁN



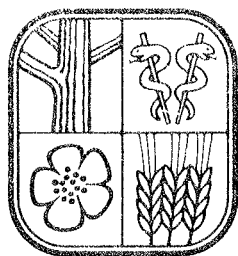
**Institutionen för markvetenskap
Avd. för växtnäringslära**

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

**Rapport 165
Report**

Uppsala 1985

ISSN 0348-3541
ISBN 91-576-2509-3

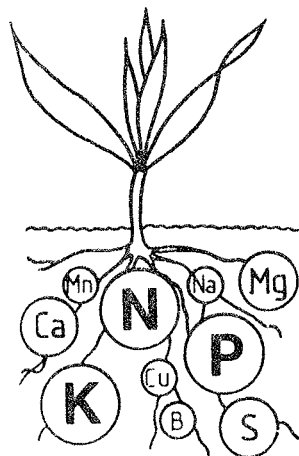


**SVERIGES
LANTBRUKSUNIVERSITET**

MARK- OCH SKÖRDEEFFEKTER I DE PERMANENTA KALKNINGSFÖRSÖKEN UNDER EN 20-ÅRS PERIOD, 1962-1982

**EFFECTS ON CROP YIELDS AND SOIL
PROPERTIES OF LIME AND FERTILIZERS
IN THE LONG-TERM LIMING
EXPERIMENTS FROM 1962 TO 1982**

GYULA SIMÁN



Institutionen för markvetenskap
Avd. för växtnäringslära

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

Rapport 165
Report

Uppsala 1985

ISSN 0348-3541
ISBN 91-576-2509-3

MARK- OCH SKÖRDEEFFEKTER I DE PERMANENTA KALKNINGSFÖRSÖKEN UNDER EN
20 ÅRS PERIOD 1962-1982

SAMMANFATTNING

- o Resultat från sju permanenta kalkningsförsök under perioden 1962-1982 redovisas. Redovisningen omfattar markundersökning av 1980 års prover samt skörderesultat av 128 försöksår.
- o I försöksplanen ingick prövning av två mullråämneshöjder, tre kalkhöjder och tre växtnäringshöjder.
- o Behovet av underhållskalkning för bibehållande av 70 % basmättnad var i genomsnitt för sju försök 125 kg CaO per ha och år. Motsvarande kalkbehov för underhåll av 100 % basmättnad var 360 kg CaO per ha och år.
- o Basutbyteskapaciteten steg i genomsnitt med 3 % efter uppkalkning till 70 % basmättnad och med 9 % efter uppkalkning till 100 % basmättnad.
- o P-AL och K-AL tillstånden på gödselnivåerna 1 och 2 skiljer sig inte mycket från varandra. Däremot ökar avståndet mellan gödselnivå 2 och 3 mer och mer med tiden.
- o Uppkalkning till 70 % basmättnad gav en merskörd av 9,1 % i stråsäd, 20,6 % i vall 1, 12 % i vall äldre, 15,1 % i oljeväxter. Merskördarna är statistiskt säkra. Vid uppkalkning till 100 % basmättnad erhöles i stråsäd ytterligare 4 % merskörd som också är statistiskt säker. I de övriga grödorna hade merkalken utöver 70 % basmättnad ingen statistiskt säker effekt.
- o Tillförsel av gödsel från gödselnivå 1 (halv ersättning) till gödselnivå 2 (hel ersättning) ökade skörden med 13,1 % i stråsäd, 15,2 % i vall, 14,3 % i oljeväxter och 13,8 % i potatis. En ökning av gödselnivån från helersättning till dubbelersättning av bortförda näringsämnen ökade skörden ytterligare med 12,8 % i stråsäd, 16,7 % i vall, 13,7 % i oljeväxter och 24,9 % i potatis.
- o Av samspelet mellan kalkning och gödsling framgår att dessa tillväxtfaktorer har i stort sett verkat oberoende av varandra vilket innebär att merskörderna i kombinerat kalkat och gödlat led motsvarar summan av skördeökningen i enbart kalkade och i enbart gödlat led. Resultaten visar att gödsling inte kan ersätta kalkningen och inte heller kalkning gödslingen.

INNEHÅLL

1. Inledning
2. Försöksseriens uppläggning och genomförande
3. Kalkbehov
4. Markkemiska undersökningar
 - 4.1. Kalktillstånd
 - 4.2. Växtnäringstillstånd
5. Skörderesultat
 - 5.1. Odlade grödor
 - 5.2. Skörderesultat för perioden 1962-1982
 - 5.2.1. Kalkeffekter
 - 5.2.2. Växtnäringseffekter
 - 5.2.3. Skörderesteffekter
 - 5.2.4. Samspelseffekter

1. INLEDNING

Från andra världskriget till början av 60-talet sjönk kalkförbrukningen kraftigt som en följd av kalkmotståndarnas propaganda. Samtidigt befann sig jordbruket i en radikal omvandling från en stabil kreatursstark växtodling till dagens mer specialiserade och ensidiga driftsformer. Som situationen var befarades att markens bördighet långsamt höll på att försämrans dels beroende på förurning och dels beroende på sämre mullräämnestillgång. Vad förurningen beträffar menade man att kalken borde få en mer framskjuten roll som bördighetsbevarande och produktionsfrämjande faktor än vad fallet var. Något lämpligt försöksmaterial som underlag för bedömning av kalkens mångsidiga effekter fanns dock inte. De tidigare utförda kalkförsöken var för enkla och kalkmotståndarna hävdade att de i försöken framkomna kalkeffekterna lika gärna kunde ha varit indirekta växtnäringseffekter som borde ha kunnat uppnåts billigare genom gödsling än genom kalkning.

Det ansågs vara angeläget att starta en ny försöksserie vars syfte skulle vara att studera kalkens långsiktiga bördighetsuppbyggande och -bevarande effekter. Omställningseffekter som erhålles vid övergången från det okalkade till det nya varaktiga kalktillståndet skulle självfallet beaktas, men tyngdpunkten skulle vara att studera hur markens reaktionssystem fungerar efter att det nya varaktighetsstillståndet stabiliserats. Man var särskilt intresserad av att allsidigt kunna belysa samspelet mellan kalktillstånd, gödselnivå och skörderestbehandling på längre sikt.

Genom framsteg inom kolloidkemiens område hade man en god teoretisk grund för bedömning av vilket kalktillstånd som är lämpligt och hur man kan uppnå detta. Man har utgått ifrån markkolloidernas katjonbindande förmåga, dvs basutbyteskapacitet vid pH 7. För att kunna hålla markens kemiska och biologiska reaktionssystem i gott skick ansågs det nödvändigt att 60-70 % av markkolloidernas negativa laddningar skulle vara bundna till kalciumjoner, 10-15 % till andra baskatjoner än kalcium och den återstående 10-15 % av laddningen till vätejoner. Det gällde att översätta denna teori i praktiken.

En annan frågeställning som man ville ha svar på var hur kalkeffekten skulle bli vid olika gödslingsintensitet och skörderestbehandlingar. Gödslingsintensiteten gjordes beroende av de enskilda försöksplatsernas odlingsegenskaper genom att P och K tillförseln knöts till bortförsel med skörden. Gödslingsintensiteten på varje enskild försöksplats motsvarar halv-, hel- resp. dubbelbortförsel av de två huvudnäringsämnena P och K. Detta möjliggör studium av effekten av ökade kalk- och växtnäringsgivor var för sig och samspelet mellan dem.

Skörderestbehandlingen syftar till etablering av två mullråämneshalmen genom bortförsel resp. nedbrukning av framför allt stråsädeshalmen. En utvärdering av betydelsen av en kontinuerlig halmbortförsel är därför möjlig. Bortförsel av P och K i skörderester ersätts halft, helt eller dubbelt med handelsgödsel enligt gödslingsplanen.

Försöken har pågått drygt 20 år. En sammanställning av resultaten från en 20-årig försöksperiod följer här nedan.

2. FÖRSÖKENS UPPLÄGGNING OCH GENOMFÖRANDE

Försökets uppläggning framgår av tabell 1. I försöksplanen ingår två mullråämneshalmer, tre kalknivåer och tre växtnäringsnivåer. Tillsammans bildar dessa $2 \times 3 \times 3 = 18$ olika kombinationer. Försöket på Röbbäcksdalen är utlagt med tre upprepningar och de övriga med två.

Tabell 1. Försöksplan

Mullråämneshalmer:

- A. Skörderesterna återföres till marken
- B. Skörderesterna bortföres

Kalknivåer:

- I Utan kalk
- II Uppkalkning, motsvarande 70 % av Ca-mättnad och underhåll av denna nivå
- III Uppkalkning, motsvarande mer än 100 % av Ca-mättnad och underhåll av denna nivå

Växtnäringsnivåer:

- 1. 30 kg/ha N, halvt underhåll av P och K
- 2. 60 kg/ha N, helt underhåll av P och K
- 3. 120 kg/ha N, dubbelt underhåll av P och K

Två olika skörderestbehandlingars inverkan på markbördighet ingår i försöksplanen. I halva försöket återbördas alla skörderester till marken medan skörderesterna bortföres systematiskt från den andra halvan.

Vid försökens utläggning etablerades tre kalknivåer; det ursprungliga (I), 70 % Ca-mättnadsgrad (II) och mer än 100 % Ca-mättnadsgrad (III). Kalkgivornas storlek beräknades fram till 1972 års underhållskalkning med hjälp av försöksjordarnas Ca-utbyteskapacitet vid pH 7 och Ca-mättnadsgrad. Därefter på grund av basutbyteskapacitet vid pH 7 och basmättnadsgrad. Ändringen föranleddes av att analysen överflyttades från avd för växtnäringslära till Statens Lantbrukskemiska Laboratorium (SLL) där imidazol-ammonium-klorid-buffert enligt Nömmik (1973) tillämpas. Justering av kalktillstånden görs vart fjärde år. Som kalkningsmedel har kalkstensmjöl använts.

Gödselgivorna har baserats på skattade skördar och skattade halter av P och K under den första perioden fram till 1969. Under denna period var tillförseln av N, P och K 20, 6 resp 20 kg/ha och år vid gödselnivå 1, 40, 12 resp 40 kg/ha och år vid gödselnivå 2 och 80, 24 resp 80 kg/ha och år vid gödselnivå 3. För de efterföljande fyraårsperioderna bestämdes P och K-givorna på basis av bortförseln med skördeprodukterna under det närmast föregående fyraåriga omloppet. Fosfor och kalium tillfördes i mängder som motsvarar halva, hela resp dubbla bortförseln i växtnäringsled 1, 2 och 3. Kvävegivan är fast. Den höjdes år 1969 i de tre resp växtnäringsleden till 30, 60 och 120 kg/ha och år N. Kväve tillföres årligen på våren som kalkammonsalpeter. Fosfor och kalium ges vart annat år. Fram till 1980 tillfördes fosfor i form av trippelsuperfosfat (43-45 % P) därefter som superfosfat (9 % P). Kalium tillfördes under hela försöksperioden som kaliumsulfat.

Antalet försök i serien är sju. Dessa är utspridda över hela landet från Hörby i söder till Umeå i norr.

I tabell 2 ges några grunddata rörande de sju försöksjordarna. Dessa sju försök representerar olika marktyper, kalk- och växtnäringsstillstånd under olika klimatiska betingelser.

3. KALKBEHOV

Behovet av grundkalkning och underhållskalkning framgår av tabell 3. Kalkbehovet beräknades genom att mäta markens kalcium- eller basmättnadsgrad. Målsättningen var att uppnå 70 resp 100 % basmättnadsgrad. Hur mycket kalk det behövs beror på kolloidkomplexets kapacitet att i utbytbar form binda katjoner och av den aktuella basmättnadsgraden. En kolloidfattig jord som Tönnersa har låg basutbyteskapacitet varför behovet av kalk stannade vid 1,3 och 3,0 ton CaO/ha för höjning av kalciummättnadsgraden från den ursprungliga 50 % till 70 resp 100 %. På en kolloidrikare jord som V:a Eknö med hög basutbyteskapacitet behövdes 3,7 och 8,0 ton/ha CaO för motsvarande höjning av basmättnadsgraden. Behovet av grundkalkning för att uppnå 70 % Ca-mättnad varierade mellan 1,3 och 9,0 ton/ha CaO och mellan 3,0 och 18,0 ton/ha CaO för att uppnå 100 % Ca-mättnad.

Även behovet av underhållskalkning har varit mycket olika på de sju försöksplatserna. Det beror på sådana faktorer som nederbördsmängd, utlakade katjoner, biologisk och kemisk omsättning i jorden samt mängden använd handelsgödsel. Basmättnadsgraden i alla försöksled bestämdes vart fjärde år och kalktillståndet justerades genom underhållskalkning vid avvikelser. I tabell 3 anges åtgången av underhållskalk. Behovet var i genomsnitt 125 och 360 kg/ha CaO vid 70 resp 100 % basmättnadsgrad. Som siffrorna visar åtgår det mer kalk för underhållning av ett högt kalk-

tillstånd än ett lågt vilket framför allt beror på skillnaden i urlakningsförlust av baskatjoner.

Omställningseffekten av kalk på jordarnas reaktionssystem är ännu inte helt över trots att det gått 18 år efter grundkalkningen. Detta gäller särskilt jorden på Eckerud med gyttjeinslag. Det krävs tydligen lång tid för att ett stabilt varaktighetstillstånd skall kunna etableras.

4. MARKKEMISKA UNDERSÖKNINGAR

4.1. Kalktillstånd

Vart fjärde år uttages jordprover för att fortlöpande kunna kontrollera förändringarna i markens reaktionssystem med särskild hänsyn tagen till kalk- och växtnäringstillståndets variation. I figurerna 1-7 redovisas basutbyteskapacitet (T), utbytbara baskatjoner (S), basmättnadsgrad och pH-värde på varje enskild försökplats vid tre olika kalktillstånd; okalkat (I) och uppkalkat till 70 % (II) resp 100 % (III) basmättnadsgrad. I figurerna anges även utgångsläget vid försökens start med sträckade linjer och mätvärdena i parentes. Jordproverna var uttagna hösten 1980.

Basutbyteskapaciteten eller T-värdet som anger jordens förmåga att binda baskatjoner i utbytbara former anges i milligram per 100 g jord. T-värdet är karakteristiskt för den jord där försöket ligger. Vad som tilldrar sig intresset är att T-värdet ökar med stigande kalknivå. Teoretiskt kan detta förklaras med att markkolloiderna får ett större antal negativa laddningar genom ökad syrabildning och att humussyrornas och även lermineralernas protolysgrad växer. Basutbyteskapaciteten steg i genomsnitt med 3 % efter uppkalkning till 70 % basmättnadsgrad och med 9 % efter uppkalkning till 100 % basmättnadsgrad. Detta påverkar markens växtnäringshushållning och växtnäringsleveransförmåga positivt.

Mängden utbytbara baskatjoner (S-värde), av vilka Ca dominerar, ökade kraftigt av kalkningen. Detta gäller särskilt försöksplatser med basfattigt utgångsläge. Mängden utbytbara baser brukar man uttrycka i procent av basutbyteskapaciteten för att få ett mått på basmättnadsgraden eller kalktillståndet. I figurerna 1-7 anges basmättnadsgraden vid tre kalktillstånd. Den ena kurvan, med markering (.) anger den aktuella basmättnadsgraden och den andra kurvan, med markering (x), anger den teoretiska basmättnadsgraden som eftersträvas att uppnå och underhålla enligt försöksplanen.

I regel är den aktuella basmättnadsgraden lägre än den teoretiska. Skillnaden svarar mot basförlusten eller förurningen under de fyra år som gått mellan två kalkningstillfällen. Skillnaden var särskilt stor på två försöksplatser; Amalietorp och Tönnersa.

Ett annat mått på kalktillståndet utgör pH-värdet som också framgår av figurerna 1-7. Detta har bestämts i vattensuspension (jord:vatten 1:2 volymdelar). Generellt sett stiger pH-värdet med ökad basmättnadsgrad. Beroende på skillnader i markens mineralsammansättning och mullhalt kan dock pH-värdet vid samma basmättnadsgrad variera, vilket framgår inte minst av dessa försök.

4.2. Växtnäringstillstånd

I figurerna 8-14 redovisas förändringen i fosfor-, kalium-, kalcium- resp. magnesiumtillstånd som funktion av kalkning på var och en av de sju försöksplatserna. Fosfor och kalium tillfördes på tre olika nivåer vid varje kalktillstånd. Gödselnivåerna motsvarade halv- (Gn 1), hel- (Gn 2) och dubbelersättning (Gn 3) av de med skördeprodukterna bortförda mängderna av P och K. Planlagd gödsling med magnesium förekom inte. En mindre mängd magnesium tillfördes dock med kalkammonsalpeter som innehåller 2 % Mg.

Kalktillståndet har en avgörande betydelse för fosfors löslighet och växttillgänglighet. Fosforföreningarna i marken har ett löslighetsmaximum inom ett område av svagt sur till svagt alkalisk reaktion. Detta beror på att fosfat tillslammans med järn och aluminium bildar mycket svårslösliga föreningar i sur miljö. På motsvarande sätt bildas svårslösliga fosfater som hydroxylapatit och oktafosfat då pH-värdet i jorden är för högt. I sura jordar där det finns järn- och aluminiumfosfat har kalkning en gynnsam effekt på fosfaternas löslighet genom att dessa övergår i lättlösligare kalciumfosfat. En mobilisering av järn- och aluminiumfosfater efter kalkning framgick också tydligt i denna försöksserie särskilt vid början av försöksperioden.

De funna näringstillstånden som redovisas i figurerna är medeltal av två multräämneshöjder. Skillnaden mellan multräämneshöjderna var inte så stor att en särredovisning är meningsfylld.

Tillförsel av fosfor och kalium vid de tre gödslingnivåerna har beräknats på grund av bortförelsen med skördeprodukter och skörderester under den näst föregående fyraårsperioden.

Mängden tillförd fosfor och kalium har varit olika även vid samma växtnäringsnivå. Det har att göra med ersättningsprincipen i förökets uppläggning. Ett bättre kalktillstånd vid ursprungligen samma växtnäringsnivå frambringar en högre skörd och en större näringsbortförelse. Detta i sin tur kräver större gödselgivor enligt den tillämpade ersättningsprincipen. Därigenom uppstår en differentiering av gödseltillförelsen inom samma växtnäringsnivå. Effekten av detta är tydlig både på P-AL- och K-AL-värdena och på det rörliga växtnäringskapital som är i omlopp under ett och samma år.

En tydlig differentiering av P-AL- resp. K-AL-tillståndet vid olika gödslingnivåer framgår av figurerna. Skillnaden mellan halv- (Gn 1) och helersättning (Gn 2) av bortfört P resp K är liten jämfört med skillnaden mellan helersättning (Gn 2) och dubbelersättning (Gn 3). Beroende på det relativt höga utgångsläget har alla tre gödslingsintensiteterna varit tärande på fosfortillståndet på Amaliatorp, V:a Eknö och Röbbäcksdalen i det okalkade ledet. På Ulfstorp och Eckerud, där fosfortillståndet vid försökets början var mycket dåligt, var så små fosforgivor som halversättning tillräckliga för att underhålla det mycket låga P-AL-tillståndet.

5. SKÖRDERESULTAT

5.1. Odlade grödor

I tabell 4 och 5 redovisas de grödor som har odlats på de enskilda försöksplatserna. Någon strikt växtföljd har inte existerat. Valet av försöksväxt följer försöksvärdens odlingsplan som i sin tur är beroende av gårdens driftsinriktning.

Fram till 1983 erhöles 21 skördeår från Röbbäcksdalen, 19 från vardera Amalietorp, Tönnersa och V:a Eknö, 18 från vardera Ulfstorp och Eckerud och 14 skördeår från Säby. Av de odlade grödorna på sammanlagt 128 skördeår utgör stråsäd 79, vall 31, oljevaxter 8, potatis 6, grönfoderraps 3 och sockerbetor 1 skördeår. Som framgår av dessa siffror har stråsäd varit den mest frekventa grödan. Andelen var så hög som 62 %. Vallen med 31 skördeår motsvarar 24 %. Andelen av övriga grödor var endast 14 %. Det kan tilläggas att helträda förekom på Ulfstorp under 1968 och på Säby under 1981. Träda var nödvändig för att bekämpa den rikliga ogräsförekomsten på dessa försöksplatser. Vidare har grödan i tre fall inte skördats försöksmässigt. Dels under åren 1965 och 1967 på Eckerud då grödan var blandsäd och dels under 1967 på V:a Eknö med grönfoderraps som försöksgröda.

5.2. Skörderesultat för perioden 1962-1982

Försöksgrödornas avkastning efter olika behandlingar redovisas för perioden 1962-1982 i tabellerna 6-13. Skörden anges dels för varje gröda för sig och dels omräknad till spannmålsenheter genom nivellering. Först redovisas kalkeffekten och därefter effekten av gödsling resp skörde-restbehandling. I tabellerna anges grundskördarna och merskördarna efter olika behandlingar i kg och dt per ha. Merskördarnas statistiska säkerhet markeras med asterisker.

* Signifikant på 5 % nivå (någorlunda säker)

** " 1 % " (säker)

*** " 0,1 % " (mycket säker)

5.2.1. Kalkeffekter.

I tabell 6 sammanfattas kalknivåns betydelse för skördeutvecklingen. Kalkeffekterna anges som medeltal över samtliga mullråämnesh- och gödselbehandlingar. Stråsäd odlades under sammanlagt 79 försöksår. Den genomsnittliga skörden i de okalkade leden har stannat vid 3160 kg/ha. Uppkalkning till 70 % basmättnadsgrad ökade kärnsköörden med 289 kg/ha och år. Den motsvarar en merskörd av 9,1 %. Uppkalkning till 100 % basmättnad gav en merskörd av 415 kg/ha och år eller 13,1 % skördeökning. Skillnaden i merskörd mellan 70 % och 100 % basmättnad är 4 % till den högre kalknivåns fördel. Samspelet mellan kalkning och gödsling var inget eller svagt negativt (-15 kg/ha och år) och utan statistisk säkerhet.

Vallskördarna redovisas i två grupper, ettårsvall och vall äldre. Skillnaden i grundskörden mellan dessa grupper var inte stor. Ettårsvallen gav en höskörd av 4530 kg/ha och år och flerårsvallen 4580 kg/ha och år. Efter uppkalkning till 70 % basmättnad ökade skörden i ettårsvallen med 20,7 % och 12,1 % i vall äldre. Att ettårsvallen svarat bättre för kalkning beror sannolikt på en högre klöverandel i beståndet. Uppkalkning till 100 % basmättnadsgrad gav 17,1 % merskörd i ettårsvall och 13,3 % i äldre vall. Det innebär en försämring i ettårsvall och någon förbättring i äldre vall jämfört med merskördarna vid 70 % basmättnadsgrad. Skillnaderna i merskörd mellan 70 % och 100 % basmättnadsgrad är inte statistiskt säkra.

Oljeväxter förekom i försöksserien under 8 försöksår. I de okalkade leden erhöles en fröskörd av 1360 kg/ha och år. Kalkning till 70 % basmättnadsgrad gav en merskörd av 15,1 % eller 206 kg/ha och år. Merskörderna är statistiskt säkra. Uppkalkning till 100 % basmättnadsgrad hade däremot liten effekt. Den gav endast ca 100 kg/ha och år högre fröskörd.

Potatis odlades under 6 försöksår. Något säkert utslag för kalkning erhöles inte i denna gröda.

De naturliga förutsättningarna för odling, som bl a framgår av jordanalysresultaten, varierar kraftigt från plats till plats. Detta gäller inte minst graden av kalkbehov och utslag för kalkning. I tabell 7 redovisas kalkeffekterna för varje försöksplats för sig.

Skörden av olika grödor är omräknade till spannmålsenheter och uttrycks i kg kärna per ha och år. Det är genomsnittsskördar över hela försöksperioden för åren 1962-1982. Antalet skördeår per försöksplats varierar mellan 14 och 21.

Lägsta grundskörd erhöles från Eckerud i Dalsland. Eckerud är försöksseriens mest sura och kalkbehövande jord. Kalkningseffekten blev också mycket stor där. Uppkalkning till 70 % basmättnad gav en merskörd av 44 % vilket var en ekonomiskt mycket lönsam åtgärd. Uppkalkning till 100 % basmättnad gav en merskörd av samma storleksordning eller 40 %.

Den andra ytterligheten utgör Ulfstorp i Skaraborgs län och Säby i Uppsala län. Jorden på dessa försöksplatser är moig lättlera med ett utgångs-pH(H_2O) av 5,7-5,8. Båda dessa jordar har svarat svagt på uppkalkning till 70 % basmättnad. Den högsta kalkgivan på Ulfstorp har däremot ökat skörden med hela 10 % som även statistiskt är mycket säker.

Det högsta kalktillståndet har på Ulfstorp förbättrat markens fosforhushållning mycket markant. Detta har med säkerhet bidragit till skördeökningen.

Kalkeffekten på de övriga försöksplatserna ligger mitt emellan vad som erhållits på Eckerud och Säby. Den genomsnittliga kalkeffekten på alla sju försöksplatserna var vid kalktillstånd II 12,2 % och vid kalktillstånd III 13,3 %.

Variationen av grundskördarna liksom variationen av kalkeffekten mellan åren var stora. I tabell 8 och i fig. 15 och 16 redovisas denna årsmånsbundna skördevariation. Skördenivån i de okalkade försöksleden har ökat med i genomsnitt 30 kg/ha och år. Detta kan tillskrivas ett förbättrat

odlingsmaterial, bättre jordbearbetning och växtskydd och en förbättring av jordarnas växtnäringstillstånd.

Kalkeffekten i kalkningsled II och III uppvisar också stora årsmånsvariationer (figur 16). Den linjära regressionsfunktionen visar att kalkning till 70 % basmättnad ger en merskörd av 425 kg/ha kärna per år och kalkning till 100 % basmättnad 568 kg/ha kärna per år. Av funktionen framgår också att effekten av kalk är avtagande vid båda kalkningsnivåerna. Minskningen är ca 9 kg/ha och år vid kalktillstånd II och det dubbla vid kalktillstånd III. Förklaringen till detta är dels kalkens avtagande initiala effekt på växtnäringshushållningen, inte minst i form av en ökad N-mineralisering, och dels ett allmänt förbättrat växtnäringstillstånd i försöksjordarna.

5.2.2. Växtnäringseffekter

Som tidigare har omtalats ingår i försökplanen tre växtnäringsnivåer i olika kombinationer med mullråämnes- och kalkbehandling. Dessa tre växtnärings- eller gödslingsnivåer motsvarar halv, hel resp dubbel ersättning för bortförda näringsämnen av P och K och differentierad gödsling för kväve, 30, 60 resp 120 kg N per ha. I tabell 9 redovisas gödslingseffekten i olika grödor. Siffrorna avser medeltal av samtliga försöksplatser över samtliga mullråämnes- och kalkningsnivåer. Gödslingseffekterna var stora i alla grödor. Helersättning jämfört med halversättning gav i vall I 16 % merskörd och i övriga grödor mellan 13 och 14 %. Dubbelersättning jämfört med halversättning gav mellan 26-39 % merskörd. Vid den högsta växtnäringsnivån var skördeökningen störst i potatis (39 %) följt av vall I (32 %). Merskördarna är i alla grödor statistiskt säkra.

Svaga gödslingseffekter (2-3 %) erhöles från Säby i Uppsala län (se tabell 10). Denna försöksplats gav även ett svagt utslag för kalk. På Tönnersa, Hallands län, var merskörderna efter helersättning jämfört med halversättning 620 kg/ha kärna per år, vilket motsvarar 28 % skördeökning. Dubbelersättning gav ytterligare 40 % skördeökning. Gödslingseffekten i de övriga försöken varierade mellan 10 och 50 %.

Årsmånsvariationens betydelse för växtnäringseffekten framgår av tabell 11 och av figurerna 17 och 18. Beroende på väderleken har den genomsnittliga skörden, i spannmålsenheter, vid halv ersättning varierat mellan 2200 och 3500 kg/ha och år. Även merskördarna, dvs skillnaden mellan växtnäringsnivå 1 och 2 resp växtnäringsnivå 2 och 3 visar stora variationer med åren. Merskördarna har en stigande trend. Ökningen är 15-20 kg/ha och år.

5.2.3. Skörderesteffekter

Bortförsel av skörderester kontra nedplöjning prövas också i denna försöksserie för att kunna belysa mullråämnenas betydelse för markbördighet. Halm- och blastbortförseln drabbar inte markens P- och K-tillstånd utöver vad som framgår av gödslingsplanen eftersom bortförseln ersätts halft, helt eller dubbelt genom handelsgödsling.

De genomsnittliga mullråämneseffekterna redovisas i tabellerna 12 och 13. Redovisningen av varje gröda för sig visar att skillnaderna mellan dessa två behandlingsled är små. Skörden blir något högre då skörderesterna bortförs jämfört med återföring. Skillnaderna är i inga fall statistiskt säkra men trenden finns mot det negativa hållet. Om man däremot gör en uppdelning försöksplatsvis som tab. 13 visar, framgår det att skörderesteffekterna ingalunda är enhetliga. På Amaliatorp, Malmöhus län, ger nedplöjning av skörderester en statistiskt säker skördeminskning på 150 kg/ha kärna och år medan på Eckerud gav halmnedplöjning statistisk säker skördeökning på 150 kg/ha och år. De negativa skörderesteffekterna kan bero på kvävefastläggning och de positiva kan vara ett resultat av förbättrad markstruktur.

5.2.4. Samspelseffekter

I figurerna 19 och 20 redovisas merskördarna av de två dominerande grödorna stråsäd och vall vilka tillsammans utgjorde 85 % av försöksgrödorna. Effekten av kalk och växtnäring anges var för sig och i kombination med varandra. Grundskörden - utan kalk och halversättning av bortförd växtnäring - representeras av x-axeln och bildar bas. Växtnäringseffekten som skillnad mellan gödselnivå 2 och gödselnivå 1 resp gödselnivå 3 och gödselnivå 1 anges med streckade staplar. Kalkeffekten vid kalknivå II och III och vid halversättning av bortförd växtnäring anges med rutiga staplar.

Vi kan av figurerna utläsa att både stråsäd och vall var mycket tack samma såväl för gödsling som för kalkning. Hel- och dubbelersättning av växtnäring i stråsäd gav en merskörd av 360 resp 830 kg/ha och år kärna. Motsvarande skördeökning i vall var 430 resp 980 kg/ha och år hö. Enbart kalkning till 70 och 100 % basmättnad gav i stråsäd 370 resp 460 kg/ha och år merskörd. I vall var motsvarande skördeökning 460 resp 540 kg/ha och år.

I figurerna kan även samspelseffekterna av kalkning och gödsling utläsas. Samspelet anger huruvida kalk och gödsel har verkat oberoende av varandra, motverkat eller förstärkt varandras effekter. Vid inget samspel blir merskörden i de kombinerade kalkade och gödslade leden lika med summan av de enskilda kalk- och gödseleffekterna. Vid negativt samspel blir merskörden mindre och vid positivt samspel mer. I figurerna markeras merskörden i de kombinerade kalk-gödselleden med två staplar, en som anger kalkeffekten och en som anger växtnäringseffekten. De två staplarnas sammantagna längd är densamma som merskörden. I de fall där merskörden blivit större än summan av dessa två staplar var samverkan positiv. Detta inträffade vid kalkningsnivå II och gödslingsnivå 2 så i stråsäd som i vall. Storleken på positivt samspel markeras med tomt utrymme mellan två på varandra stående staplar. Negativt samspel erhöles vid kalkningsnivå III och gödslingsnivå 3. Den kombinerade kalk-gödsleffekten är här lägre än summan av de enskilda kalk- och gödseleffekterna. Detta anges med ihopskjutna staplar.

Sammantaget för hela materialet erhöles inget statistiskt säkert samspel mellan kalkning och gödsling. Vid måttliga kalk- och växtnäringsgivor var samverkan något positiv och vid höga nivåer något negativ.

I kalkningssammanhang har tidigare gjorts gällande att kalkning och gödsling skulle motverka varandra. Detta tolkades så att gödslingen minskar eller till och med upphäver kalkens effekt. Gödsling skulle enligt denna teori kunna ersätta kalkningen och därtill på ett mer ekonomiskt sätt. Resultaten från denna långvariga försöksserie ger inte belägg för en sådan teori. Gödsling kan inte ersätta kalkning och inte heller kalkning gödsling. Visserligen påverkar kalken kvävemineriseringen genom en snabbare omsättning av markens organiska substans samt tillgången på fosfor genom att järn- och aluminiumfosfaterna blir mer växttillgängliga. Dessa initialeffekter av kalkningen är emellertid av övergående karaktär och man har kanske övervärderat deras betydelse. En längre tid efter kalkningen, när det nya varaktighetstillståndet på allvar börjar stabilisera sig, kommer kalkningens andra mer specifika effekter fram. Till exempel att markens struktur och vattenhållande förmåga förbättras. Det kemiska tillståndet förbättrats i fråga om elimineringen av toxiska koncentrationer av aluminium och mangan. Hus-hållningen av tillförd växtnäring förbättrats och slutligen att den nya markmiljön blivit gynnsammare både för markorganismerna och för de odlade kulturväxterna. Dessa effekter kan inte gödsling ersätta. Det är förklaringen till varför den skördehöjande effekten av kalk och gödsel var additiva i denna 20 åriga serie av permanenta kalkningsförsök.

SUMMARY

The present paper deals with the effects of lime, fertilizers and plant residues on yields and soil properties in seven long-term field experiments during a period of 20 years between 1962-1982. The design of experiment is as follows:

- A. Levels of fresh organic matter
 - a) plant residues are ploughed in
 - b) plant residues are removed
- B. Levels of lime
 - I. No lime
 - II. Lime addition to obtain 70 per cent Ca saturation of CEC at pH 7.0 and maintaining this level.
 - III. Lime addition to obtain 100 per cent Ca saturation of CEC at pH 7.0 and maintaining this level.
- C. Levels of fertilizers
 - 1. 30 kg/ha N + half compensation for P and K removed by the harvested crops
 - 2. 60 kg/ha N + full compensation for P and K removed by the harvested crops
 - 3. 120 kg/ha N + twofold compensation for P and K removed by the harvested crops.

Results from seven permanent liming experiments conducted during 1962-1982 are reported. The paper includes analysis of the soil sampled in 1980 and yield results from 128 experimental-years. Two levels of organic matter, three levels of lime and three levels of plant nutrients were studied. The need for maintenance liming to retain 70 % base saturation of CEC at pH 7.0 was, on average for 7 trials, 125 kg CaO per ha

and year. The corresponding liming requirement for maintaining 100 % base saturation of CEC was 310 kg CaO per ha and year. The CEC rose, on average, by 3 % following liming to 70 % base saturation and by 9 % after liming to 100 % base saturation.

P-AL and K-AL status at fertilizer levels 1 and 2 do not differ to any greater extent. On the other hand, the difference between fertilizer levels 2 och 3 increases with time.

Liming to 70 % base saturation gave yield increase amounting to 9.1 % in cereals, 20.1 % in ley I, 12.1 % in older leys and 15.1 % in oilseeds. The yield increases are statistically significant.

When liming to 100 % base saturation a further 4 % yield was obtained in cereals, which also was statistically significant. In other crops the liming above 70 % base saturation gave no effect.

Supply of fertilizer from level 1 (half compensation) to level 2 (full compensation) resulted in increased yields amounting to 13.1 % in cereals, 15.2 % in leys, 14,3 % in oilseeds and 13.8 % in potatoes. An increase in the fertilizer level from full compensation to twofold compensation of removed nutrients resulted in further yield increases of 12.8 % in cereals, 16,7 % in leys, 13,7 % in oilseeds and 24.9 % in potatoes.

The interaction between lime and fertilizer illustrates that these growth factors have worked independently. This implies that the extra yield obtained in the combined lime - fertilizer treatment corresponds to the sum of the yield increases in the treatments which were only limed and that in treatments only fertilized. The results show that fertilizing cannot replace liming and that liming cannot replace fertilizing.

Tabell 2. Analysdata för försöksjordarna vid försökens start

Table 2. Some characteristics of the soils at the experimental sites at the start of the trials

Försöksplats	Jordart	pH-H ₂ O	Ca-mättn.- grad, %	T-värde (CEC) Me/100 g jord	P-AL	K-AL	P-HCl	K-HCl
Place	Soil type		Ca saturation%	Me/100 g soil				
Amalietorp	mr svl sa Mo	5,4	55	17	6,2	9,0	45	46
Tönnersa	mf svl sa Mo	5,5	50	6	7,2	9,0	38	82
Ulfstorp	mmh mo LL	5,7	60	20	3,9	10,5	50	180
Eckerud	mr gy LL	4,7	10	24	1,8	10,0	26	144
V:a Eknö	mmh SL	5,2	50	20	3,0	22,0	83	175
Säby	mr mo LL	5,8	65	23	2,4	14,0	60	260
Röbäcksdalen	mmh svL Mo	5,0	40	11	4,8	4,3	71	86

Tabell 3. Grundkalkning och underhållskalkning, CaO ton/ha
Table 3. Basic and supplemental liming, CaO ton/ha

Försöksplats	Grundkalkning vid försökets start											
	/Basic liming at the start/		Underhållskalkning /Supplemental liming at levels II and III/									
Place			1968		1973		1978		1982		1968-1982	
	Nivå II	Nivå III	Nivå II	Nivå III	Nivå II	Nivå III	Nivå II	Nivå III	Nivå II	Nivå III	Nivå II	Nivå III
Amaliatorp	3,0	7,4	-	-	-	1,7	0,9	2,3	1,8	4,4	2,7	8,4
Tönnersa	1,3	3,0	0,5	1,6	0,1	0,3	0,5	1,1	1,2	1,3	2,3	4,3
Ulfstorp	2,3	9,2	-	-	-	1,6	-	1,5	-	-	-	3,1
Eckerud	9,0	18,0	2,4	4,5	0,3	-	2,5	5,5	1,3	1,0	6,5	11,0
V:a Eknö	3,7	8,0	0,6	4,7	-	1,7	-	2,5	2,0	3,4	2,6	12,3
Säby	2,1	10,6	-	-	-	1,4	0,5	3,2	0,5	1,9	1,0	6,5
Röbäcksdalen	2,6	7,9	-	-	-	-	0,8	0,8	0,6	1,5	1,4	2,3

Tabell 4. Grödor i de permanenta kalkningsförsöken

Table 4. Crops

År							
/Year/	Amaliatorp	Tönnersa	Ulfstorp	Eckerud	V:a Eknö	Säby	Röbäcksdalen
1962	-	-	-	-	-	-	Korn
1963	-	-	-	Havre	Korn	-	Vall I
1964	Vitsenap	Socketbetor	Höstvete	Vall I	Havre	-	Korn
1965	Korn	Korn	Korn	(Blandsäd)	Vårraps	-	Havre
1966	Korn	Potatis	Havre	Havre	Korn	-	Korn
1967	Vall I	Korn	Korn	(Blandsäd)	(Grönfoder)	-	Grönfoder
1968	Vall II	Vall I	(Helträda)	Havre	Havre	Vitsenap	Korn
1969	Höstraps	Korn	Höstraps	Vall I	Korn	Korn	Vall I
1970	Korn	Potatis	Höstvete	Vall II	Havre	Vall I	Vall II
1971	Potatis	Korn	Höstvete	Korn	Korn	Vall II	Korn
1972	Korn	Vall I	Havre	Havre	Vall I	Vårvete	Havre
1973	Korn	Potatis	Havre	Korn	Vall II	Havre	Potatis
1974	Vall I	Korn	Höstvete	Vårraps	Vall III	Korn	Korn
1975	Vall II	Korn	Korn	Korn	Vall IV	Vall I	Vallinsådd
1976	Höstraps	Höstråg	Havre	Vall I	Vall V	Vall II	Vall I
1977	Höstråg	Korn	Höstvete	Vall II	Vall VI	Höstvete	Vall II
1978	Potatis	Korn	Ärter	Vall III	Höstvete	Havre	Korn
1979	Korn	Vårraps	Höstvete	Havre	Korn	Korn	Korn
1980	Korn	Korn	Havre	Havre	Korn	Vårvete	Foderraps
1981	Vall I	Korn	Havre	Havre	Havre	(Helträda)	Korn
1982	Vall II	Råg	Höstvete	Havre	Vårvete	Korn	Vall I

Tabell 5. Antal skördeår av olika grödor under försöksperioden 1962-1982

Table 5. Number of different crops during 1962-1982

Försöksplats	Stråsäd	Vall	Oljeväxter	Potatis	Grönfoder	Sockerbetor	Tot.
/Place/	/Cereals/	/Ley/	/Oilseeds/	/Potato/	/Green crops/	/Sugar beets/	
Amalietorp	8	6	3	2	-	-	19
Tönnersa	12	2	1	3	-	1	19
Ulfstorp	16	-	1	-	1	-	18
Eckerud	11	6	1	-	-	-	18
V:a Eknö	12	6	1	-	-	-	19
Säby	9	4	1	-	-	-	14
Röbäcksdalen	11	7	-	1	2	-	21
Tot.	79	31	8	6	3	1	128

Tabell 6. Genomsnittliga kalkeffekter på olika grödor. Resultat från sju försök under 1962-1982
Table 6. Effect of lime on different crops

	<u>Grundskörd och kalkeffekter/Yield and Yield increase/</u>				
	Stråsäd, kärna /Cereals, grain/ kg/ha	Vall I, ts /Ley I, dm/ kg/ha	Vall II-VI, ts /Ley II-VI, dm/ kg/ha	Oljeväxter, frö /Oilseeds/ kg/ha	Potatis /Potato/ dt/ha
Okalkat /No lime/	3164	4533	4583	1364	306
Kalkeffekter: /Effects of lime/					
70% Ca-mättn.-okalkat /70% Ca saturation-no lime/	+289***	+937**	+556*	+206**	+ 4
100% Ca-mättn.-okalkat /100% Ca-saturation-no lime/	+415***	+776**	+610*	+ 97	- 2
100% Ca-mättnad.-70% Ca-mättn. /100% Ca saturation-70% Ca saturation/	+127***	-160	+ 55	-109	- 6
Samspel kalk-växtnäring /Interaction lime x fertilizer/	- 15	- 64	+ 1	- 14	0,8
Antal försöksår /Number of trials/	79	15	15	8	6

Tabell 7. Genomsnittliga kalkeffekter. Sju försök 1962-1982. Samtliga grödor.

Nivellerade skördar. Skörd av stråsäd (kärna) kg/ha =1,00

Table 7. Effect of liming at different sites

	Grundskörd och kalkeffekter/Yield and Yield increase, kg/ha/						
	Amaliatorp	Tönnersa	Ulfstorp	Eckerud	V:a Eknö	Säby	Röbäcksdalen
Okalkat	3361	2784	4045	2682	3133	3457	2823
/No lime/							
Kalkeffekter:							
/Effects of lime/							
70% Ca-mättn.-okalkat	+186**	+226**	+ 71	+1182***	+168**	+ 69	+462***
/70% Ca saturation-no lime/							
100% Ca-mättn.-okalkat	+246**	+275*	+399***	+1061***	+297***	+107	+238
/100% Ca-saturation-no lime/							
100% Ca-mättnad.-70% Ca-mättn.	+ 60	+ 50	+329**	-120	+129**	+ 39	-224
/100% Ca saturation-70% Ca saturation/							
Antal försöksår	19	19	17	18	20	14	21
/Number of trials/							

Tabell 8. Genomsnittliga kalkeffekter. Årvis redovisning. Medeltal av samtliga mullråämnesh- och gödslingsnivåer. Samtliga grödor från sju försök under 1964-1982. Nivellerade skördar. Skörd av stråsäd (kärna) kg/ha = 1,00

Table 8. Effect of liming. Yearly variation of yield. Mean value of seven experiments

	Grundskörd och kalkeffekter/Yield and Yield increase, kg/ha/								
	1964	1965	1966	1967	1968	1969	1970	1971	1972
Okalkat	2943	3173	2325	3059	3339	2927	3462	2339	3612
/No lime/									
Kalkeffekter:									
/Effects of lime/									
70% Ca-mättn.-okalkat	+362	+378**	+236	+339	+296	+511*	+468	+692	+110
/70% Ca saturation-no lime/									
100% Ca-mättn.-okalkat	+565*	+638***	439*	+414	+390	+410**	+521	+664	+164
/100% Ca-saturation-no lime/									
100% Ca-mättnad.-70% Ca-mättn.	+203**	+260*	+203**	+ 75	+ 93	-101	+ 53	- 28	+ 53
/100% Ca saturation-70% Ca saturation/									
Antal försöksår	6	6	6	6	6	7	7	7	7
/Number of trials/									

Tabell 8. Forts.
Table 8. Continuation

Grundskörd och kalkeffekter/Yield and yield increase, kg/ha/										
	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982
Okalkat	3109	3655	2484	3182	3715	3265	3066	3635	3615	3214
/No lime/										
Kalkeffekter:										
/Effects of lime/										
70% Ca-mättn.-okalkat	+268	+385	+308	+519	+315	+435*	+479	+285	-153	+201
/70% Ca saturation-no lime/										
100% Ca-mättn.-okalkat	+259	+109	+382	+493*	+387	+415*	+744*	+47	-204	+228
/100% Ca-saturation-no lime/										
100% Ca-mättnad.-70% Ca-mättn.	- 9	-276	+ 74	- 25	+ 72	- 19	+265	-238	- 51	+ 27
/100% Ca saturation-70% Ca saturation/										
Antal försöksår	7	7	6	7	7	6	7	7	6	7
/Number of trials/										

Tabell 9. Genomsnittliga gödseffekter på olika grödor. Resultat från sju försök under 1962-1982

Table 9. Effect of fertilizer on different crops. Mean values of seven experiments

Växtnäringssnivåer /Level of fertilization/ /Half compensation/	Grundskörd och gödseffekter/Yield and yield increase/				
	Stråsäd, kärna /Cereals, grain/ kg/ha	Vall I, ts /Ley I, dm/ kg/ha	Vall II-VI, ts Ley II-VI, dm/ kg/ha	Oljeväxter, frö /Oilseeds/ kg/ha	Potatis /Potato/ dt/ha
Halvt underhåll	3007	4393	4319	1285	261
Gödslingseffekter: /Effects of fertilizers/					
Helt underh.-halvt underh. /Full comp.-half comp./	+395***	+720**	+601***	+184*	+ 36
Dubbelt underh.-halvt underh. /twofold comp.-half comp./	+781***	+1415***	+1357***	+360	+101**
Dubbelt underh.-helt underh. /twofold comp.-full comp./	+387***	+695**	+756***	+176*	+ 65**
Antal försöksår /Number of trials/	79	15	15	8	6

Tabell 10. Genomsnittliga gödseffekter. Försöksvis uppdelning. Sju försök 1962-1982. Samtliga grödor. Nivellerade skördar - skörd av stråsäd (kärna) kg/ha = 1,00

Table 10. Effect of fertilizers at different sites

Växtnäringsnivåer /Level of fertilization/	Grundskörd och gödseffekter/Yield and Yield increase, kg/ha/						
	Amaliatorp	Tönnersa	Ulfstorp	Eckerud	V:a Eknö	Säby	Röbäcksdalen
Halvt underhåll /Half compensation/	3171	2239	3623	3096	2906	3459	2555
Gödseffekter: /Effects/							
Helt underh.-halvt underh. /Full comp.-half comp./	+291***	+623***	+620***	+359***	+400***	+ 83*	+485***
Dubbelt underh.-halvt underh. /Twofold comp.-half comp./	+713***	+1513***	+1118***	+642***	+746***	+ 88	+1020***
Dubbelt underh.-helt underh. /Twofold comp.-full comp./	+422***	+890***	+ 499*	+283***	+346***	+ 5	535***
Antal försöksår /Number of trials/	19	19	17	18	20	14	21

Tabell 11. Genomsnittliga gödsleffekter. Årvis redovisning. Medeltal av samtliga mullråämnesh- och kalknivåer. Samtliga grödor från sju försök under 1964-1982. Nivellerade skördar - skörd av stråsäd (kärna) kg/ha = 1,00

Table 11. Effect of fertilizer. Yearly variation of yields

Växtnäringsnivå	Grundskörd och gödsleffekter/Yield and Yield increase, kg/ha/								
/Level of fertilization/	1964	1965	1966	1967	1968	1969	1970	1971	1972
Halvt underhåll	2966	3053	2194	2892	3084	2879	3448	2423	3483
/Half compensation/									
Gödseffekter:									
/Effects of fertilizers/									
Helt under.-halvt underh.	+279*	+452**	+325**	+405**	+ 428*	+312*	+278*	+323**	+286
/Full comp.-half comp./									
Dubbelt underh.-halvt underh.	+580*	+923**	+749**	+852**	+1021*	+755*	+752**	+782**	+371
/Twofold comp.-half comp./									
Dubbelt underh.-helt underh.	+301	+471*	+424**	+448**	+ 593*	+444*	+474*	+459**	+ 85
/Twofold comp.-full comp./									
Antal försöksår	6	6	6	6	6	7	7	7	7
/Number of trials/									

Tabell 11. Forts.
Table 11. Continuation

	Grundskörd och kalkeffekter/Yield and Yield increase, kg/ha/									
	1973	1974	1974	1975	1976	1978	1979	1980	1981	1982
Halvt underhåll /Half compensation/	2999	3414	2165	3042	3229	3026	3286	3241	2908	2641
Gödseleffekter: /Effects of fertilizers/										
Helt underh.-halvt underh. /Full comp.-half comp./	+216*	+372	+ 526*	+511**	+ 752**	+ 490**	+273	+5578**	+ 661*	+ 663**
Dubbelt underh.-halvt underh. /Twofold comp.-half comp./	+643*	+837	+1126	+925*	+1410**	+1075*	+299	+938**	+1105*	+1482**
Dubbelt underh.-helt underh. /Twofold comp.-full comp./	+427	+465	+ 599	+414**	+660*	+ 585*	+ 26	+359	+ 445*	+ 820*
Antal försöksår /Number of trials/	7	7	6	7	7	6	7	7	6	7

Tabell 12. Genomsnittliga skörderesteffekter på olika grödor. Resultat från sju försök under 1962-1982
Table 12. Effect of plant residues on different crops

	Grundskörd och skörderesteffekter/Yield and Yield increase/				
	Stråsäd, kärna	Vall I, ts	Vall II-VI, ts	Oljeväxter, frö	Potatis
	/Cereals, grain/	/Ley I, dm/	Ley II-VI, dm/	/Oilseeds/	/Potato/
	kg/ha	kg/ha	kg/ha	kg/ha	dt/ha
Skörderester bort	3405	5136	5024	1468	308
/Plant residues removed/					
Skörderesteffekter:					
/Effects of plant residues/					
Skörderest åter-skörderest bort	- 16	- 61	-105	- 3	- 2
/Plant residues ploughed in-removed/					
Antal försöksår	79	15	15	8	6
/Number of trials/					

Tabell 13. Genomsnittliga skörderesteffekter. Försöksvis uppdelning. Sju försök 1962-1982. Samtliga grödor. Nivellerade skördar - skörd av stråsäd (kärna) kg/ha = 1,00

Table 13. The effects of plant residues at different sites

	Grundskörd och skörderesteffekter/Yield and Yield increase, kg/ha/						
	Amaliator	Tönnersa	Ulfstorp	Eckerud	V:a Eknö	Säby	Röbäcksdalen
Skörderest bort	3581	3008	4181	3355	3318	3530	3045
/Plant residues removed/							
Skörderesteffekter:							
/Effects of plant residues/							
Skörderest åter - skörderest bort	-150**	-112*	+ 42	+149**	- 61	- 30	+ 25
/Plant residues ploughed in-removed/							
Antal försöksår	19	19	19	18	20	14	21
/Number of trials/							

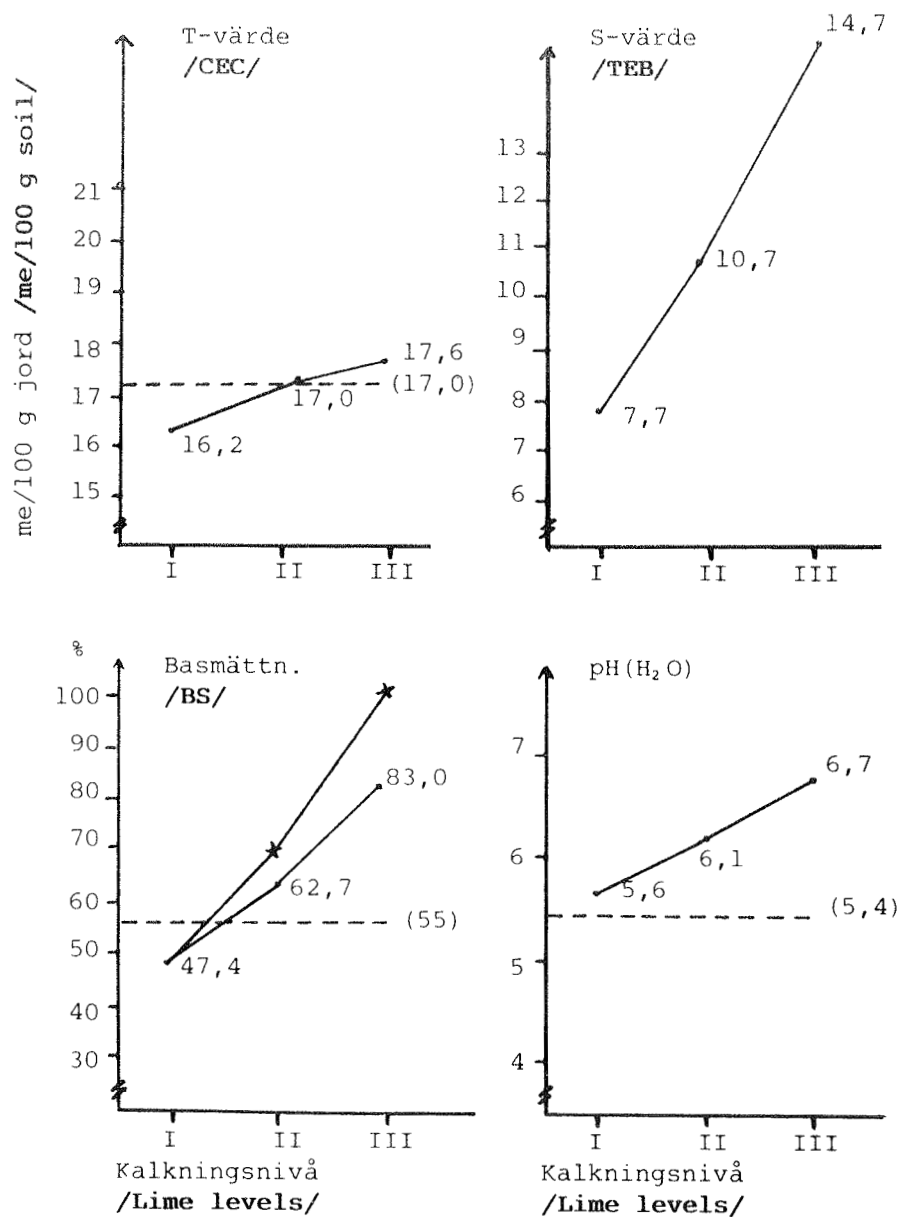


Fig. 1. Kalkningens effekt på olika markfaktorer. Amaliatorp.
1980 års provtagning

Fig. 1. Effect of lime on cation exchange capacity (CEC), total exchangeable bases (TEB), base saturation (BS) and the pH-values. Amaliatorp

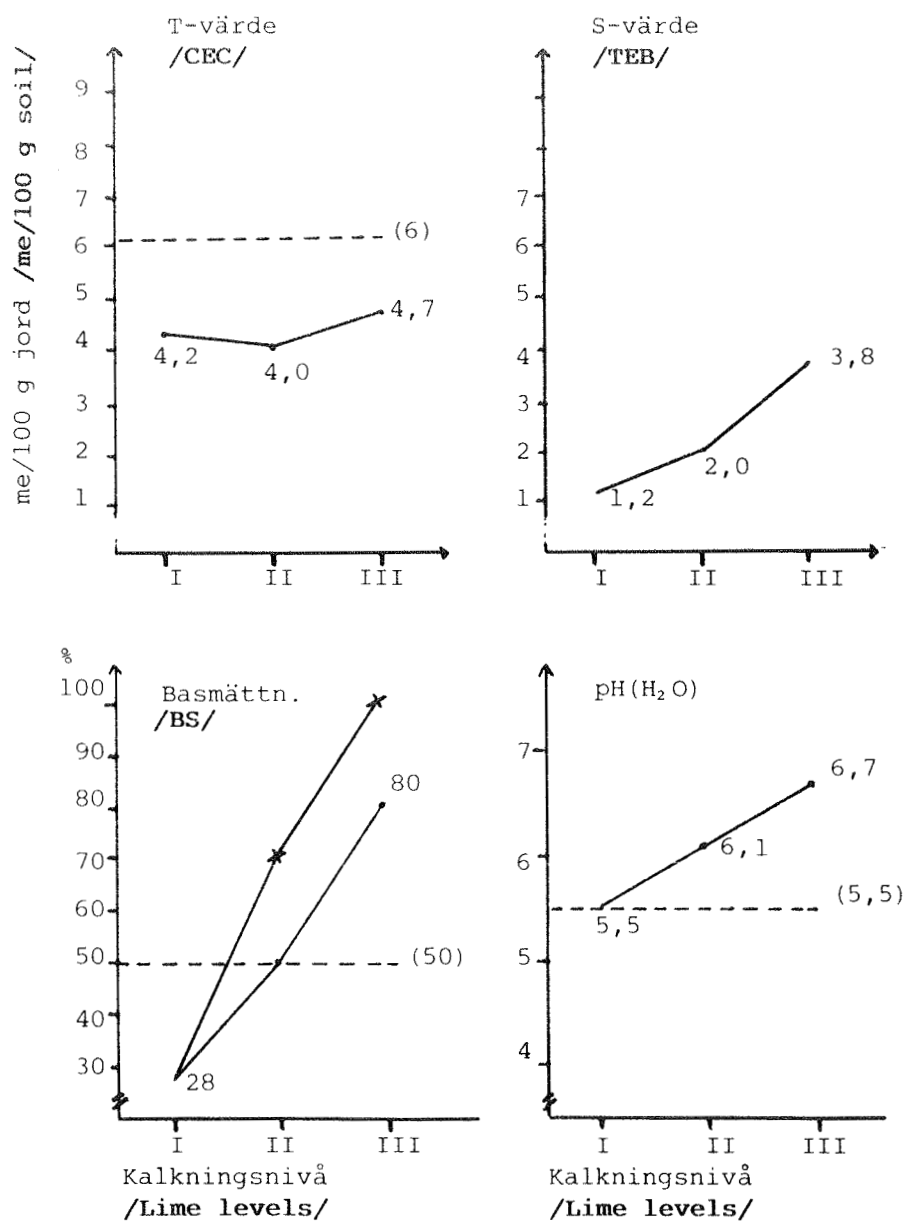


Fig. 2. Kalkningens effekt på olika markfaktorer. Tönnersa. 1980 års provtagning

Fig. 2. Effect of lime on cation exchange capacity (CEC), total exchangeable bases (TEB), base saturation (BS) and the pH-values. Tönnersa

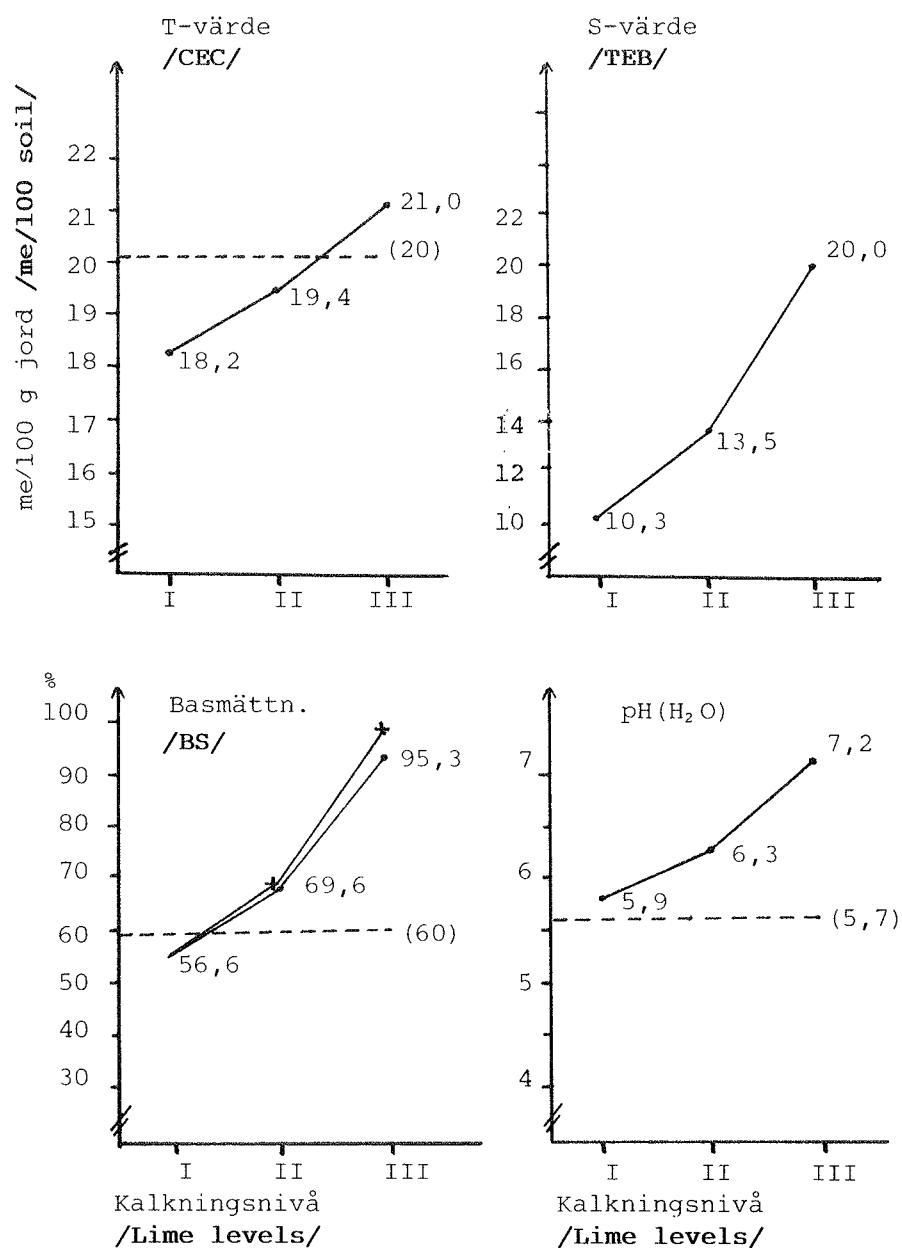


Fig. 3. Kalkningens effekt på olika markfaktorer. Ulfstorp.
1980 års provtagning

Fig. 3. Effect of lime on cation exchange capacity (CEC), total exchangeable bases (TEB), base saturation (BS) and the pH-values. Ulfstorp

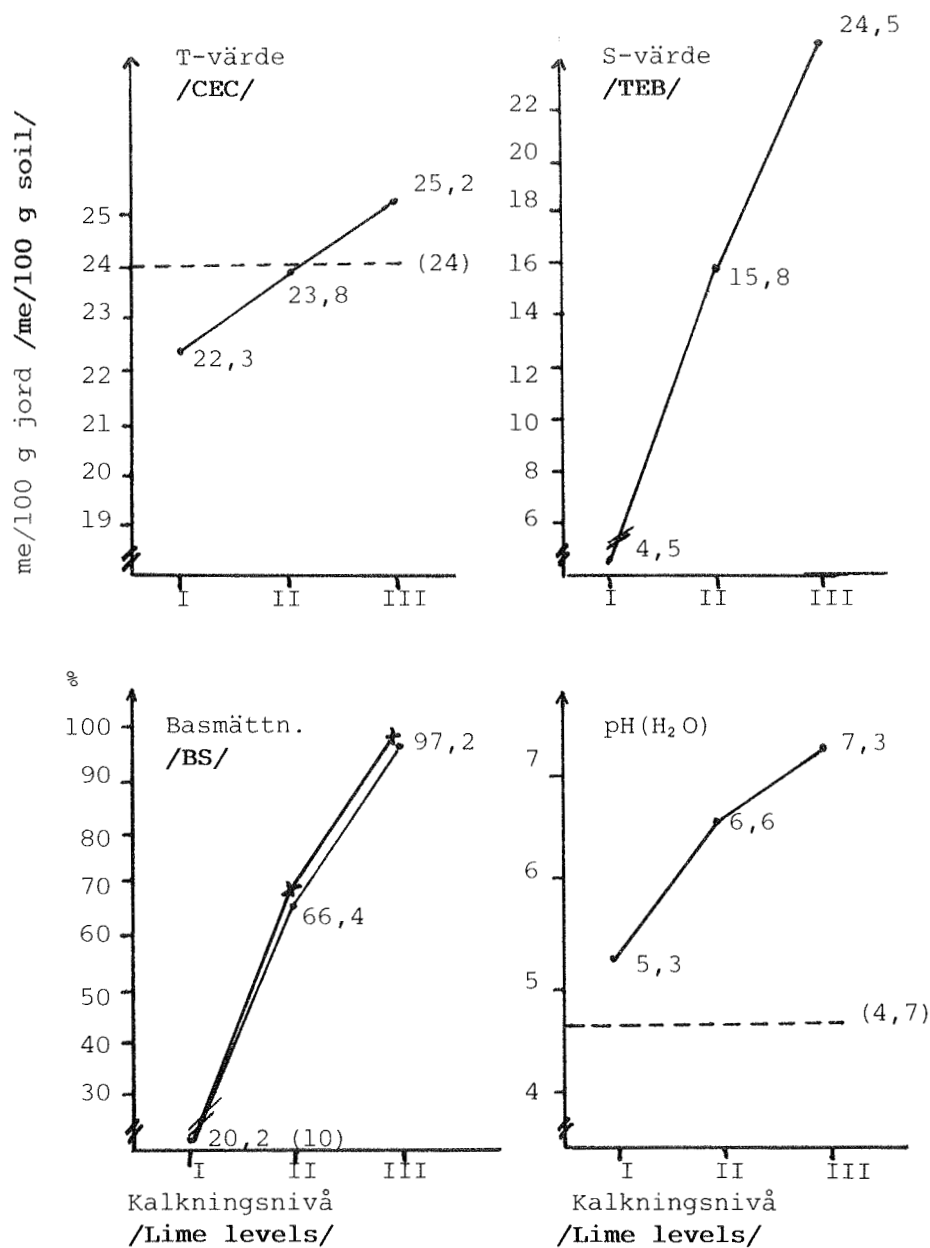


Fig. 4. Kalkningens effekt på olika markfaktorer. Eckerud. 1980 års provtagning

Fig. 4. Effect of lime on cation exchange capacity (CEC), total exchangeable bases (TEB), base saturation (BS) and the pH-values. Eckerud

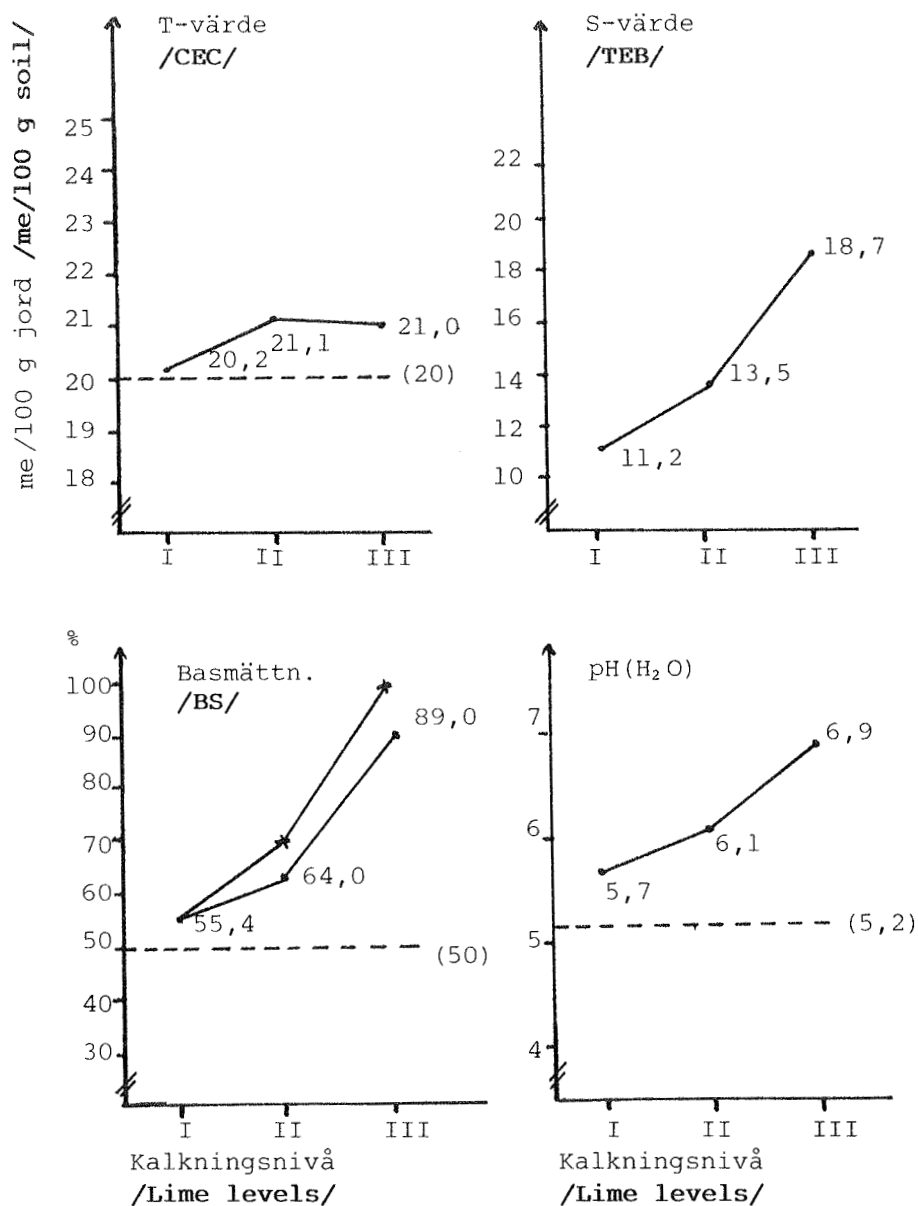


Fig. 5. Kalkningens effekt på olika markfaktorer. V:a Eknö.
1980 års provtagning

Fig. 5. Effect of lime on cation exchange capacity (CEC), total exchangeable bases (TEB), base saturation (BS) and the pH-values. V:a Eknö

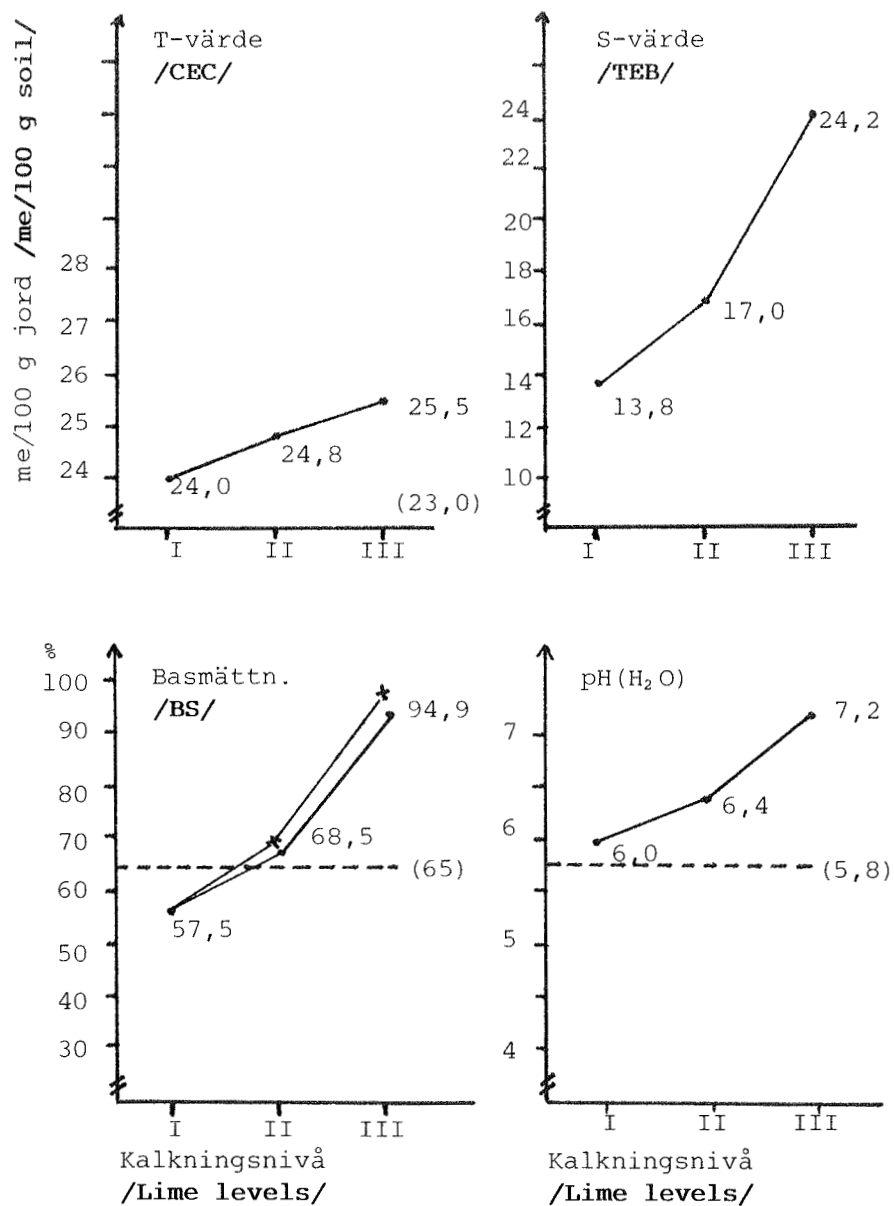


Fig. 6. Kalkningens effekt på olika markfaktorer. Säby.
1980 års provtagning

Fig. 6. Effect of lime on cation exchange capacity (CEC), total exchangeable bases (TEB), base saturation (BS) and the pH-values. Säby

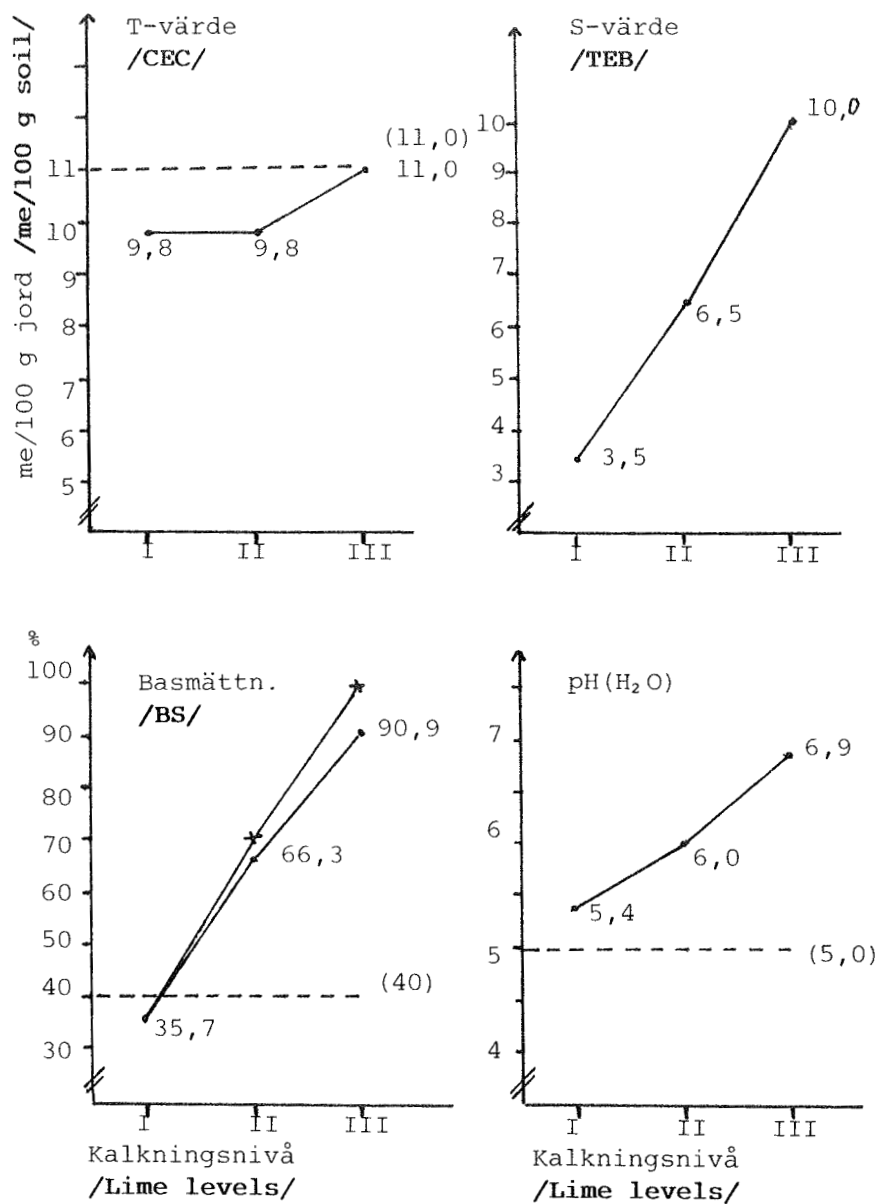


Fig. 7. Kalkningens effekt på olika markfaktorer. Röbäcksdalen. 1980 års provtagning

Fig. 7. Effect of lime on cation exchange capacity (CEC), total exchangeable bases (TEB), base saturation (BS) and the pH-values. Röbäcksdalen

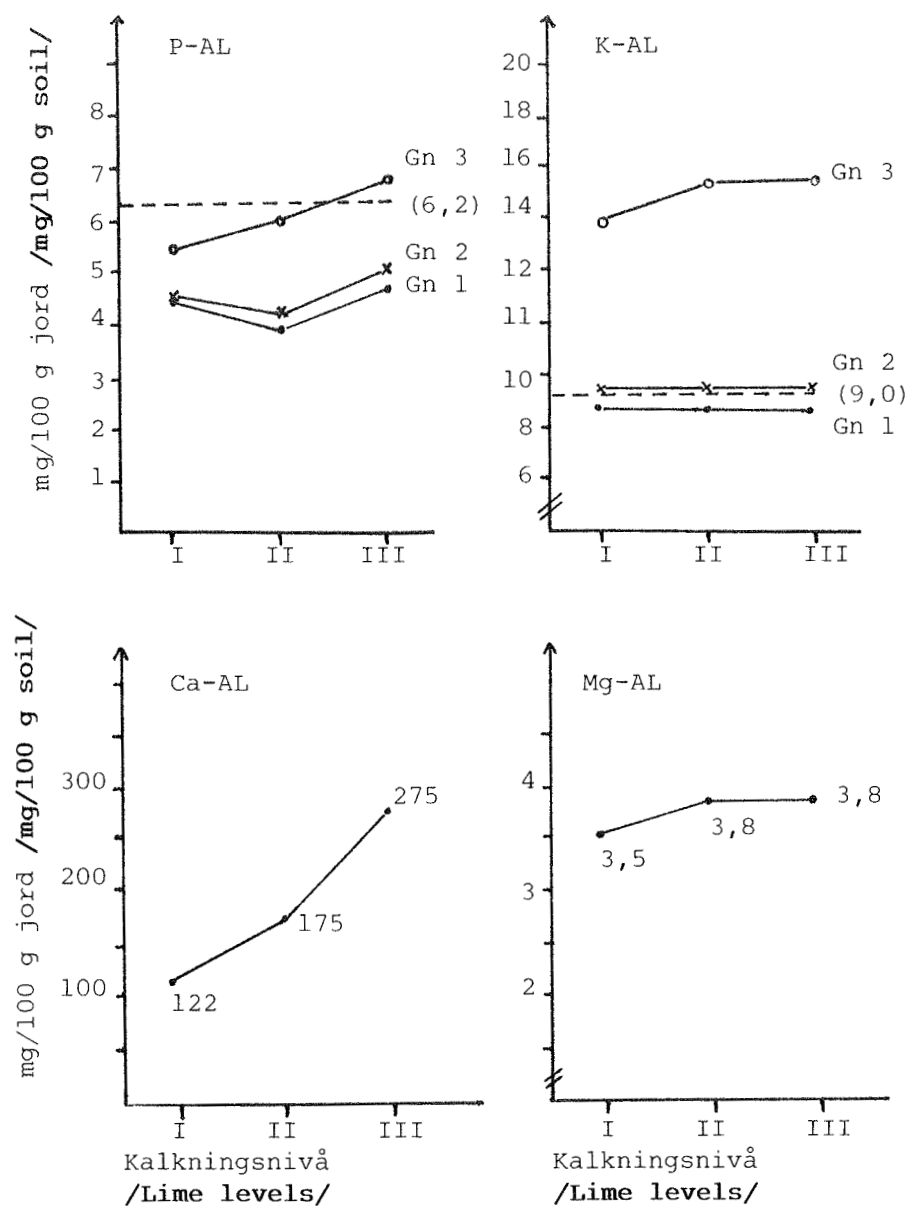


Fig. 8. Kalkningens och gödslingens effekt på olika markfaktorer. Amaliatorp. 1980 års provtagning

Fig. 8. Effect of lime on ammonium acetate lactate soluble P, K, Ca and Mg in the soil. Amaliatorp
Gn = fertilizer levels

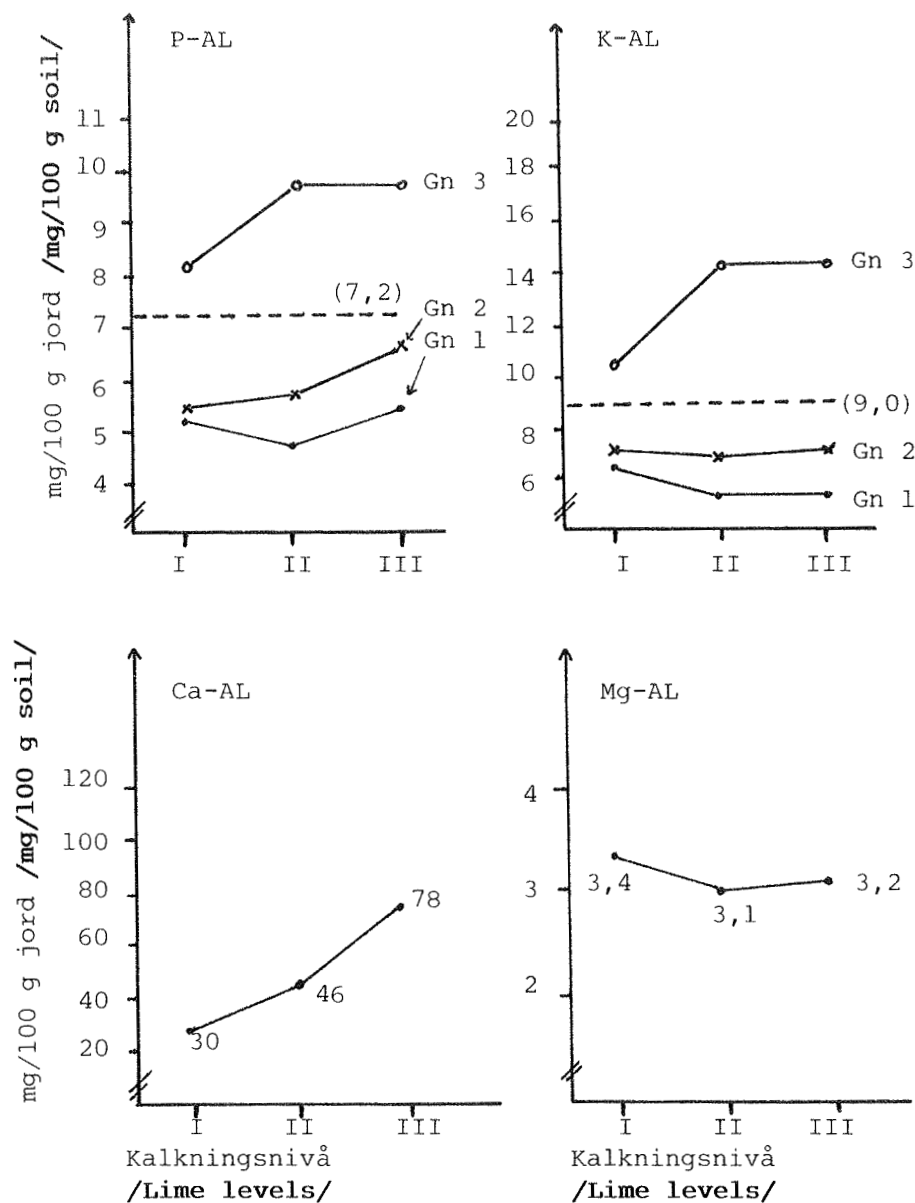


Fig. 9. Kalkningens och gödslingens effekt på olika markfaktorer. Tönnersa. 1980 års provtagning

Fig. 9. Effect of lime on ammonium acetate lactate soluble P, K, Ca and Mg in the soil. Tönnersa
Gn = fertilizer levels

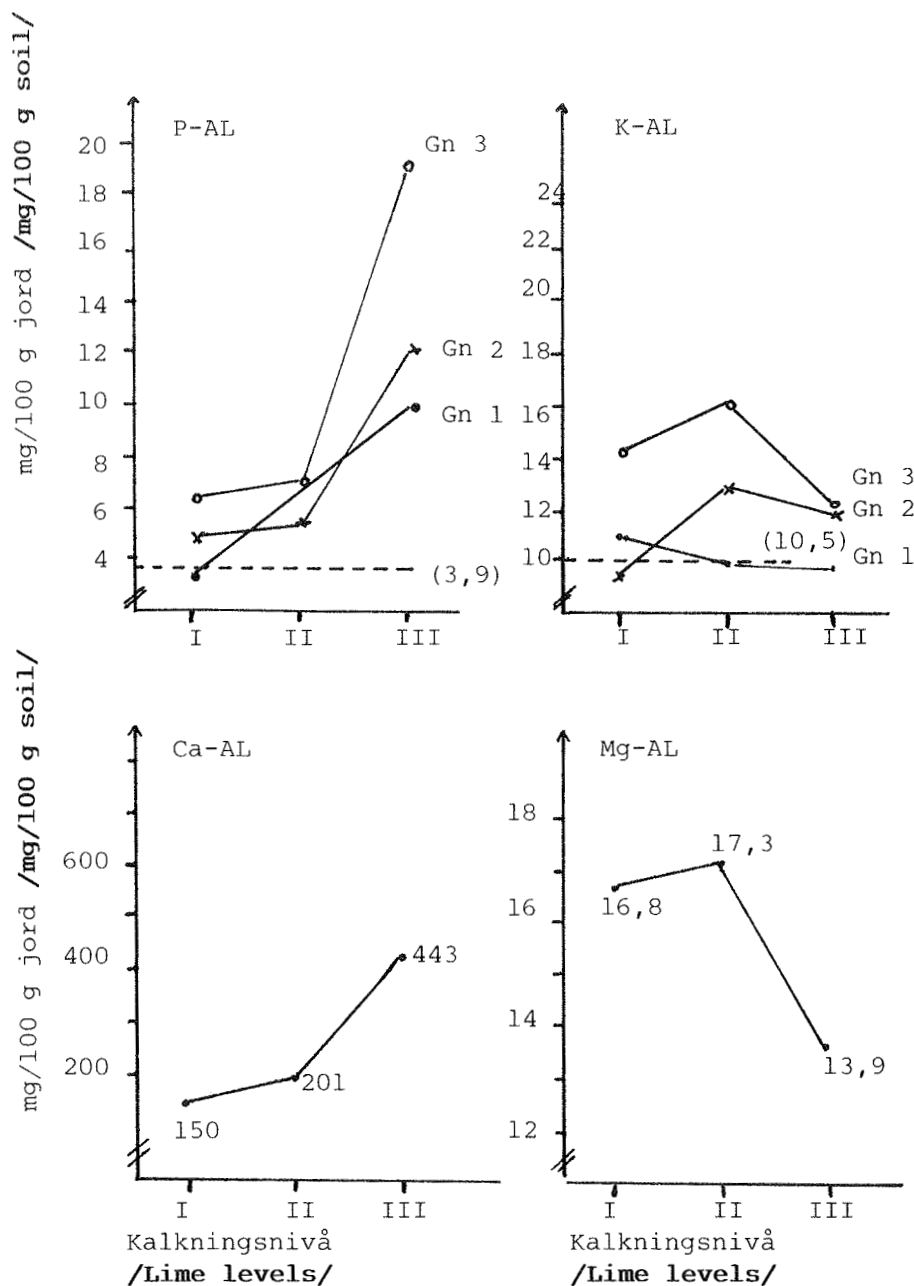


Fig. 10. Kalkningens och gödslingens effekt på olika markfaktorer. Ulfstorp. 1980 års provtagning

Fig. 10. Effekt of lime on ammonium acetate lactate soluble P, K, Ca and Mg in the soil. Ulfstorp
Gn = fertilier levels

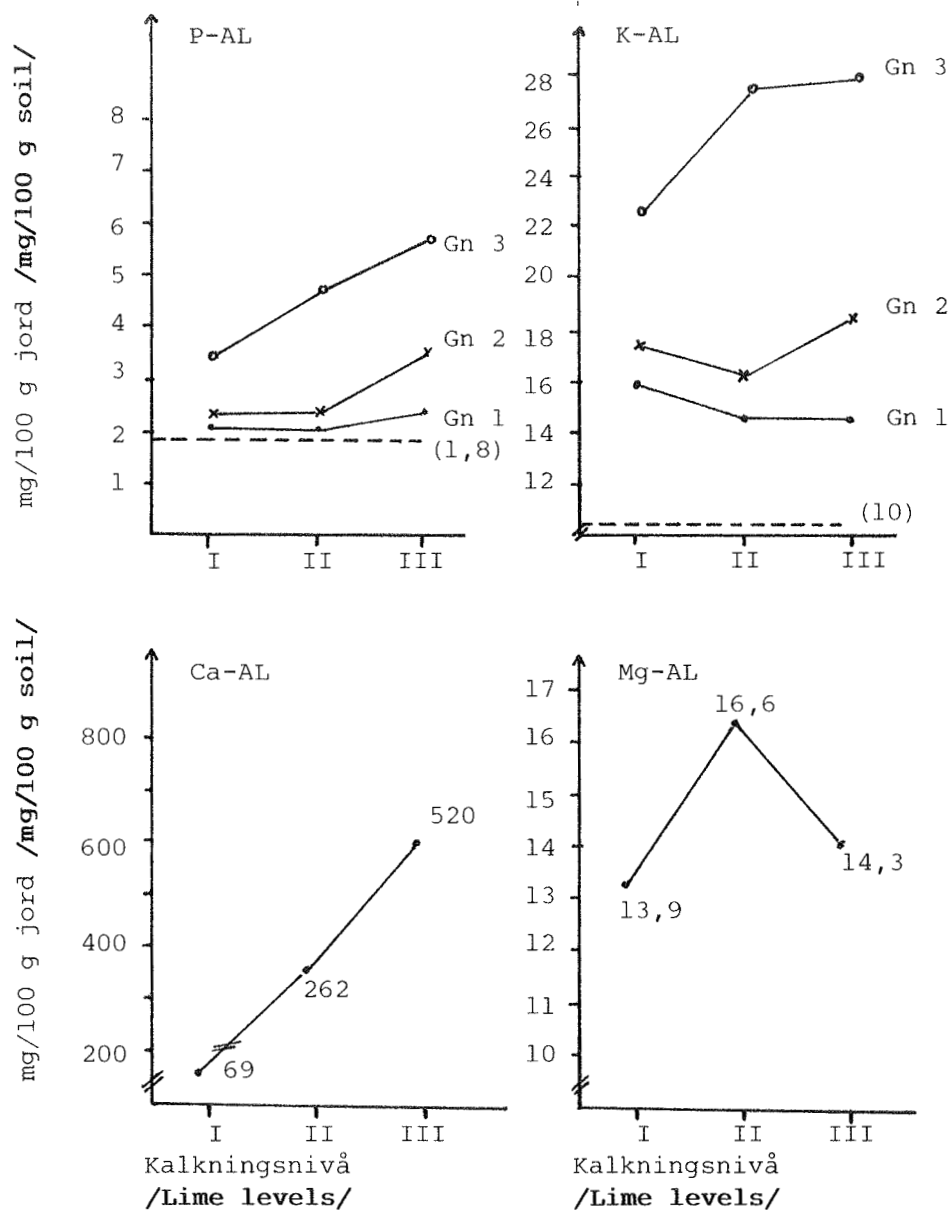


Fig. 11. Kalkningens och gödslingens effekt på olika markfaktorer. Eckerud. 1980 års provtagning

Fig. 11. Effect of lime on ammonium acetate lactate soluble P, K, Ca and Mg in the soil. Eckerud
Gn = fertilizer levels

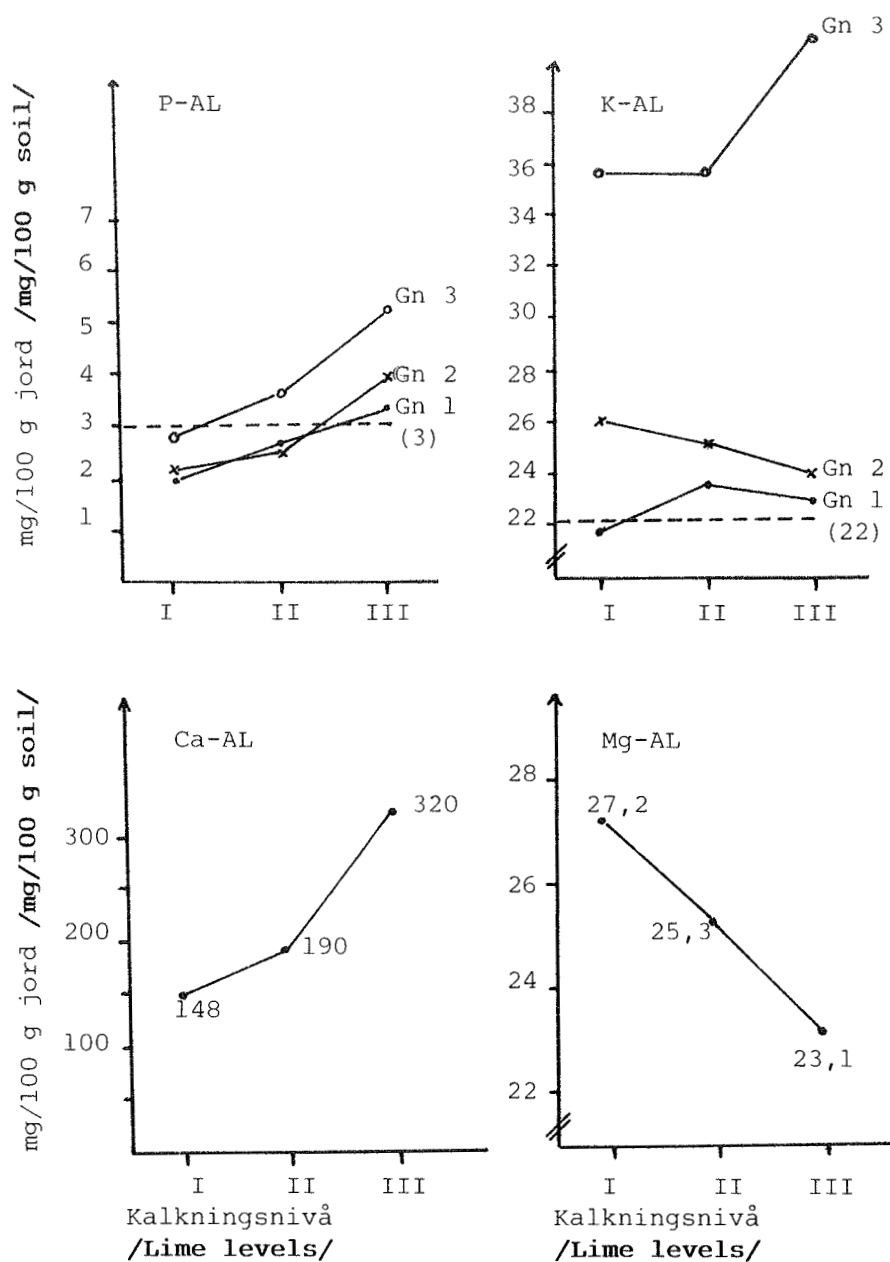


Fig. 12. Kalkningens och gödslingens effekt på olika markfaktorer. V:a Eknö. 1980 års provtagning

Fig. 12. Effekt of lime on ammonium acetate lactate soluble P, K, Ca and Mg in the soil. V:a Eknö
Gn = fertilizer levels

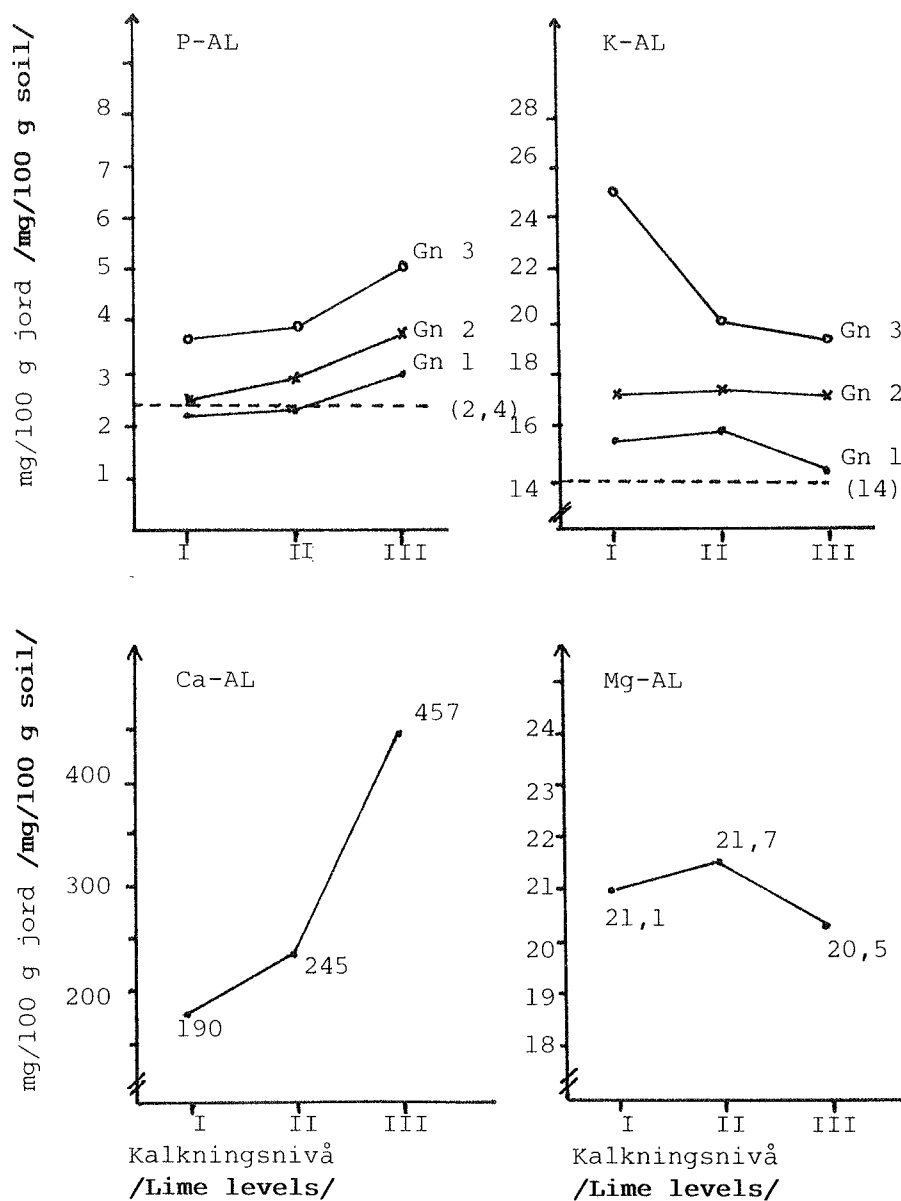


Fig. 13. Kalkningens och gödslingens effekt på olika markfaktorer. Säby. 1980 års provtagning

Fig. 13. Effect of lime on ammonium acetate lactate soluble P, K, Ca and Mg in the soil. Säby
Gn = fertilizer levels

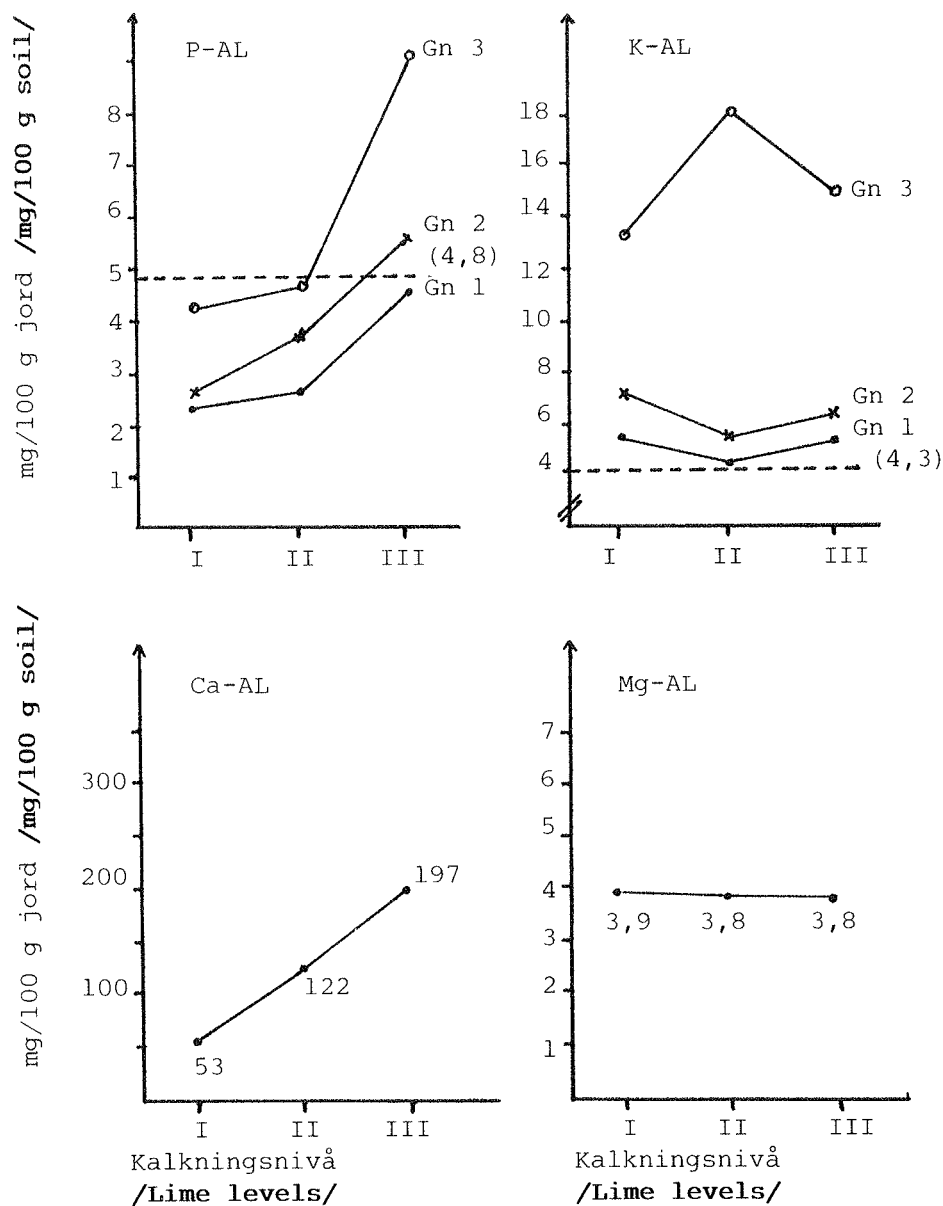


Fig. 14. Kalkningens och gödslingens effekt på olika markfaktorer. Röbäcksdalen. 1980 års provtagning

Fig. 14. Effect of lime on ammonium acetate lactate soluble P, K, Ca and Mg in the soil. Röbäcksdalen
Gn = fertilizer levels

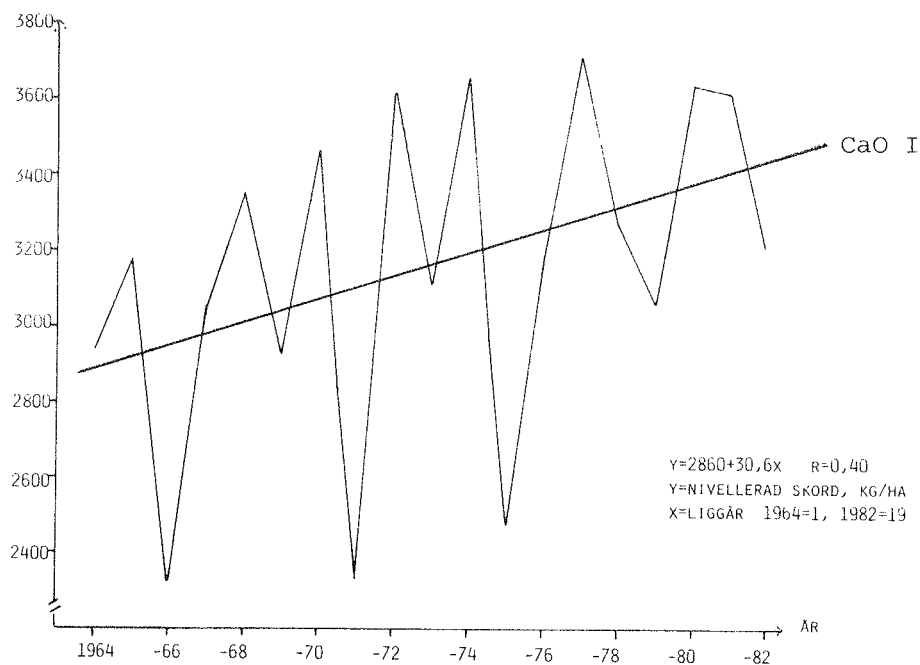


Fig. 15. Årsmånsvariationens inverkan på skördeutvecklingen i de okalkade försöksleden. Medeltal av samtliga mullråämneshöjnings- och gödslingsnivåer

Fig. 15. Yearly variation of yield in treatments without lime addition

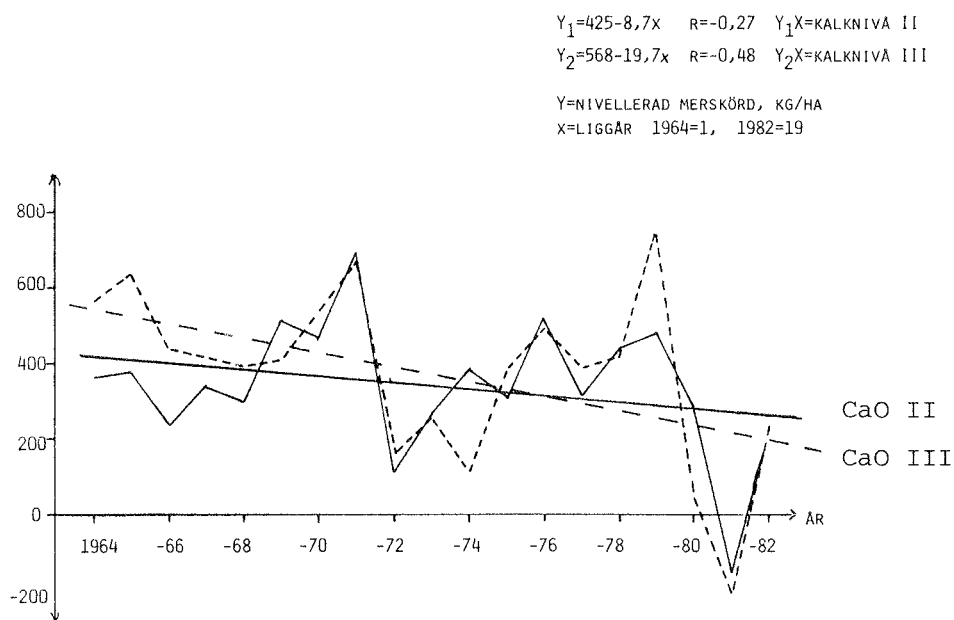


Fig. 16. Årsmånsvariationens inverkan på kalkeffekten. Medeltal av samtliga mullråämneshöjnings- och gödslings effekter

Fig. 16. Yearly variation of yield increases after lime addition

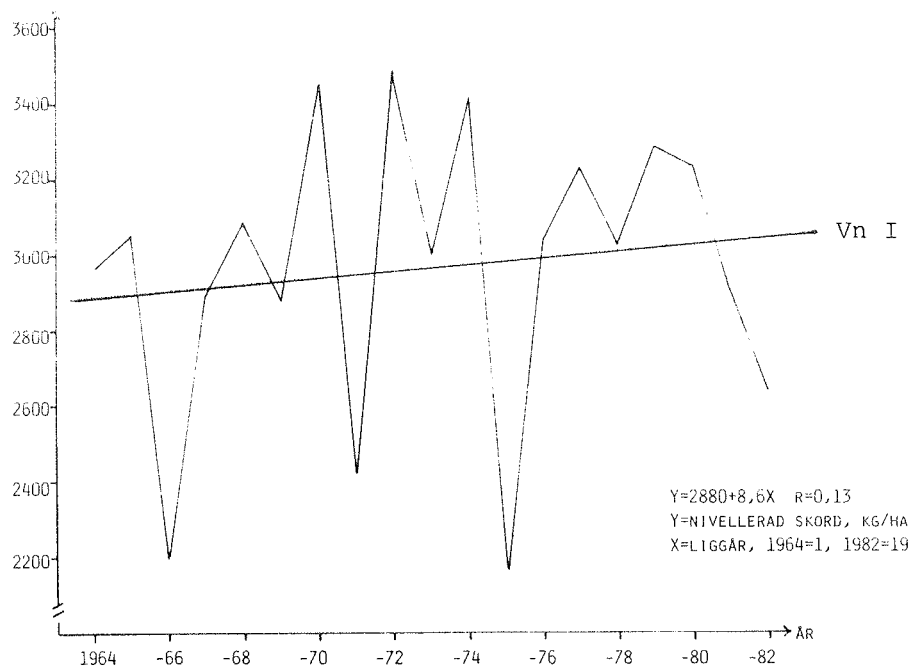


Fig. 17. Årsmånsvariationens inverkan på skördeutvecklingen i försöksled med halvt underhåll av P och K. Medeltal av samtliga mullråämnesh- och kalkningsnivåer

Fig. 17. Yearly variation of yields at fertilizing level 1

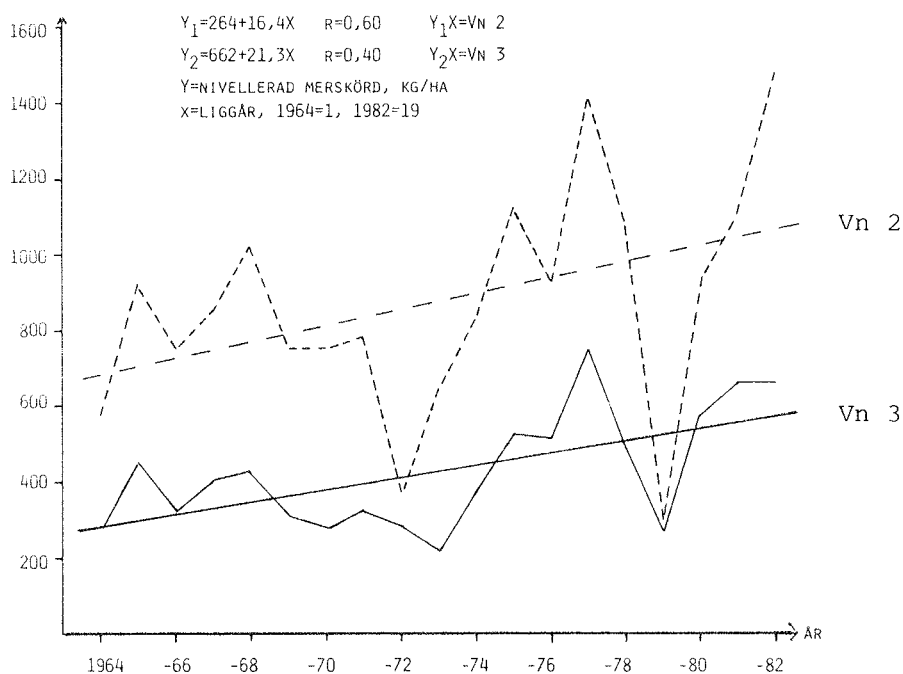


Fig. 18. Årsmånsvariationens inverkan på gödslingseffekter. Medeltal av samtliga mullråämnesh- och kalkningsnivåer

Fig. 18. Yearly variation of yield increases at fertilizing levels 2 and 3

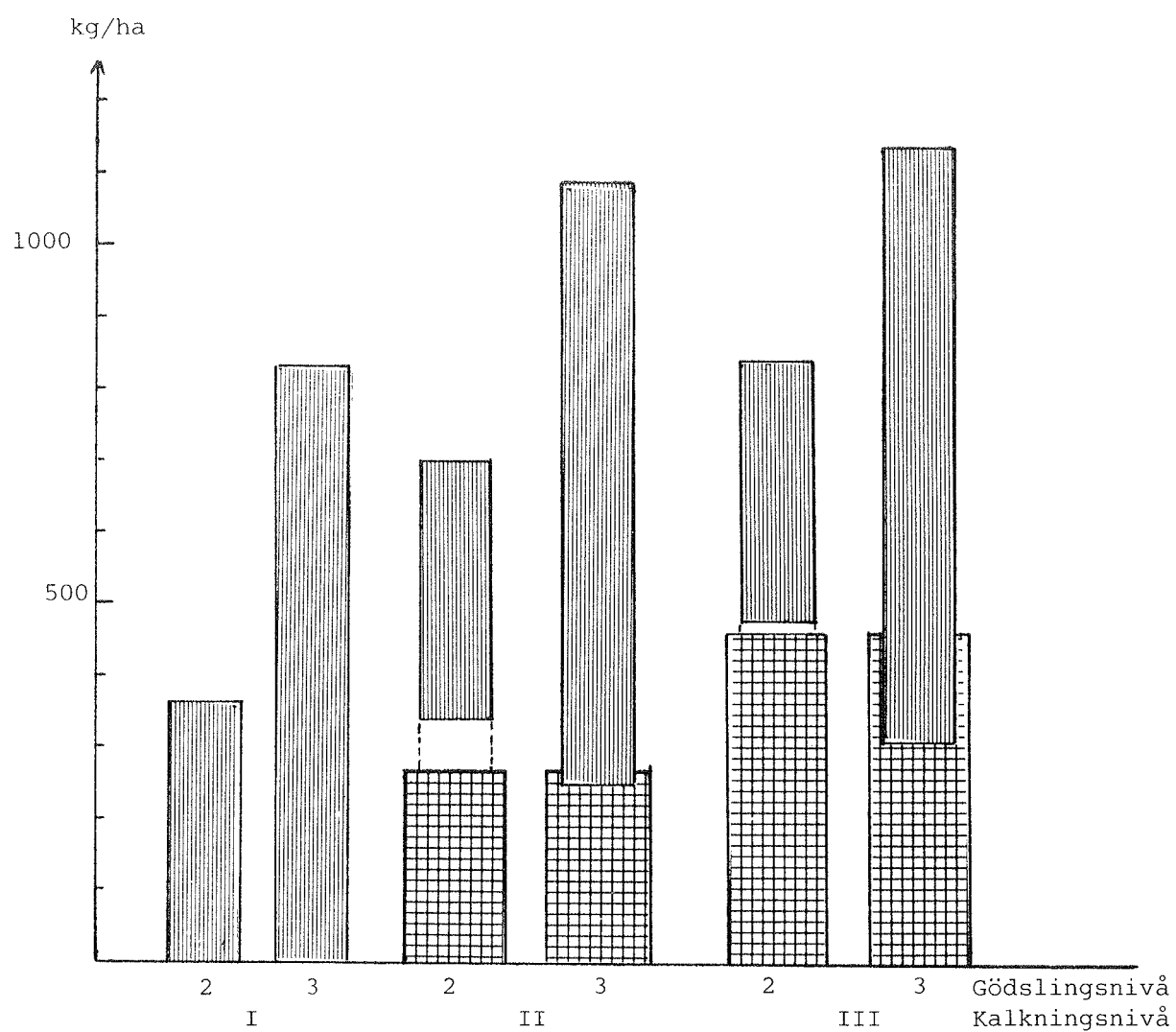


Fig. 19. Kalk- och gödslingseffekter i stråsäd. Merskörd i kg/ha.
Medeltal av 79 försöksår

Fig. 19. Effects of lime and fertilizer on yield in cereals. Grain, kg/ha. Means for 79 trials

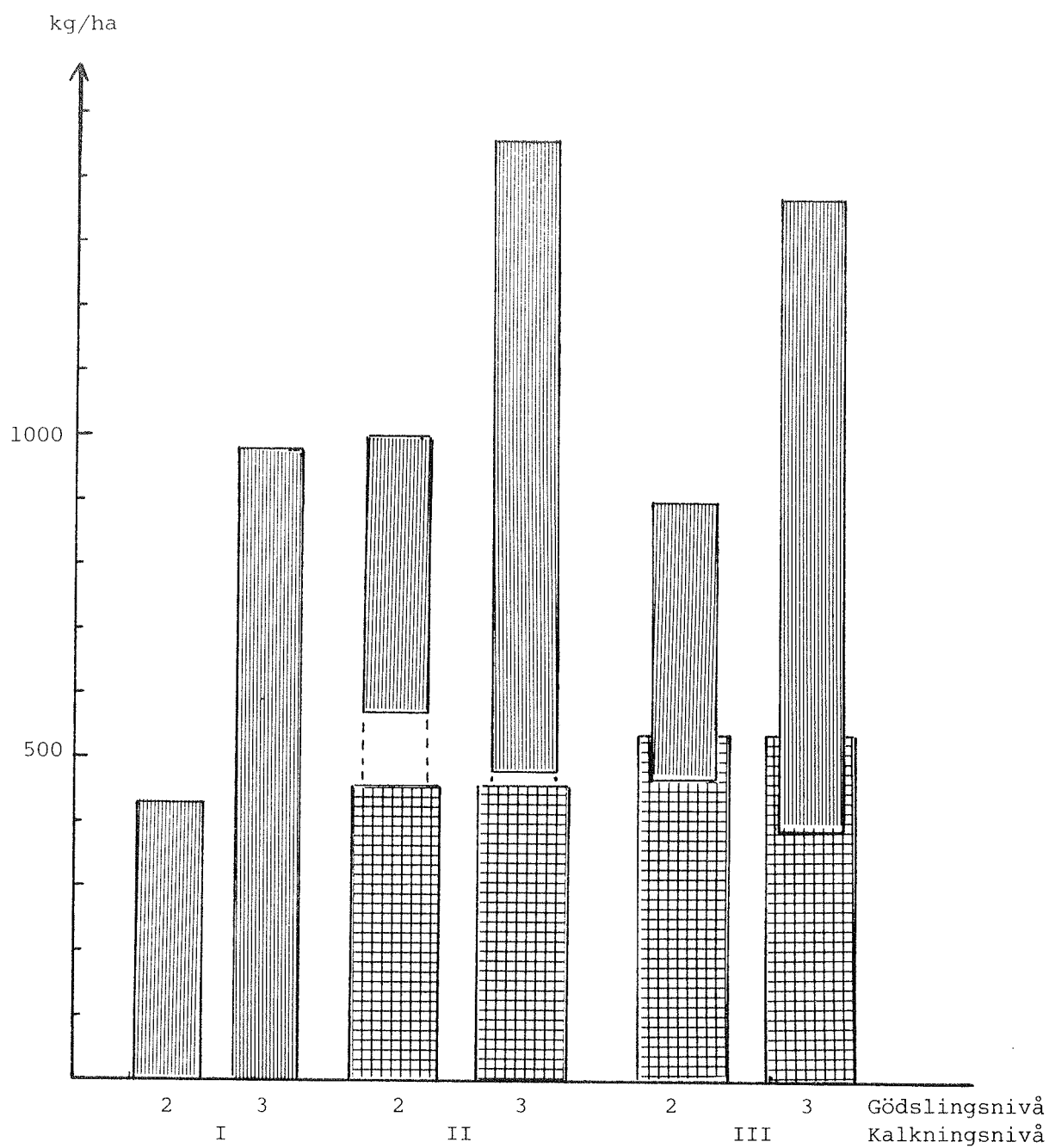


Fig. 20. Kalk- och gödslingseffekter i vall. Merskörd av hö, kg/ha.
Medeltal av 30 försöksår

Fig. 20. Effects of lime and fertilizer on yield in ley. Dry matter,
kg/ha. Means for 30 trials

RAPPORTER FRÅN AVDELNINGEN FÖR VÄXTNÄRINGSLÄRA

Komplett serieförteckning, författar- och ämnesregister återfinns i rapport nr 100.

Nr	År	
101	1976	Håkan Skoug och Jan Persson: Försök med frit-preparat (mangan, bor och kopparpreparat).
102	1976	Lars Gunnar Nilsson och Olle Johansson: Långsiktiga effekter av gödsling med olika kväveföreningar, mikronäringsämnen och svavel.
103	1976	Kalju Valdmaa: Funktionen i förmultningsklosett Toga.
104	1976	Hans Gerhard Jerlström: Rapport från två "fullständiga fastliggande gödslingsförsök" med handelsgödsel, stallgödsel och kalk. Riksförsöksserie R3-8083.
105	1976	Olle Johansson och Lennart Mattsson: Aminosyrasammansättningen hos fyra kornsorter vid extremt varierad kvävegödsling.
106	1976	Subrata Ghoshal: Specifika tungmetaller i systemet mark-växt, med särskild hänsyn tagen till riskerna för ekologisk förorening (En litteraturöversikt). (Engelsk text med svensk sammanfattning).
107	1976	Gyula Simán och Sven L. Jansson: Undersökning av proteininlagringens dynamik vid kärnbildningen hos värvete.
108	1976	Kalju Valdmaa och Ulrich Schoeps: Omsättning av hus-hållsopor vid närvaro av DDT.
109	1977	Karl Olof Nilsson: Svavelverkan av superfosfater. Fältförsök i Skåne 1957-1973.
110	1977	Lennart Mattsson: Fördelning av kväve till gräsvall.
111	1977	Kalju Valdmaa: Funktionen i förmultningstoaletten "Biolo".
112	1977	Börje Lindén: Utrustning för jordprovtagning i åkermark.
113	1977	Gyula Simán och Sven L. Jansson: Undersökning av olika kornsorters respons för kvävetillgång i jorden.
114	1978	Lennart Mattsson och Tord Eriksson: Tillförselsätt för olika kvävegödselmedel till vårstråsäd. <i>Method of application for different nitrogen fertilizers to spring cereals.</i>
115	1978	Lennart Mattsson: Stigande mängder kväve till gräsvall i Mellansverige. <i>Nitrogen for grass dominated leys in central Sweden.</i>

Nr	År	
116	1978	Lennart Mattsson: Kvävegödsling på hösten till höstvetete. <i>Nitrogen dressing in the autumn for winter wheat.</i>
117	1979	Gyula Simán: De permanenta kalkningsförsöken under 1962-1977 a) Markkemiska undersökningar och skörderesultat. <i>Long-term liming experiments 1962-1977</i> <i>a) Soil analyses and yield responses.</i>
118	1979	Subrata Ghoshal: Slampelletets som växtnäringskälla 1. Utvärderingsförsök (1976-1978) <i>Sludge-pellets as a plant nutrient source</i> <i>1. Evaluation experiments (1976-1978).</i>
119	1979	Börje Lindén: Mineralkväveförrådets storlek och förändring i markprofilen vid odling av sockerbetor och korn. Studier i växtföljdsförsöken R4-001, R4-002 och R4-003 i Skåne 1978. <i>Mineral nitrogen supply in profiles of soils cropped with sugar beets and barley.</i> <i>Studies in crop rotation trials in Skåne, south Sweden, 1978.</i>
120	1979	Börje Lindén: Alvprovtagning med "Ultuna-borren" - för markkartering och framtida N-prognoser. <i>Subsoil sampling with the "Ultuna Core Sampler".</i>
121	1979	Lennart Mattsson: Kväveintensitet vid olika markbördighet. Jordanalydata vid försöksstarten. <i>Nitrogen intensities at different soil fertilities.</i> <i>Soil analysis data at the experimental start.</i>
122	1979	Börje Lindén: Kvävegödsling baserad på bestämning av mineralkväveförrådet i marken. Lägesrapport om N-prognosverksamhet i några europeiska länder och i Nordamerika. <i>Nitrogen fertilizer recommendations based on determination of mineral nitrogen in soils.</i> <i>Research and extension facilities for N-prognosis in some European countries and in North America.</i>
123	1980	Lennart Mattsson: Vinterklimatets betydelse för kväveeffekten i vårstråsäd nästkommande vegetationsperiod. <i>Impact of winterclimate on the nitrogen effect on spring cereals nextcoming vegetation period.</i>
124	1980	Magnus Hahlin och Haldo Carlsson: Verkan av kväve, fosfor och kalium på avkastning och kvalitet hos några matpotatissorter. <i>The influence of nitrogen, phosphorus and potassium fertilization on yield and quality of some table potatoes.</i>

Nr	År	
125	1980	Börje Lindén: Mineralkväve : åkerjordar i Halland och Uppland. <i>Mineral nitrogen in cultivated soils in the Swedish provinces of Halland and Uppland.</i>
126	1980	Gyula Simán och Harry Linnér: Styrning av stråsädesgrödans kärnavkastning och proteinhalt genom kvävegödsling efter växtanalys och genom bevattning. <i>Control of yield and protein in cereals by nitrogen fertilization based on plant analysis and by irrigation.</i>
127	1980	Karl Olof Nilsson: Skördeutveckling och omsättning av organisk substans vid användning av olika kvävegödselmedel och organiska material. Undersökningar i ett ramförsök under 20 år. <i>Development in harvest and conversion of organic matter when using different nitrogen fertilizers and organic materials. Studies in a small-plot field trial during 20 years.</i>
128	1980	Jan Persson: Detaljstudium av den organiska substansens omsättning i ett fastliggande ramförsök. <i>Detailed investigations of the soil organic matter in a long term frame trial.</i>
129	1980	Janne Eriksson, avd för lantbrukets hydroteknik: Inverkan på markstrukturen av olika kvävegödselmedel och organiska material. <i>The influence on soil structure of different nitrogen fertilizers and organic materials.</i>
130	1980	Lennart Mattsson och Nils Brink: Gödslingsprognoser för kväve. <i>Fertilizer forecasts.</i>
131	1980	Magnus Hahlin, Lennart Jonasson och Lars Gunnar Nilsson: Kaliumgödslingseffektens beroende av balansen mellan kalium och magnesium. I. Kärnförsök. <i>Effects of potassium fertilization depending on the balance between potassium and magnesium. I. Pot experiments.</i>
132	1981	Börje Lindén: Ammonium- och nitratkvävet rörelser och fördelning i marken. I. Litteraturöversikt. <i>Movement and distribution of ammonium- and nitrate-N in the soil. I. Literature review.</i>
133	1981	Peder Waern: Spridningstidpunkt och tillförselsätt för flytande kvävegödselmedel till stråsäd. <i>Time and method of application of nitrogen solutions for cereals.</i>

Nr	År	
134	1981	Lennart Mattsson: Gödslingssystem. <i>Fertilizing systems.</i>
135	1981	Lennart Mattsson och Johan Blärsjö: Kvävegödsling till korn. <i>Nitrogen fertilization to barley.</i>
136	1981	Karl Olof Nilsson: Allsidig växtnäringstillförsel. <i>Balanced supply of complete plant nutrients.</i>
137	1981	Börje Lindén: Ammonium- och nitratkvävet rörelser och fördelning i marken. II. Metoder för mineralkväveprovtagning och -analys. <i>Movement and distribution of ammonium- and nitrate in the soil. II. Methods of sampling and analysing mineral nitrogen.</i>
138	1981	Jan Persson: Växtföljdens och skörderesternas effekt på skördeutvecklingen. <i>Effect of crop rotations and harvest residues on the yield development.</i>
139	1982	Arne Gustafson och Lennart Mattsson: Tidlig gödslingsprognos och grödans kväveförsörjning. <i>Fertilizer forecasts and the nitrogen supply of the crop.</i>
140	1982	Peder Waern: Höst- och vårspridning av kväve till höstvete. <i>Autumn and spring application of nitrogen to winter wheat.</i>
141	1982	Lars Eric Andersson: Utrustning för jordprovtagning i markprofilen. <i>Equipment for soil sampling in the profile.</i>
142	1982	Lars Gunnar Nilsson: Borgödsling - små givor, kalktillstånd och till olika grödor. <i>Boron fertilization - small rates, level of lime and to different crops.</i>
143	1982	Börje Lindén: Ammonium- och nitratkvävet rörelser och fördelning i marken. III. Inverkan av nederbördsförhållanden och vattentillgång, studier i modell- och ramförsök. <i>Movement and distribution of ammonium- and nitrate in the soil. III. Influence of precipitation and water supply. Studies in model and frame experiments.</i>

Nr	År	
144	1982	Janne Ericsson och Göte Bertilsson: Regionala behov av underhållskalkning. <i>Regional needs of maintenance liming.</i>
145	1982	Börje Lindén: Ammonium- och nitratkvävetts rörelser och fördelning i marken. IV. Inverkan av gödslings-sätt och nederbörd. Studier i fältförsök. <i>Movement and distribution of ammonium- and nitrate-N in the soil. IV. Influence of N-application technique and precipitation. Studies in field trials.</i>
146	1982	Peder Waern och Jan Persson: Havrens kväveupptagning från olika djup i en styv lera. <i>Nitrogen uptake by oats from various depths in a heavy clay.</i>
147	1982	Magnus Hahlin och Lars Eric Anderson: Kalkningens och fosforgödslingsens långsiktiga effekter på mark och gröda. <i>Residual effects of liming and phosphorus fertilization on soils and crops.</i>
148	1982	Gyula Simán, Kerstin Berglund och Lars Eriksson: Effekt av stora kalkgivor på jordens struktur, växtnäringshushållning och skördens storlek. <i>Effect of large lime quantities on soil structure, nutrient balance and yield of the crops.</i>
149	1982	Lars Eric Anderson: Mineralisering och upptagning av kväve i två åkerjordar. <i>Mineralization and uptake of nitrogen in two cultivated soils.</i>
150	1983	Käll Carlgren: Några analysmetoders användbarhet för uppskattning av kväve mineraliseringen i åkerjordar från Götaland och Svealand. <i>The usability of some methods for estimation of nitrogen mineralisation in arable soils from South and Middle Sweden.</i>
151	1983	S.L. Jansson: Tjugofem års bördighetsstudier i Sverige. <i>Twentyfive years of soil fertility studies in Sweden.</i>
152	1983	S.L. Jansson: Åkermarkens försurning och kalkning. Erfarenheter från de skånska bördighetsförsöken. <i>Acidification and liming of arable soils. Experiences from the long-term soil fertility experiments in Malmöhus county.</i>
153	1983	Lennart Mattsson: Kvävegödsling till havre. <i>Nitrogen fertilization to oats.</i>

Nr	År	
154	1983	Lennart Mattsson och Lars Eric Anderson: Kvävegödsling till höstvete. Val av spridningstidpunkt och kvävegödselmedel. <i>Nitrogen fertilization of winter wheat - times of application and nitrogen fertilizers.</i>
155	1984	Lars Gunnar Nilsson: Utvärdering av metod för bor-analys i jord. <i>Evaluation of methods of boron determination in soils.</i>
156	1984	Karl Olof Nilsson: Allsidig växtnäringstillförsel II. <i>Balanced supply of complete plant nutrients II.</i>
157	1984	Käll Carlgren och Lars Gunnar Nilsson. Resultat av två fastliggande fältförsök i Öjebyn och Flahult. <i>Results of two long-resting field trials at Öjebyn and Flahult.</i>
158	1984	Karl Olof Nilsson: Allsidig växtnäringstillförsel III. <i>Balanced supply of complete plant nutrients III.</i>
159	1984	Karl Olof Nilsson: Allsidig växtnäringstillförsel IV. Fältförsök i östra försöksdistriktet. <i>Balanced supply of complete plant nutrients IV. Field trials in the Eastern Experimental District.</i>
160	1984	Gyula Simán: Undersökning av Si-Mn-slagg från Øye Smelteverk A/S särskilt med hänsyn till dess skördehöjande verkan och kemiska markeffekter. <i>Investigation of Si-Mn-slag from Øye Smelteverk A/S Norway, with particular regard to its effect on plant and soil.</i>
161	1985	Karl Olof Nilsson: Allsidig växtnäringstillförsel V. Fältförsök i västra försöksdistriktet. <i>Balanced supply of complete plant nutrients V. Field trials in the Western Experimental District.</i>
162	1985	Jan Persson: Kalkningseffekt - betydelsen av kalkslag och siktkvalitet. <i>Effect of lime correlated to kind of lime and particle size.</i>
163	1985	Göte Bertilsson och Jan Persson: Kalkfraktioner och kalkningseffekt. <i>Particle size and efficiency of lime.</i>
164	1985	Lennart Mattsson: Markbördighetsförsök i Norrland. <i>Soil fertility experiments in North Sweden.</i>

Nr	År	
165	1986	Simán Gyula: Mark- och skördeeffekter i de permanenta kalkningsförsöken under en 20-årsperiod, 1962-1982. <i>Effects on crop yields and soil properties of lime and fertilizers in the long-term liming experiments from 1962 to 1982.</i>
166	1986	Carlgren, Käll: Bladgödsling med cocktail-preparat till höstvetete. <i>Foliar application of plant nutrients to winter wheat.</i>
167	1986	Lindén, Torbjörn och Mattsson, Lennart: Variationer i markens mineralkväveförråd. En undersökning på olika jordar i Uppland och Västergötland. <i>Soil mineral N variations. A study on different soil types in central Sweden.</i>
168	1986	Kirchmann, Holger: Kisel i mark-växt-systemet med särskild hänsyn till slaggsilikater. En litteraturgenomgång. <i>Silicon in the soil-plant-system with special reference to slag silicates. A literature review.</i>

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. 018-171249, 171255
