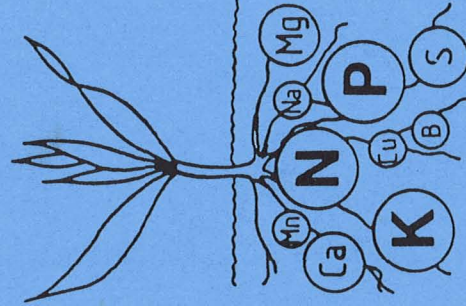


**SVERIGES
LANTBRUKSUNIVERSITET**

**Fält-, Kärl- och Laboratorieundersökningar
med Fosforkalk från Karlshamns AB**

**Field, Pot and Laboratory Experiments with Fosforkalk
from Karlshamns Ltd**

Käll Carlgren och Jan Persson

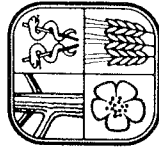


Institutionen för markvetenskap
Avd. för växtnäringslära

Rapport 195
Report

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

Uppsala 1995
ISSN 0348-3341
ISRN SLU-VNL-R-194-SE

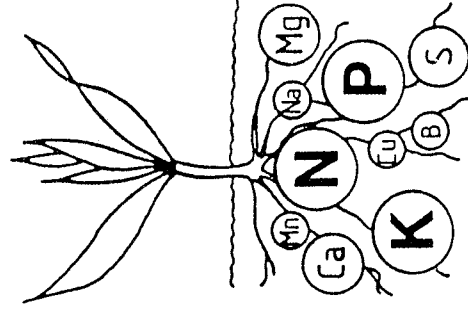


**SVERIGES
LANTBRUKSUNIVERSITET**

**Fält-, Käril- och Laboratorieundersökningar
med Fosforkalk från Karlshamns AB**

**Field, Pot and Laboratory Experiments with Fosforkalk
from Karlshamns Ltd**

Käll Carlgren och Jan Persson



**Institutionen för markvetenskap
Avd. för växtnäringslära**

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

**Rapport 195
Report**

Uppsala 1995
ISSN 0348-3541
ISRN SLU-VNL-R-194-SE

FÖRSÖK MED PHOSFORKALK FRÅN KARLSHAMNS AB

- * Under perioden 1982-1992 utförde avdelningen för växtnäringsslåra kärll- och laboratorieförsök åt Karlshamns AB.
- * För restprodukter från företagets framställningsprocesser för vegetabiliska oljor mättes skördeeffekter samt deras inverkan på marken.
- * I två långliggande fältförsök på platser med tämligen höga P-AL-tal erhöles, under tillsammans 17 försöksår, en årlig genomsnittlig skördeökning på 11 % efter tillförsel av Fosforkalk enligt SNV:s anvisningar (5 ton ts vart femte år).
- * Restprodukterna var rika på kalk, fosfor och magnesium men innehöll också fettrester vilka vid sin omsättning ibland förbrukade lättlösligt markkväve första året efter tillförseln.
- * 19 tilläggskväveförsök visade därför att en extra kvävegiva på c:a 40 N, kg/ha, ibland kunde vara nödvändig det första året efter tillförsel av fosforkalk.
- * Skördeökningarna i de ettåriga tilläggskväveförsöken och i ett elvaårigt kärllförsök var statistiskt säkra, i kärllförsöket långvariga och av samma storlek som i de långliggande försöken.
- * Kemisk fraktionering av markfosfor i kärllförsöket och i jord från ett av de långliggande fältförsöken visade att fosfor i Fosforkalken efterhand övergick från att vara lättlöslig till mera svårslösliga fraktioner. Dock skedde, ännu efter tio eller elva år, en återleverans av fosfor från svårslösliga till mera växttillgängliga fraktioner vilka kunde utnyttjas av växterna.
- * Utlakningsförsök på laboratoriet visade en förhöjd utlakning av, till största delen organisk fosfor, omedelbart efter tillsats av fosforkalk. Utlakningen avklingade efter några månader.
- * Tungmetallanalyser av Fosforkalk och skördeprodukter visade på för människan harmlösa halter av nickel och kadmium.
- * Skjuvmotståndsmätningar i fält visade att Fosforkalken signifikant förbättrade jordens struktur och därmed dess brukbarhet.

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

| | |
|---|----|
| INTRODUKTION | 7 |
| LANTBRUKSUNIVERSITETETS FÖRSÖK MED PHOSFORKALK | 7 |
| BASFAKTA OM PHOSFORKALK | 8 |
| STATISTIK | 12 |
| TVÅ LÅNGLIGGANDE FÄLTFÖRSÖK UNDER PERIODEN 1982-92 | 12 |
| Material och metoder | 12 |
| Försöksplatser och försöksmaterial | 12 |
| Försöksplan | 14 |
| Försöksbehandlingar | 15 |
| Grödor | 16 |
| Relativtal | 17 |
| Skördenivåer | 17 |
| Resultat och diskussion | 19 |
| Skördar | 19 |
| - för båda försöken under hela perioden | 19 |
| - under första femårsperioden | 20 |
| - på Evaryd under andra femårsperioden | 21 |
| - för grödor med lång vegetationsperiod | 23 |
| Tilläggskväve i de långliggande försöken | 25 |
| Fosforskördar | 27 |
| Jordanalyser | 29 |
| Diskussion om jordanalyser | 31 |
| Upprepade jordanalyser | 31 |
| ETT LÅNGLIGGANDE KÄRLFÖRSÖK | 33 |
| Material och metoder | 33 |
| Försöksplan | 34 |
| Gröda och grundgödning | 36 |
| Resultat och diskussion | 37 |
| Kärnskördar | 37 |
| Kväveskördar | 40 |

| | |
|---------------|----|
| Fosforskördar | 41 |
| Jordanalyser | 44 |

ETTÅRIGA FÄLTFÖRSÖK MED TILLÄGGSKVÄVE

| | |
|--|----|
| Material och metoder | 46 |
| Resultat | 47 |
| Relativa skördar | 47 |
| Dagens tilläggskväverekommendationer | 49 |
| Diskussion | 49 |
| Kadmium och nickel i skördeprodukterna | 50 |
| Nickel i marken | 50 |

SPECIALUNDERSÖKNINGAR

| | |
|---|----|
| Markens strukturstabilitet | 51 |
| Fosforutlakningsförsök | 54 |
| Kemiska fosforfraktioneringar i kärlförsöket | 57 |
| i fältförsöket på Evaryd | 59 |
| Jämförelser mellan fraktioneringar i kärll- och fältförsök | 63 |
| | 64 |

SUMMARY

66

REFERENSER

68

INTRODUKTION

Vid Karlshamns AB förädlas fröer från oljeväxter till färdiga vegetabiliska oljor och fetter, främst för livsmedelsindustrin. Den dominerande produkten är rapsolja utvunnen ur raps och rybs. Andra råvaror är fröer av soja, majs och solros samt mera exotiska växter som kokos- palm- och sheanötter.

Vid utvinning och raffinering av oljorna erhålles en processbiprodukt; Fosforkalk, som är rik på fosfor, kalk, magnesium och bentonitlera. Aven en del fettrester finns kvar.

Försurning och utarmning på näringsämnen är stora problem på våra jordbruksjordar. Genom att återföra Fosforkalken till jordbruket i Blekinge förbättras växtnäringssinnehållet och pH-värdet i åkerjordarna.

Till för ungefär 15 år sedan lades allt avfall från oljeförädlingen på tipp. Idag är dock avfallshanteringen miljövänligare och restprodukterna fördelas istället ut på åkermarken i Blekinge.

Fosforkalken levereras av företaget till åkern. För att sprida den använder lantbrukaren sedan sin frontlastare och stallgödselspridare.

Totalt produceras (i färskvikt) ungefär 16 000 ton Fosforkalk per år vilken mängd räcker till att behandla 1000 ha åker enligt SNV:s anvisningar.

LANTBRUKSUNIVERSITETETS FÖRSÖK MED PHOSFOR-KALK

År 1982 startade SLU i samarbete med Karlshamns AB en försöksverksamhet som fortfarande pågår. Experimenten omfattade från början ett kärlförsök och två långliggande fältförsök. Sedermera tillkom ett flertal ettåriga fältförsök med tilläggskväve och några laboratorietester. Efterhand minskade verksamheten. Kvar idag finns ett långliggande fältförsök startat hösten 1992.

Tilläggas kan att Karlshamns också har ett experimentellt samarbete med Lyckeby Stärkelsen, Karlshamn. Här prövas Fosforkalken

tillsammans med fruktsaft, en biprodukt från stärkelseframställningen ur potatis. Fruktsaften är kaliumrik men ganska fosforfattig, medan det med Fosforkalken förhåller sig tvärtom. Produkterna kompletteras alltså varandra väl. Dessa försök administreras av Fabrikspotatiskommittén i Södra Jordbruksdistriktet och redovisas inte här.

I föreliggande rapport lämnas redogörelse för det kärlförsök och de två långliggande fältförsök med Fosforkalk som pågick mellan åren 1982-1992, 19 ettåriga fältförsök med tilläggskväve samt några mindre specialundersökningar utförda i fält och på laboratoriet.

BASFAKTA OM PHOSFORKALK

Phosforkalken är KRAV-godkänd och Karlshamns AB rekommenderar att man sprider och använder den enligt Naturvårdsverkets anvisningar för rötslam, dvs i mängder motsvarande 5 ton torrsubstans per hektar vart femte år.

Från början fanns två skilda produkter: kalk-bioslam som erhöles i små mängder, och blekjordsslam som var bulkvaran. Båda medlen var rika på fosfor och kalk och det sistnämnda innehöll också bentonitlera.

Så småningom förenade företaget medlen. Produkten döptes till "Phosforkalk".

Genom förbättring av reningsprocesserna har med tiden halten fettrester minskat. Dessa kan ställa till problem då de vid sin omsättning i marken binder kväve.

Fettresterna är kol- och energirika och begärliga som föda för de heterotrofa markorganismerna (bakterier och svampar). Dessa uppföras snabbt om det finns ett lämpligt näringssubstrat. Därvid förbrukar de, förutom kol och energi från fettresterna, också mineralkväve. Finns det inte tillräckligt mycket sådant i marken för både växternas och mikrobernas behov, så blir växterna de först lidande, ty markorganismerna konkurrerar framgångsrikt med växterna om kvävet. När mikroberna sedan dör återlämnas kvävet gradvis till marken (mineraliseras) och blir åter växttillgängligt.

Tabell 1. Halt av organiskt material, växtnäringssämnen och kalk i Fosforkalk från Karlshamns AB. (Värden erhållna ur informationsmaterial från företaget 1994 med medelvärden för 1993 års analyser)

Table 1. Content of organic matter, plant nutrients and lime in "Phosforkalk" (trade name) from Karlshamn Ltd. Figures from an information booklet published by Karlshamn Ltd 1994 with means of analyses in 1993

| | Innehåll i kg/ton <i>Content in kg/ton</i> | |
|------------------------------------|---|---------------------------------|
| | Färsk vara <i>Fresh product</i> | Per ton ts <i>Per ton DM</i> |
| Torrsubstans /Dry matter/ | 355 | |
| Org. material /Org. material/ | 159 | 448 |
| Org. kol /Org. carbon/ | 140 | 394 |
| Totalkväve (Tot-N) | 2.6 | 7.3 |
| Ammoniumkväve (NH ₄ -N) | <0.1 | - |
| Totalfosfor (Tot-P) | 5.4 | 15.2 |
| Totalkalium (Tot-K) | 0.5 | 1.4 |
| Totalmagnesium (Tot-Mg) | 4.4 | 12.4 |
| Totalkalcium (Tot-Ca) | 15 | 42 |
| CaO /Acid-neutr. agents, lime/ | 20 | 56 |
| C/N-kvot /C/N-quotient/ | 54 | 54 |

I tabell 1 redovisas aktuella halter av växtnäringssämnen mm. år 1993 i Fosforkalken.

pH-värdet i den färska produkten är omkring 7 och innehållet av tungmetaller lågt, ungefär som i stallgödsel, och långt under Naturvårdsverkets gränsvärden. För nickel, vilken tungmetall används som katalysator vid reningen av oljor, ligger dock halten ungefär dubbelt så högt som i stallgödsel men är fortfarande ungefär 4 ggr lägre än Naturvårdsverkets gränsvärde för nickel i rötslam.

Totalkvävehalten i Fosforkalk är ganska hög, 2,6 kg per ton, ungefär hälften av vad som finns i stallgödsel. Det mesta är organiskt bundet. Kvävet i Fosforkalken är därför inte omedelbart växttillgängligt ty ammoniumkväve finns det mycket litet av, mindre än 0,1 kg. Detta är orsaken att Fosforkalken vid sin omsättning i marken binder lättlösligt markkväve.

Om man sprider Fosforkalken på hösten eller lagrar den under vinterperioden och sedan sprider den på våren hinner en del av detta organiska kväve mineraliseras. Därmed minskas eller uteblir behovet av att tillföra extra kväve vid sådden på våren.

I tabell 2 visas växtnäringsinnehållet i Kalk-bioslam.

Tabell 2. Halter av växtnäringsämnen mm. i Kalk-bioslam från Karlshamns AB. Analysvärden från år 1988

Table 2. Contents of organic matter, plant nutrients and lime in Kalk-bioslam from Karlshamn Ltd. Figures from 1988

| | Innehåll i kg/ton Content in kg/ton | |
|------------------------------------|--|--------------------------|
| | Färsk vara Fresh product | Per ton ts Per ton DM |
| Torrsubstans /Dry matter/ | 262 | |
| Org. material /Org. material/ | 68 | 260 |
| Aska /Ashes/ | 170 | 650 |
| Org. kol /Org. carbon/ | 60 | 225 |
| Totalkväve (Tot-N) | 3.7 | 14 |
| Ammoniumkväve (NH ₄ -N) | <0.7 | 2.7 |
| Totalfosfor (Tot-P) | 17 | 65 |
| Totalkalium (Tot-K) | 0.2 | 0,8 |
| Totalmagnesium (Tot-Mg) | 12 | 47 |
| Totalkalcium (Tot-Ca) | 45 | 170 |
| CaO /Acid-neutr. agents, lime/ | 63 | 240 |
| C/N-kvot /C/N-quotient/ | 16 | 16 |

STATISTIK

Vid bearbetningen av resultaten har använts variansanalys (SAS version 6.04, procedurerna GLM och GPLOT).

TVÅ LÅNGLIGGANDE FÄLTFÖRSÖK UNDER PERIODEN 1982-1992

Material och metoder

Försöksplatser och försöksmaterial

Tre långliggande fältförsök med kalk-bioslam och blekjordsslam (Phosforkalk) anlades i Blekinge. Ett av försöken, beläget på Ekengård i Vesan-området, fanns endast under ett år och behandlas därför inte i sammanställningarna. De andra två försöken var belägna på lokalerna Hästaryd och Evaryd. Försöket på Hästaryd existerade under perioden 1982-1989 och Evaryd under åren 1982-92. På grund av ofullständiga resultat från första försöksåret behandlas här åren 1983-1992. För år 1983 finns endast skördesiffror bevarade, de kemiska skördeanalyserna gått förlorade, men från resten av perioden finns både skördar och analyser av kväve och fosfor i skörden sparade.

Tabell 3. Grunddata för försöksplatserna
 Table 3. Basic data of trial sites

| Försöksplats Site | Jordart Soil type | pH(H ₂ O) | P-AL | K-AL | Ca-AL |
|----------------------|-------------------------------|----------------------|------|------|-------|
| Hästaryd bl.I | mmh IMo <i>loamy sand</i> | 5.9 | 11.8 | 18,6 | 120 |
| Hästaryd bl.II | mmh IMj <i>loamy silt</i> | 5.9 | 6.7 | 13.1 | 131 |
| Evaryd | mmh mjLL <i>silty loam</i> | 6.8 | 16.7 | 10.6 | 245 |

AL = Ammonium-laktatextraktion enligt Egnér et al., 1960
 AL = *Ammonium-lactate-extraction according to Egnér et al 1960*

I försöket på Hästaryd fanns mellan block I och block II en jordartsskillnad, jorden var något finkornigare i block II och även något fosforfattigare. Hästaryd var en lätt jord, Evaryd en ganska fosforrik lättlera.

Försöksplan

Nedan visas försöksplanen för försöksserie R3-0052 med två långliggande fältförsök med restprodukter från Karlshamns AB.

| Led | Behandling <i>Treatment</i> |
|-----|--|
| 10 | Kontroll utan restprodukter <i>Control without residue products</i> |
| 20 | Kalk-bioslam 5 ton ts/ha, vårspridning <i>5 ton DM/ha, spring application</i> |
| 30 | "-" höstspridning <i>autumn application</i> |
| 40 | Phosforkalk vårspridning <i>spring application</i> |
| 50 | "-" höstspridning <i>autumn application</i> |
| 60 | Kalk-bioslam 10 ton ts/ha, vårspridning <i>10 ton DM/ha, spring application</i> |
| 70 | "-" höstspridning <i>autumn application</i> |
| 80 | Phosforkalk vårspridning <i>spring application</i> |
| 90 | "-" höstspridning <i>autumn application</i> |
| 01 | Ingen tilläggskvävegödsling <i>No additional nitrogen application</i> |
| 02 | 50 N, kg/ha, i kalksalpeter före sådd, tillägg till ordinarie giva år med slamtillförsel <i>50 N, kg/ha, in Nitro Chalk before sowing, in a nonrecurrent addition, year with application of residual products</i> |
| 03 | 100 N, kg/ha, i kalksalpeter före sådd, tillägg till ordinarie giva år med slamtillförsel <i>100 N, kg/ha, in Nitro Chalk before sowing, in a nonrecurrent addition, year with application of residual products</i> |

Försöksbehandlingar

Restprodukttillförsel: Försöket på Hästaryd (som låg under åren 1983-1989) erhöll behandlingar en gång, vid anläggningen. Evaryd, såsom varande den jämnaste försöksplatsen, drevs längre och behandlades i två omgångar, vid start, och, i enlighet med Naturvårdsverkets anvisningar, en gång till, fem år efter start, för att undersöka vilka effekter en upprepning tillförsel hade.

Hästaryd erhöll Fosforkalk och Kalk-bioslam enligt plan våren och hösten 1982 samt av misstag våren 1983, Evaryd hösten 1982 och våren 1983 samt i en andra omgång hösten 1987 och våren 1988.

Application of residue products: Hästaryd received Fosforkalk and Kalk-bioslam in spring and autumn 1982 and by mistake also in spring 1983, Evaryd in autumn 1982 and spring 1983 and in a second application in autumn 1987 and spring 1988.

Kväve och kalium: Varje år gödslades försöken med erforderliga mängder av kväve och kalium.

Nitrogen and potassium: Every year the field trials were fertilized with required amounts of nitrogen and potassium.

Stallgödsel: Försöket på Hästaryd erhöll 1988 50 ton/ha svinflytgödsel. Evaryd erhöll svinflytgödsel våren 1983, mängden är osäker.

Pig Slurry: Site Hästaryd received 50 ton/ha pig slurry in 1988, site Evaryd received pig slurry in spring 1988, the amount is uncertain.

Fältplanen var av split-plottyp med restproduktbehandlingarna som huvudfaktor och tillägskvävegödslingarna som bifaktor, totalt $9 \times 3 = 27$ led med två upprepningar = 54 rutor, 10×10 meter stora.

The experimental design was of split-plot-type with application of residue products on the main plots and non-recurrent additions of nitrogen on the sub plots, $9 \times 3 = 27$ treatments in two replications = 54 plots with an area of 10×10 squaremeters.

Grödor

Tabell 4. Grödor år 1983-92 i försöken på Hästaryd och Evaryd
Table 4. Crops for the period of 1983-92 at sites of Hästaryd and Evaryd

| År Year | Hästaryd | Evaryd |
|------------|--------------------------------|-------------------------|
| 1983 | Havre /Oats/ | Vårkorn /Spring barley/ |
| 1984 | Höstvete /Winter wheat/ | Vårkorn -"- |
| 1985 | Potatis /Potatoes/ | Vårkorn -"- |
| 1986 | Vårapps /Spring oil seed rape/ | Vårkorn -"- |
| 1987 | Höstvete /Winter wheat/ | Vårapps /Oil seed rape/ |
| 1988 | Potatis /Potatoes/ | Vårkorn /Spring barley/ |
| 1989 | Vårapps /Spring oil seed rape/ | Havre /Oats/ |
| 1990 | - | Höstvete /Winter wheat/ |
| 1991 | - | Ärtor /Peas/ |
| 1992 | - | Höstvete /Winter wheat/ |

Som framgår av tabell 4 varierade grödorna mera på Hästaryd än på Evaryd, speciellt under de första fem åren, med ett betydligt större inslag av grödor med en lång vegetationsperiod.

Relativtval

För att få en jämförelse mellan år med olika grödor, och för att lättare kunna jämföra de två försöken med varandra bestämdes de relativa skördarna. Därvid sattes led 10: "kontrollerad utan restprodukter" (men som fått behövliga mängder av kväve och kalium) i varje försök varje år till 100. De andra leden relaterades sedan till detta led.

Skördenivåer

Eftersom skördarna vid jämförelser mellan försök och försöksled nedan konsekvent redovisas som relativa skördar, och för att ge ett begrepp om bördigheten på försöksplatserna, anges i tabell 5 platsvisa medel-, mini- och maxskördar för de olika skördeprodukterna på Hästaryd och Evaryd.

Tabell 5. Minimi-, medel- och maximiskördar för hela perioden i försöken på Hästaryd och Evaryd. Skördar i kg/ha, 15% vattenhalt, för skörd av potatisknölar friskkvikt.

Table 5. Minimi-, mean- and maximi yields of harvested products at sites Hästaryd and Evaryd for the whole period. Figures in kg/ha and 15% moisture content; for harvests of potato tubers in fresh weight

| Produkt <i>Product</i> | Skörd /Yield/ | | |
|---------------------------------------|---------------------------|----------------------|---------------------------|
| | Minimum <i>Minimum</i> | Medel <i>Mean</i> | Maximum <i>Maximum</i> |
| <u>Hästaryd</u> | | | |
| Spannmålskärna <i>Cereal grain</i> | 4020 | 5420 | 7270 |
| Oljefrö <i>Oil seed grain</i> | 900 | 1480 | 2080 |
| Potatisknölar <i>Potato tubers</i> | 18000 | 28700 | 42000 |
| <u>Evaryd</u> | | | |
| Spannmålskärna <i>Cereal grain</i> | 1610 | 4730 | 8650 |
| Oljefrö <i>Oil seeds</i> | 1370 | 1550 | 1760 |
| Ärtfrö <i>Pea seeds</i> | 4350 | 4580 | 4830 |

Resultat och diskussion

Skördar

Totalt testades preparaten under sjuotton försöksår i de långliggande fältexperimenten.

Effekterna på skörden av Kalk-bioslam och Fosforkalk redovisas: först ledvis för alla försöksåren och båda platserna tillsammans, sedan för båda försöken för första femårsperioden och slutligen för andra femårsperioden för Evaryd.

Relativa skördar för båda försöken under hela perioden

Tabell 6. Relativa skördar för behandlingar med Kalk-bioslam och Fosforkalk. Hästaryd och Evaryd tillsammans. Hela perioden 1983-1992. Enkel giva (E G) = 5 ton ts/ha vart femte år, dubbel giva (D G) = 10 ton ts/ha vart femte år. "Duncan": Försöksled kolumnvis betecknade med samma bokstav var ej signifikant skilda åt ($P=0,05$)

Table 6. *Relative yields for treatments with Kalk-bioslam and Fosforkalk. Sites Hästaryd and Evaryd together. The whole period 1983-1992. Single dose /E G/= 5 ton DM/ha every fifth year, double dose /D G/= 10 ton DM/ha every fifth year. "Vår" = spring, "höst" = autumn application. "Duncan": Treatments signed with the same letter in a column were not significantly different ($P=0.05$)*

| Försöksled Treatment | n | Relativt Rel. number | Duncan Duncan |
|-------------------------|----|-------------------------|------------------|
| Phosforkalk, E G, höst | 17 | 111 | a |
| Kalk-bioslam, D G, vår | 17 | 111 | a |
| Kalk-bioslam, E G, höst | 17 | 111 | a |
| Phosforkalk, E G, vår | 17 | 111 | a |
| Kalk-bioslam, D G, höst | 17 | 106 | a b |
| Kalk-bioslam, E G, vår | 17 | 103 | b c |
| Kontroll /Control/ | 17 | 100 | b c |
| Phosforkalk, D G, vår | 17 | 99 | c |
| Phosforkalk, D G, höst | 16 | 97 | c |

Relativtalen för tre av de enkla behandlingarna, men för endast en av de dubbla, den med Kalk-bioslam givet på våren, var signifikant bättre än kontrolleret. Fosforkalk lönade sig alltså dåligt att ge i dubbel giva. Dessa två behandlingar tenderade till och med att ge något lägre skörd än kontrolleret. 5 ton ts/ha av restprodukterna vart femte år, som i försöken motsvarades av enkel giva, är också den mängd som Naturvårdsverket föreskriver maximalt får tillföras.

Relativa skördar för båda försöken under första femårsperioden

Tabell 7. Relativa skördar för behandlingar med Kalk-bioslam och Fosforkalk. Hästaryd och Evaryd tillsammans. Första femårsperioden 1983-1987. Enkel giva (E G) = 5 ton ts/ha vart femte år, dubbel giva (D G) = 10 ton ts/ha vart femte år. "Duncan": Försöksled kolumnvis betecknade med samma bokstav var ej signifikant skilda åt ($P=0,05$)

Table 7. Relative yields for treatments with Kalk-bioslam and Fosforkalk. Sites Hästaryd and Evaryd together. First period 1983-1987. Single dose /E G/= 5 ton DM/ha every fifth year, double dose /D G/= 10 ton DM/ha every fifth year. "Vår" = spring, "höst" = autumn application. "Duncan": Treatments signed with the same letter in a column were not significantly different ($P=0,05$)

| Försöksled Treatment | n n | Relativt Rel. number | Duncan Duncan |
|-------------------------|--------|-------------------------|------------------|
| Fosforkalk, E G, höst | 10 | 115 | a |
| Fosforkalk, E G, vår | 10 | 114 | a |
| Kalk-bioslam, E G, höst | 10 | 114 | a |
| Kalk-bioslam, D G, vår | 10 | 113 | a |
| Kalk-bioslam, D G, höst | 10 | 108 | a b |
| Kalk-bioslam, E G, vår | 10 | 105 | b c |
| Fosforkalk, D G, vår | 10 | 104 | b c |
| Kontroll /Control/ | 10 | 100 | c |
| Fosforkalk, D G, höst | 10 | 100 | c |

De relativa skördarna var i genomsnitt högst under den första femårsperioden. Det betydde att medlen hade bäst effekt första gången man tillförde dem. Fosforkalk, enkel giva tillförd på hösten, gav den högsta skörden. Fosfor var det växtnäringssämme som medlen innehöll mest av. Trots att de ursprungliga markfos-

fortalen på försöksplatserna kan betecknas som ganska höga (tabell 3) så fick man i genomsnitt femtonprocentiga skördeökningar under en femårsperiod. Det är troligt att andra egenskaper hos medlen än den höga fosforhalten, tex kalkinnehållet, också medverkade till detta.

De högsta relativtalen erhöles på Hästaryd för dubbel giva vår av Kalk-bioslam, och för Phosforkalk, enkel giva höst. De hade ungefär samma relativtal, 120 resp. 119 (visas ej).

För försöksplatsen Evaryd var relativtalen något lägre, de högsta låg på ungefär 110.

Fosfortalet i matjorden var vid start av försöket mycket högre på Evaryd än på Hästaryd (tabell 3). Detta kan ha varit en bidragande orsak till de lägre relativtalen här men det var också så, att man i regel erhöil bättre effekter av medlen i grödor med lång vegetationsperiod. Sådana fanns i större mått på Hästaryd än på Evaryd (tabell 4).

Relativa skördar på Evaryd andra femårsperioden

Evaryd bedömdes vara den jämnaste försöksplatsen (tabell 3). och valdes därför ut för tillförsel av en andra omgång slam medan Hästaryd lades ner efter sju försöksår.

Tabell 8. Relativa skördar för behandlingar med Kalk-bioslam och Phosforkalk. Evaryd. Andra femårsperioden 1988-1992. Enkel giva (E G) = 5 ton ts/ha vart femte år, dubbel giva (D G) = 10 ton ts/ha vart femte år. "Duncan": Försöksled kolumnvis betecknade med samma bokstav var ej signifikant skilda åt (P=0,05)

Table 8. *Relative yields for treatments with Kalk-bioslam and Phosforkalk. Site Evaryd. Second period 1988-1992. Single dose /E G/= 5 ton DM/ha every fifth year, double dose /D G/= 10 ton DM/ha every fifth year. "Vår"= spring, "höst"= autumn application. "Duncan": Treatments signed with the same letter in a column were not significantly different (P=0.05)*

| Försöksled Treatment | n | Relativtal Rel. number | Duncan Duncan |
|-------------------------|---|---------------------------|------------------|
| Phosforkalk, E G, vår | 5 | 104 | a |
| Kontroll /Control// | 5 | 100 | a b |
| Phosforkalk, E G, höst | 5 | 100 | a b |
| Kalk-bioslam, E G, höst | 5 | 99 | a b |
| Kalk-bioslam, D G, vår | 5 | 98 | a b |
| Kalk-bioslam, E G, vår | 5 | 97 | a b |
| Kalk-bioslam, D G, höst | 5 | 93 | a b |
| Phosforkalk, D G, höst | 5 | 93 | a b |
| Phosforkalk, D G, vår | 5 | 91 | b |

De prövade medlen var inte lika effektiva den andra försöksperioden. Orsaken kan möjligen sökas i att en viss mättnad uppstod i marken av de ämnen som tillfördes marken med medlen, vilket hämmade grödornas tillväxt. Efter hand ebade dock dessa effekter ut, eller de föreningar i restprodukterna som kan ha begränsat skörden bröts ned av mikroorganismerna i marken, varefter relativ-

talen åter i genomsnitt blev större än 100 (Tabell 9).

Tabell 9. Relativa årsvisa genomsnittsskördar. Evaryd. Andra femårsperioden 1988-1992. "Duncan": År kolumnvis betecknade med samma bokstav är ej signifikant skilda åt ($P=0,05$)

Table 9. Annual mean relative yields at site Evaryd. Second period 1988-1992. "Duncan": Year signed with the same letter in a column were not significantly different ($P=0.05$)

| År Year | Relativtal Relative yield | Duncan Duncan |
|------------|------------------------------|------------------|
| 1992 | 107 | a |
| 1990 | 104 | a b |
| 1988 | 98 | a b |
| 1991 | 98 | b |
| 1989 | 79 | c |

Relativa skördar för grödor med lång vegetationsperiod.

Som förut nämnts hade medlen störst effekt vid tillförsel till grödor med lång vegetationsperiod eller som hade ett stort fosforbehov. I tabell 10 ges medeltal för två års skördar av höstvede under den första försöksperioden. Som synes ligger relativskördarna i tabell 10 högre än motsvarande skördar för båda försöken under båda försöksperioderna (tabell 6).

Tabell 10. Effekter i en gröda med lång vegetationsperiod. Relativa skördar för behandlingar med Kalk-bioslam och Fosforkalk. Enkel giva (E G) = 5 ton ts/ha vart femte år, dubbel giva (D G) = 10 ton ts/ha vart femte år. Gröda: höstvete. Hästaryd första femårsperioden 1983-1987. "Duncan": Försöksled kolumnvis be-tecknade med samma bokstav var ej signifikant skilda åt ($P=0,05$)

Table 10. Effects in a crop with a long growing period. Relative yields for treatments with Kalk-bioslam and Fosforkalk. Single dose /E G/ = 5 ton DM/ha every fifth year, double dose /D G/ = 10 ton DM/ha every fifth year. Site Hästaryd during the first experimental period 1983-1987. Crop: winter wheat. "Vår" = spring, "höst" = autumn application. "Duncan": Treatments signed with the same letter in a column were not significantly different ($P=0,05$)

| Försöksled <i>Treatment</i> | n <i>n</i> | Relativtal <i>Rel. number</i> | Duncan <i>Duncan</i> |
|--------------------------------|---------------|----------------------------------|-------------------------|
| Phosforkalk, E G, höst | 2 | 129 | a |
| Kalk-bioslam, E G, höst | 2 | 127 | a b |
| Kalk-bioslam, D G, vår | 2 | 127 | a b |
| Phosforkalk, E G, vår | 2 | 126 | a b |
| Kalk-bioslam, D G, höst | 2 | 118 | a b c |
| Kalk-bioslam, E G, vår | 2 | 114 | a b c |
| Phosforkalk, D G, vår | 2 | 109 | b c |
| Phosforkalk, D G, höst | 2 | 102 | c |
| Kontroll /Control/ | 2 | 100 | c |

Tilläggskväve i de långliggande försöken

Phosforkalken och Kalk-bioslammet innehöll en del fettrester vilka band lättlösligt markkväve vid sin omsättning i marken. Därför ingick det år försöken erhöll restprodukter, tre stycken tilläggskvävegödslingar som split-plotbehandlingar: 0, 50 och 100 N, kg/ha, detta för att se om grödan led av kvävebrist de närmaste åren efter restprodukttillförseln.

I tabell 11 redovisas effekterna av tilläggskvävegödslingarna, inte för alla restproduktbehandlingarna, men för de tillförselsätt av medlen som var vanligast i praktiken, nämligen Phosforkalk och Kalk-bioslam, enkel giva höst.

Tabell 11. Effekter av tilläggsgödsling med kväve utförd våren 1983. Kärnskorrdar år 1984, andra året efter tillförsel av Fosforkalk och Kalkbioslam. Hästaryd och Evaryd tillsammans. Grundgiva av kväve 1984: 50 N, kg/ha i kalksalpeter. "E G höst" = 5 t ts/ha i restprodukter, tillförd på hösten. "Duncan": Försöksled kolumnvis betecknade med samma bokstav var ej signifikant skilda åt ($P=0,05$)

Table 11. Effects of non-recurrent nitrogen additions performed in spring 1983 in connection with application of residue products. Cereal grain harvests of year 1984, second year after application of Phosforkalk and Kalk-bioslam. Hästaryd and Evaryd together. Basic application of nitrogen 1984: 50 N, kg/ha in Calcium Nitrate. "E G höst" = 5 t DM/ha in residue products, applied in autumn. "Duncan": Treatments signed with the same letter in a column were not significantly different ($P=0.05$)

| Försöksled Treatment | n | Kg kärna/ha n Grain, kg/ha | Duncan Duncan |
|-------------------------|-----------|-------------------------------|------------------|
| Kalk-bioslam, E G höst | 50 + 100N | 2 6445 | a |
| Fosforkalk, E G höst | 50 + 100N | 2 6335 | a b |
| Kalk-bioslam, E G höst | 50 + 50N | 2 6085 | a b c |
| Kalk-bioslam, E G höst | 50 + 0N | 2 6085 | a b c |
| Fosforkalk, E G höst | 50 + 50N | 2 5945 | a b c d |
| Fosforkalk, E G höst | 50 + 0N | 2 5725 | b c d |
| Obehandlat Control, | 50 + 100N | 2 5415 | c d |
| Obehandlat | 50 + 0N | 2 5320 | d |
| Obehandlat | 50 + 50N | 2 5300 | d |

Som framgår av tabell 11 finns år 1984 i försöken fortfarande effekter av det tilläggskväve som gavs år 1983. De försöksled som

fick högsta tilläggskvävegivan, 100 N, kg/ha, våren 1983 visade också de högsta skördarna 1984.

Gödslingsåret var bilden mera splittrad. Då visade som väntat de led med Fosforkalk och Kalk-bioslam som ej fått tilläggskväve de lägsta skördarna, men det fanns inga signifikanta skillnader mellan några försöksled (visas ej).

Analyser av jordens mineralkväveinnehåll hösten 1983 i de försöksled som fått de högsta givorna av restprodukterna visade på låga halter. Detta pekar mot att det mesta av tilläggskvävet togs upp av grödan eller fastlades av fettresterna under sommaren. Våren 1984, i början av maj, uppmättes åter mineralkvävehalterna i samma försöksled. De var höga. Detta indikerar att en del av det av fettresterna bundna kvävet nu börjat remineraliseras. Förmodligen är sådana händelser bakgrund till resultatet i tabell 11. De är ovanliga, ty i de flesta kvävegödslingsförsök som utförts finner man inte några direkta efterverkans effekter (Mattsson 1987). I Karlshamn-försöken är det dock fråga om indirekta effekter, inte om inverkan av i marken övervintrande gödselkväve.

Fosforskördar i försöken på Hästaryd och Evaryd

Fosfor var det växtnäringsämne som rikligast förekom i båda preparaten. Därför bestämdes fosforhalten i skördeprodukterna för både Hästaryds- och Evarydsförsöket. 1983 års analyser har gått förlorade men de övriga årens analyser finns bevarade. Därmed var det också möjligt att bestämma den upptagning av fosfor i skördeprodukterna som berodde av de tillförda restprodukterna.

I tabell 12 redovisas fosforskördarna som ledvisa medeltal för perioden 1984-1992.

Tabell 12. Effekter av Fosforkalk och Kalk-bioslam på fosforskördarna. Ledvisa årsmedeltal för perioden 1984-1992 för försöken på Hästaryd (en omgång tillförda restprodukter) och Evaryd (två omgångar tillförda restprodukter). Enkel giva (E G) = 5 ton ts/ha vart femte år, dubbel giva (D G) = 10 ton ts/ha vart femte år. "Duncan": Försöksled kolumnvis betecknade med samma bokstav var ej signifikant skilda åt ($P=0,05$)

Table 12. Influence of Phosforkalk and Kalk-bioslam on phosphorus yields. Yearly treatment means for the period 1984-1992 for experimental site Hästaryd (cropped seven years with application of residue products once) and Evaryd (cropped ten years with application of residues twice). Single dose /E G/= 5 ton DM/ha every fifth year, double dose /D G/= 10 ton DM/ha every fifth year. "Vår" =spring, "höst" = autumn application. "Duncan": Treatments signed with the same letter in the column were not significantly different ($P=0.05$)

| Försöksled | n | Kg P/ha | Duncan |
|---------------------------|----------|----------------|---------------|
| <i>Treatment</i> | <i>n</i> | <i>Kg P/ha</i> | <i>Duncan</i> |
| Kalk-bioslam, D G, vår | 15 | 20,1 | a |
| Kalk-bioslam, E G, höst | 15 | 19,6 | a b |
| Fosforkalk, E G, höst | 15 | 19,2 | a b c |
| Fosforkalk, E G, vår | 15 | 19,0 | a b c |
| Kalk-bioslam, D G, höst | 15 | 18,6 | b c |
| Kalk-bioslam, E G, vår | 15 | 18,1 | c d |
| Kontroll /Control/ | 15 | 17,0 | d e |
| Fosforkalk, D G, vår | 15 | 16,9 | d e |
| Fosforkalk, D G, höst | 14 | 16,4 | e |

Det fanns tydliga och signifikanta skillnader mellan vissa led. Några bestämda mönster i variationerna är dock svåra att urskilja. Över huvud är skillnaden mellan behandlade led och kontrolleret små. Detta beror på att mängden lättlöslig jordfosfor på försöksplatserna redan ursprungligen var ganska hög.

För dubbla givan av Kalk-bioslam, utspridd på våren, erhöles den högsta fosforkörden medan dubbel giva av Fosforkalk, utspridd vår eller höst, som medeltal för alla försöksåren, inte gav någon merskörd av fosfor alls. De enkla givorna intog en mellanställning, dock hade alla statistiskt sett signifikant högre fosforskördar än det obehandlade ledet.

Jordanalyser

Årligen uttogs ledvisa matjordsprover efter skörd. Markkarteringsanalyser gjordes på dessa. I tabell 13 redovisas jordanalyserna för vissa försöksled, det femte (och sista) året i första försöksperioden för Hästaryd och för samma led på Evaryd femte (och sista) året i andra perioden.

Tabell 13. Jordanalyser för matjord. För Hästaryd analyser från det sista året i hela försöksperioden, för Evaryd från sista året i andra försöksperioden. Endast vissa led

Table 13. Analyses of top soil. At site Hästaryd for the last year of the whole experimental period, at Evaryd for the last year in the second five year long experimental period. Five different treatments. "5 t vår" = 5 ton/ha DM in spring, "10 t vår" = 10 ton/ha DM in spring

| Försöksled <i>Treatment</i> | pH _{aq} | P-AL | K-AL | Ca-AL | Mg-AL | P-HCl |
|--------------------------------|------------------|------|------|-------|-------|-------|
| <u>Hästaryd 1987</u> | | | | | | |
| Obehandlat /Control// | 6,0 | 9,3 | 11,6 | - | - | 41 |
| Kalk-biosl. 5 t vår | 6,1 | 11,7 | 8,1 | - | - | 45 |
| Phosforkalk 5 t vår | 6,2 | 11,6 | 9,0 | - | - | 43 |
| Kalk-biosl. 10 t vår | 6,6 | 17,7 | 10,6 | - | - | 48 |
| Phosforkalk 10 t vår | 6,2 | 7,7 | 9,9 | - | - | 49 |
| <u>Evaryd 1992</u> | | | | | | |
| Obehandlat /Control// | 7,2 | 21,0 | 8,0 | 326 | 10 | 82 |
| Kalk-biosl. 5 t vår | 7,0 | 25,0 | 8,7 | 266 | 11 | 85 |
| Phosforkalk 5 t vår | 7,0 | 24,3 | 8,7 | 246 | 9 | 85 |
| Kalk-biosl. 10 t vår | 7,2 | 39,6 | 9,9 | 310 | 17 | 99 |
| Phosforkalk 10 t vår | 7,2 | 33,0 | 12,0 | 306 | 12 | 98 |

Diskussion över resultat från jordanalyserna

I försöket på Hästaryd ökade pH-värderna i jorden efter att restprodukterna tillförts. Högsta pH-värdet, 6,6 fanns i ledet med dubbel tillförsel av Kalk-bioslam, den produkt som också hade det högsta kalkinnehållet.

Fosforhalterna i jordproven från Hästaryd är värda en kommentar. Analyserna av förrådsfosfor, P-HCl, var av väntad storlek med de högsta värdena för de dubbla givorna av restprodukter. P-AL-analyserna följde dock inte samma mönster. Mindre lättlöslig fosfor än till och med i kontrollen fanns i ledet med dubbla givan av Fosforkalk. Eftersom halten förrådsfosfor var av väntad storleksordning i samma led, kan inte det låga P-AL-talet bero på felgödsling. Något måste ha inträffat som gjorde den tillförda fosfor svårslöslig. Vad det kan ha varit har inte gått att få någon klarhet i.

Förhållandet avspeglades också i skördesiffrorna, där behandlingen i ledet med dubbel giva fosforkalk höst eller vår inte gav någon skördeökning utan skörden endast låg på samma nivå som i kontrollledet eller lägre, se tabell 12 (som dock gäller både Hästaryd och Evaryd).

I försöket på Evaryd följde fosforanalyserna helt den väntade utvecklingen, med högre fosfortal i alla försöksled som fått enkel eller dubbel giva av restprodukter jämfört med i kontrollen.

Phosforkalk, dubbel giva vår, visade det högsta K-AL-talet, 12,0, fyra enheter högre än i kontrollledet. I denna produkt återfanns en hög andel bentonit, ett lermineral som används i reningen av oljorna. Den innehöll mycket kalium som bidrog till det höga analysstalet för lättlösligt kalium.

Upprepade jordanalyser

Genom att analysera matjorden varje år kunde den långsiktiga utvecklingen i jorden studeras. I tabell 14 visas sådana analyser för två försöksled på Evaryd: Obehandlat och Fosforkalk tillförd i enkel giva på våren. En jämn och stadig övervikt för analysstalen i behandlat led kan urskiljas. Hösten 1988 och hösten 1989, efter att

Phosforkalk tillförts våren 1988, märktes i behandlat led en väntad förhöjning av analysstalen för lätt- och svårslöslig fosfor samt för pH-värdet.

Tabell 14. Årliga analyser. Halter av lätt- och svårslöslig fosfor och pH-värden i jordprov från Evaryd. Phosforkalk, 5 t ts/ha, tillförd våren 1983 och våren 1988 i behandlat led

Table 14. Periodical analyses. Contents of readily and difficultly soluble phosphorus and pH-values in soil cores from Evaryd. Phosforkalk, 5 ton DM/ha, added in spring years of 1983 and 1988 in one of the treatments. P-AL=ready, P-HCl=difficultly available phosphorus

| Tidpunkt Time | Obehandlad jord Untreated soil | | Phosforkalkbehandl. jord Soil with Phosforkalk | | | |
|--------------------|-----------------------------------|-------|---|------|-----|-----|
| | P-AL | P-HCl | pH | pH | | |
| Höst -84 Autumn | 21,5 | 85 | 6,6 | 21,4 | 74 | 6,5 |
| Höst -85 | 21,1 | 90 | 7,3 | 23,6 | 88 | 7,3 |
| Höst -86 | 20,7 | 84 | 7,2 | 22,0 | 97 | 7,0 |
| Höst -87 | 14,3 | 87 | 7,3 | 24,3 | 88 | 7,2 |
| Höst -88 | 19,6 | 80 | 7,2 | 39,4 | 108 | 7,4 |
| Höst -89 | 25,4 | 77 | 7,4 | 27,1 | 183 | 7,2 |
| Vår -90 Spring | 23,2 | 85 | 6,9 | 11,4 | 68 | 6,7 |
| Höst -90 | 19,7 | 78 | 7,3 | 20,2 | 79 | 7,2 |
| Vår -91 | 21,7 | 93 | 6,7 | 24,5 | 95 | 6,5 |

ETT LÅNGLIGGANDE KÄRLFÖRSÖK 1982-1992

Material och metoder

Ett kärlförsök, som kom att vara i elva år, startades 1982 vid avdelningen för växtnäringlära på Ultuna. Den primära avsikten var att se om en eventuell fastläggning i jordens mikroorganismer av lättlösligt kväve måste kompenseras av tilläggskväve. För att belysa denna fråga startades i januari 1982, dels ett kärlförsök för att bestämma kvävefastläggningen, dels ett laboratorieförsök för att undersöka kolomsättningen när resprodukterna tillsattes jorden.

Från början var kärlförsöket avsett att vara kortvarigt med inriktning på kväveproblematiken, men det omvandlades senare till att bli långliggande, då med ändamål att visa hur långvarig leveransen av växtnäringssämnen, främst fosfor, kunde vara till grödan. Inkubationsförsöket blev endast kortvarigt. De första skörderesultatet från kärlförsöket samt alla uppgifter från inkubationsförsöket redovisades i form av ett examensarbete från Sveriges lantbruksuniversitet, avdelningen för växtnäringlära (Nordh 1982). Övriga års skörderesultat från kärlförsöket redovisas nedan.

Jorden i kärlförsöket var en lera, hämtad från Ultuna, med ett förhållandevis högt innehåll av växttillgänglig fosfor. Grunddata för jorden visas i tabell 15.

Tabell 15. Grunddata för jord, använd i kärlförsök med restprodukter från Karlshamns AB

Table 15. Soil characteristics of a pot experiment with residue products from Karlshamn Ltd

| Jordart /Soil type/ | Styv lera /Clay/ |
|--------------------------------|------------------|
| Mullhalt, % /Org. matter, % / | 3,0 |
| pH _{aq} | 7,2 |
| P-AL /labile P, mg/100 g soil/ | 12,0 |
| K-AL /labile K, mg/100 g soil/ | 31,0 |

Försöksplan

I kärlförsöket prövades de två restprodukterna från Karlshamns AB. Då odlingen var mera intensiv i kärl än i fält blev testerna av produkterna i kärlförsöket mera ingående här. Man erhöll i kärl tidigare sådana effekter som i fält blott visade sig efter en längre tids odling.

I det följande visas planen för kärlförsöket
Experimental design for the pot trial

| Försöksled Label | Behandling, g ts kärll ⁻¹ Treatment, g DM pot ⁻¹ |
|---------------------|--|
| 000 | Utan restprodukter, 0 g NH_4NO_3 <i>No residual prod., 0 g NH_4NO_3</i> |
| 001 | Utan restprodukter, 1 g NH_4NO_3 år 1 <i>No residual prod., 1 g NH_4NO_3 year 1</i> |
| 002 | Utan restprodukter, 2 g NH_4NO_3 år 1 <i>No residual prod., 2 g NH_4NO_3 year 1</i> |
| 004 | Utan restprodukter, 4 g NH_4NO_3 år 1 <i>No residual prod., 4 g NH_4NO_3 year 1</i> |
| 210 | 53,4 g Kalk-bioslam, 0 g NH_4NO_3 år 1 <i>53.4 g Kalk-bioslam, 0 g NH_4NO_3 year 1</i> |
| 211 | 53,4 g Kalk-bioslam, 1 g NH_4NO_3 år 1 <i>53.4 g Kalk-bioslam, 1 g NH_4NO_3 year 1</i> |
| 212 | 53,4 g Kalk-bioslam, 2 g NH_4NO_3 år 1 <i>53.4 g Kalk-bioslam, 2 g NH_4NO_3 year 1</i> |
| 214 | 53,4 g Kalk-bioslam, 4 g NH_4NO_3 år 1 <i>53.4 g Kalk-bioslam, 4 g NH_4NO_3 year 1</i> |
| 230 | 42,5 g Fosforkalk, 0 g NH_4NO_3 år 1 <i>42.5 g Phosforkalk, 0 g NH_4NO_3 year 1</i> |
| 231 | 42,5 g Fosforkalk, 1 g NH_4NO_3 år 1 <i>42.5 g Phosforkalk, 1 g NH_4NO_3 year 1</i> |
| 232 | 42,5 g Fosforkalk, 2 g NH_4NO_3 år 1 <i>42.5 g Phosforkalk, 2 g NH_4NO_3 year 1</i> |
| 234 | 42,5 g Fosforkalk, 4 g NH_4NO_3 år 1 <i>42.5 g Phosforkalk, 4 g NH_4NO_3 year 1</i> |

Försöket hade 12 försöksled och tre samkärll, totalt ingick alltså 36 kärll. 4,7 kg lufttorr jord vägdes in i varje kärll.

För en uppskattning av hur mycket tilläggskväve restprodukterna kunde binda tillfördes de i sådan omfattning att den adderade mängden organisk substans per kärll blev 35 g torrsubbans. Kväve enligt försöksplanen tillfördes också, men bara till den första skörden. Kärllan grundgödsldes med kväve och svavel, se nedan!

Gröda och grundgödsling

Första året togs två skördar - en på vintern i växthus och en på sommaren. Den första grödan var vårkorn. Sedan odlades havre. Den första skörden togs som grönmassa, i övrigt skördades mogen sträsåd. Till första grödan grundgödsldes alla kärll med 3,0 g superfosfat, (monokalciumpulvåtefosfat, $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$, 9% P) och 2,0 g kaliumsulfat (K_2SO_4 , 41,5% K). Sedan grundgödsldes försöket enligt nedan.

Residue products according to an amount of 35 g DM per pot were added the first year. Basal dressings of 3,0 g $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$, 9% P and 2,0 g K_2SO_4 , 41,5% K were also added. In the following years the pots received only basal applications of N and K but no residue products.

Grundgödsling, gr^{-1} kärll $^{-1}$: /annual basal fertilization, g^{-1} pot $^{-1}$:
1982 (till andra skörden) 1 g NH_4NO_3 , 1983-1985 2 g NH_4NO_3 ,
1986-1989 0,5 g NH_4NO_3 , 1990-1992 0,5 g NH_4NO_3 och 1 g
 K_2SO_4 .

Tabell 16. Halter av organiskt material, växtnäringsämnen och kalk i restprodukter från Karlshamns AB, använda i kärnförsöket. Analyserna gjorda av Scandiaconsult och SLL, Ultuna

Table 16. Contents of organic matter, plant nutrients and lime in residue products from Karlshamn Ltd, which were used in the pot trial. Analyses performed by Scandiaconsult and SLL, Ultuna

| Innehåll i torrsubstans av produkter <i>Content in dry matter of products</i> | | |
|--|-------------|--------------|
| | Phosforkalk | Kalk-bioslam |
| Glödgningsrest, % <i>Ignition residue, %</i> | 51 | 59 |
| Org. substans, % <i>Org. matter, %</i> | 48,6 | 41,1 |
| Tot-N, g ⁻¹ kg ⁻¹ | 3,8 | 2,9 |
| Tot-P, g ⁻¹ kg ⁻¹ | 11 | 63 |
| CaO /Lime/, g ⁻¹ kg ⁻¹ | 73 | 279 |
| Nickel /Nickel/, mg ⁻¹ kg ⁻¹ | 20 | 68 |
| C:N /C:N/ | 81 | 87 |

Resultat och diskussion

Kärnskördar

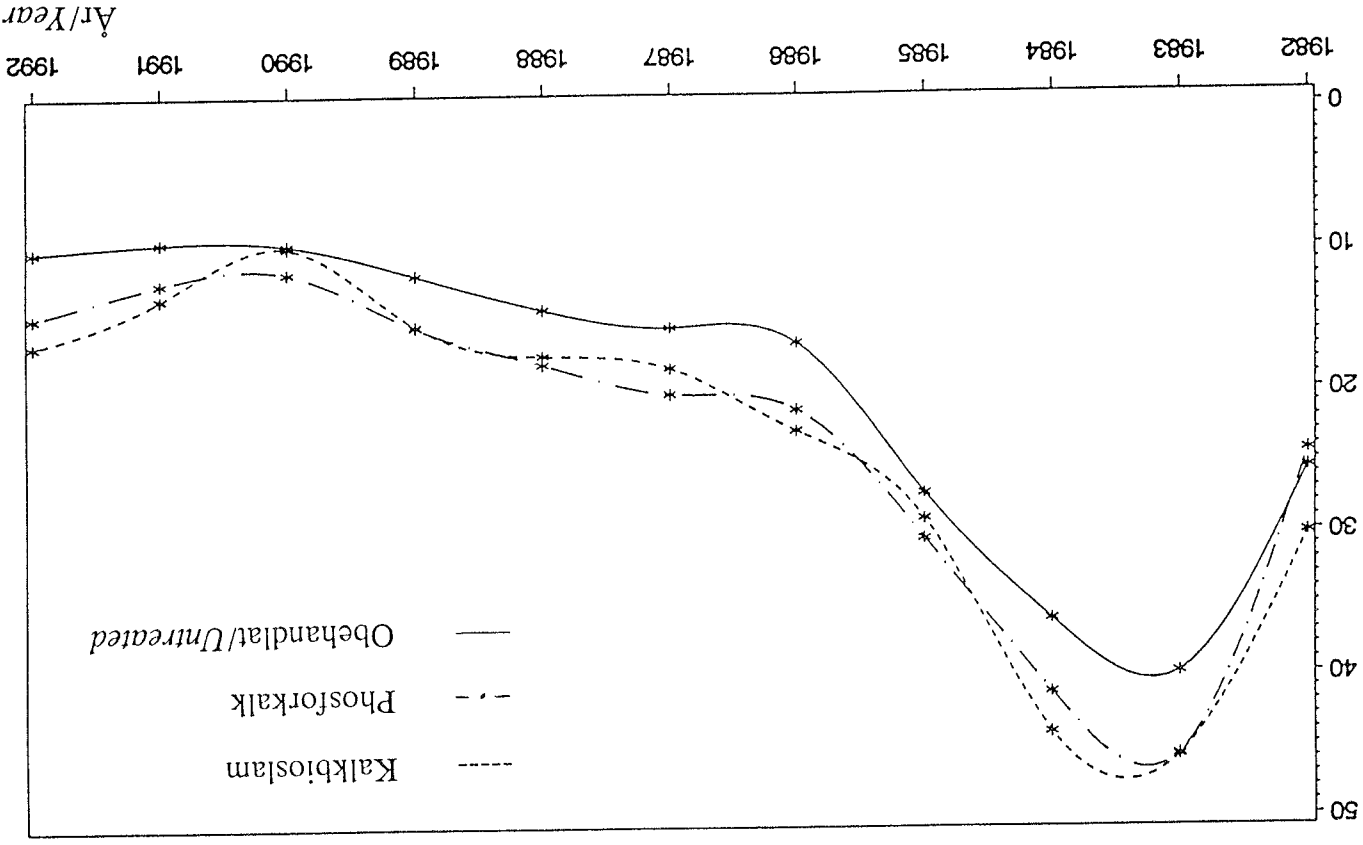
De högsta kärnskördarna erhöles under andra till fjärde försöksåret, 1983-85. Skördarna kännetecknades sedan allmänt av en sjunkande trend fram till år 1991. Orsaken kan vara att stråsåden något led av kväve- och kaliumbrist vilken år 1991 hävdes. Detta år började, förutom kväve, även kalium ges som grundgödsling. varefter

skördarna åter började stiga fram till 1992 då försöket avslutades.

Om kalium hade tillförts varje år så kanske den sjunkande trenden för skördarna hade undvikits. Det är dock relationerna mellan obehandlat och resproduktbehandlade led som är det intressanta, inte att skördarna sjunker.

Skillnaderna i kärnskörd mellan restproduktbehandlingar eller mellan obehandlat led och behandlade led verkar först kanske inte så stora (fig 1). För perioden som helhet, som medeltal för de fyra kvävebehandlingarna år 1, var dock skillnaderna statistiskt signifikanta, se tabell 17. För år 1982, det första året, noterades lägre skörd än för det andra året, 1983. Detta beror på att den allra första grönmasseskörden, i korn, ej fanns med i det siffermaterial som utgör underlag för skördarna i figur 1. De därpå följande skördarna utgjordes ju av kärna och halm, ej av grönmassa, och detta omöjliggör en direkt jämförelse. Eftersom försöket från början var ett tilläggskväveförsök som sedan omvandlades ett långliggande försök mättes i första skörden endast kväve-, ej fosfor- eller kaliumhalten i skörden. Den första grönmasseskörden redovisas, som ovan nämnts, fullständigt i ett examensarbete (Nordh 1982).

Kärnskörd, g/kär/Grain yield, g/pot



Figur 1. Kärnskördar i kärnförsöket, g per kär. Tilläggs-N-giva 2 g NH_4NO_3 per kär 1982. 1982. Figure 1. Grain yields in the pot trial, g per pot. N-addition 2 g NH_4NO_3 per pot 1982.

Tabell 17. Kärnskördar i kärlförsök med restprodukter från Karlshamns AB. Medeltal perioden 1982-92 för fyra tilläggskvävebehandlingar utförda år 1982. "Duncan": Medeltal åtföljda av samma bokstav var ej signifikant skilda åt ($P=0,05$)

Table 17. Grain harvests in a pot trial with residue products from Karlshamn Ltd. Means for the period of 1982-92 of four additional nitrogen treatments performed in 1982. "Duncan": Means followed by the same letter were not significantly different ($P=0.05$)

| Restprodukt Residue Product | n | Kärnskörd n Grain Harvest | Duncan Duncan |
|--------------------------------|----|------------------------------|------------------|
| Kontroll No residue prod. | 44 | 19,7 | a |
| Kalk-bioslam | 44 | 23,5 | b |
| Phosforkalk | 44 | 22,8 | c |

Kärlförsöket pågick under längre tid än något av fältförsöken. Restprodukterna tillfördes endast vid starten. För Phosforkalkledet i kärlförsöket var skördeökningen i genomsnitt för hela perioden ca 15 % och för Kalk-bioslam 19 %, ett resultat som är i paritet eller något större än skördeökningarna i fältförsöken. Givorna i kärlförsök och fältförsök går naturligtvis inte att jämföra direkt. Dock utarmar ett kärlförsök jorden snabbare på näringsämnen än vad ett fältförsök gör. Därför kan man, utöver vad t. ex. det långliggande fältförsöket på Håstaryd under sju år visade, på basis av resultat från kärlförsöket, i fält troligen räkna med ytterligare några års ganska kraftiga skördeökningar.

Kväveskördar

I figur 2 visas kväveskördar för de fyra tilläggskvävegivorna 0, 1, 2 och 4 g N per kärl för försöksleden med Phosforkalk. Grundgödselgivan med kväve till varje kärl olika år har redan nämnts. De första tre åren var tilläggskväveeffekterna påtagliga. Trenden

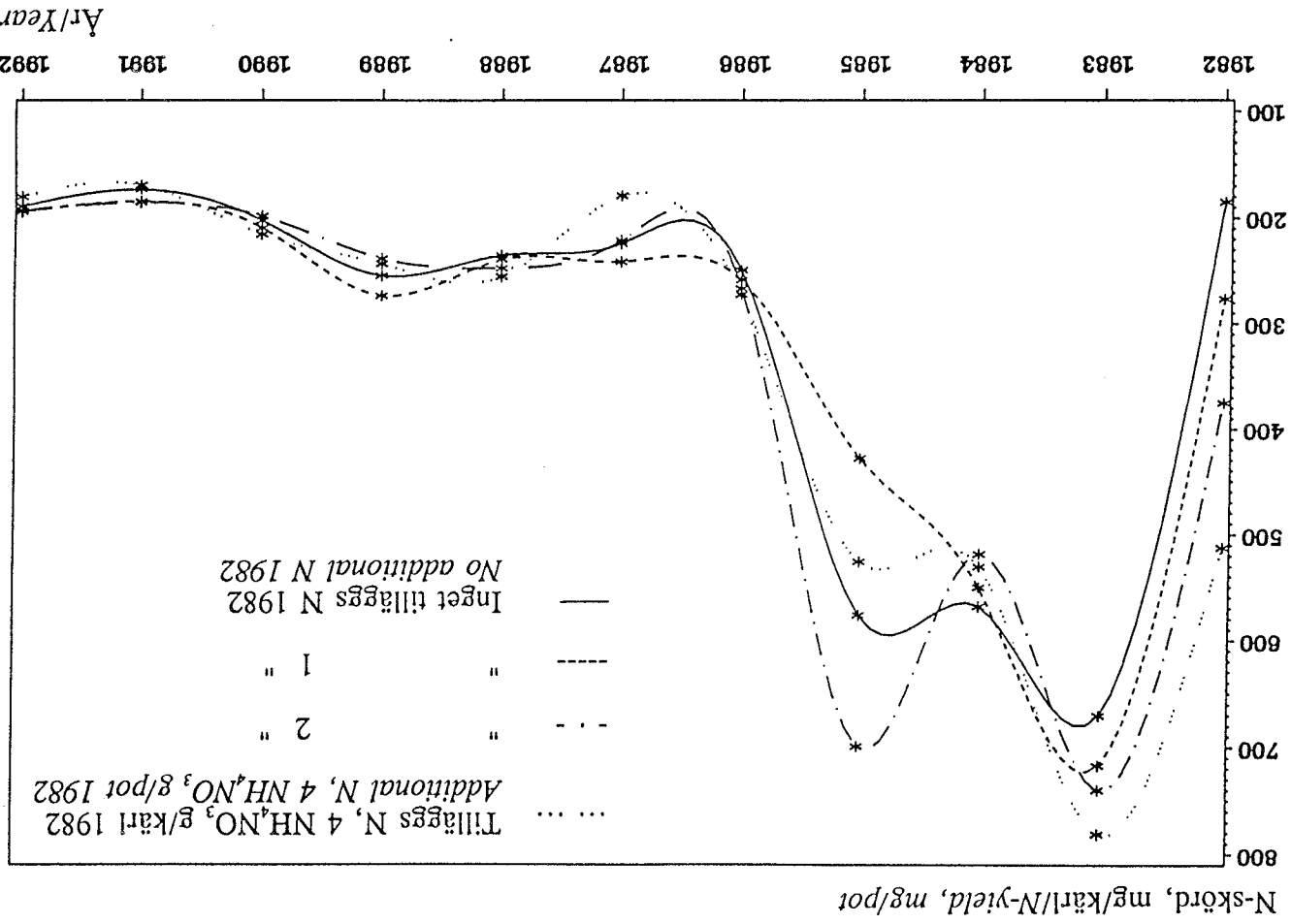
var densamma för Kalk-bioslammet. Det finns ingen förklaring till de i flera försöksled plötsligt ökade skördarna år 1985.

Man brukar ju framhålla att kvävegödsling endast har effekt det år kvävet tillförs, därför att det är ett lättlösligt ämne i marken och det kväve som inte grödan gör bruk av därför lätt lakas ut. I detta kärnförsök var det dock så, att det tillförda kvävet, förutom att det togs upp av grödan, även togs i anspråk av markens mikroorganismer vid nedbrytningen och omsättningen av fett i restprodukterna.

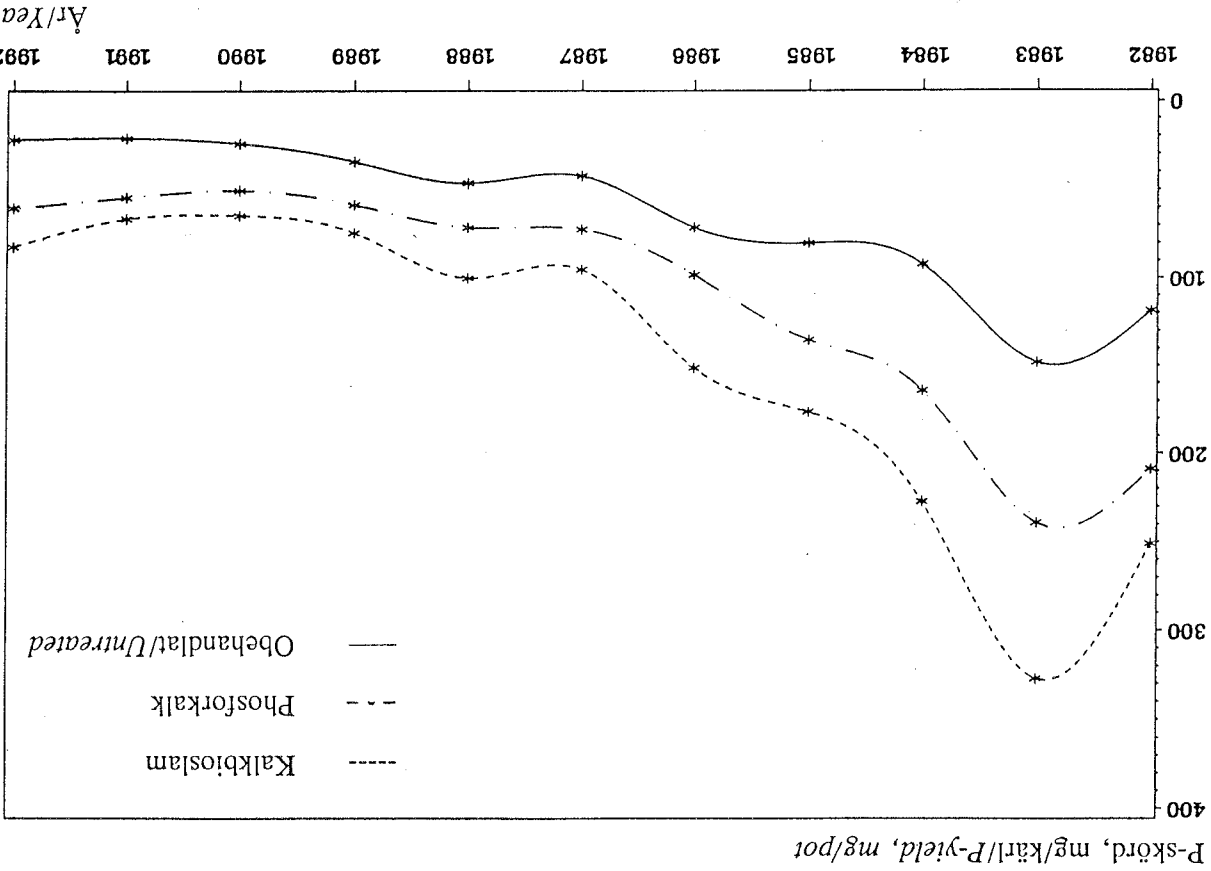
Bakterier och svampar utnyttjade fettresterna som energisubstrat och fastlade kväve i sin biomassa när de tillväxte kraftigt det första året. När fettet sedan tog slut dog de flesta mikroberna och vid nedbrytningen (remneraliseringen) av deras kroppsmassa frigjordes under de följande åren kväve som kunde tas upp av grödan. Denna återleverans skedde dock långsamt då en del av kvävet redan vid sin omsättning byggdes in i humuskomplexet vars föreningar till stor del kännetecknas av lång varaktighet och av att de bryts ned långsamt.

Fosforskördar

I figur 3 visas fosforskördarna under perioden 1982-92 för de tre restproduktbehandlingarna vid tilläggskvävegivan 2 g kväve per kärl. Fosforskördarna skiljde sig tydligare åt än kväveskördarna, särskilt under de senare åren. Att de sjunker med tiden beror inte på minskande markfosforhalter, enligt figur 4 är fosfornivåerna i försöket hela tiden tillräckliga för en fullgod skörd, utan på för låga grundgödselgivor av kväve. Det var mineralfosfor som tillföres jorden med restprodukterna. Medlen innehöll dessutom kalk, magnesium mm. (tabell 1, 2 och 14). Då alla mineraliska fosföreningar är ganska svårösliga brukar efter fosfortillförsel med mineralgödselmedel en stor del snabbt fastläggas i marken och sedan så småningom åter långsamt gå i lösning. Endast en mycket liten del i taget är växttillgängligt löst, maximalt 0,5 - 1 kg P per hektar. Detta värde skall sättas i relation till den mängd en stråsådesgröda normalt ansamlar i skördeprodukter och rötter, c:a 20 kg fosfor per hektar.



Figur 2. N-skördar, mg N per kärl för fyra tilläggskvävegivor tillförda 1982. Figure 2. N-yields, in mg N per pot for four additional nitrogen amounts added in 1982.



Växten är starkt beroende av en kontinuerlig leverans av fosfor från de fastlagda svårslösliga reserverna till markvätskan. pH-värdet är här av stor betydelse. Ett lämpligt sådant gör fosfor mera lättlöslig. Runt pH-värde 6,5 anser man att optimala betingelser föreligger för växternas upptagning av fosfor.

Fosforeffekten hos restprodukterna från Karlshamns AB är mycket uthållig. Ännu efter elva år fanns tydliga skillnader i fosforskörd mellan obehandlat och behandlade led.

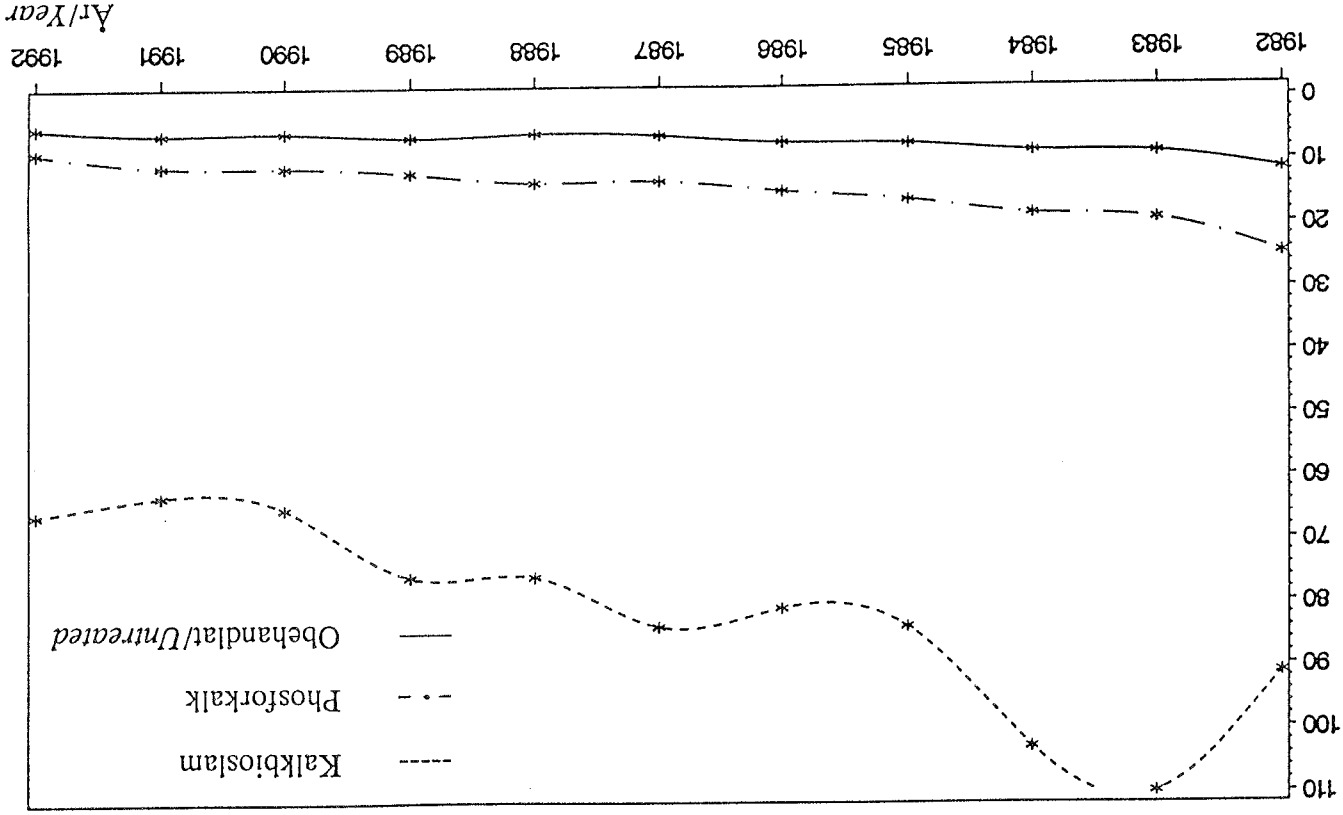
Kalk-bioslammet, som innehöll mest fosfor, visade hela tiden den högsta skörden men också Fosforkalken ger hela tiden en god fosforeffekt (figur 3). Delvis kan de långvariga effekterna bero av produkternas kalkinnehåll ty kalken hjälper till att upprätthålla pH-värdet.

Jordanalyser

pH-värden och halter av vissa lättlösliga (= AL-lösliga) växtnäringsämnen (P, K och Mg) mättes årligen efter skörd. I figur 4 visas P-AL-värden för obehandlat led och Fosforkalk- och Kalk-bioslamleden vid tilläggskvävebehandling 2 gram kväve per kår för hela perioden. Markant höga värden visar Kalk-bioslamledet, men även i Fosforkalk- och det obehandlade ledet kan man se jämna och endast långsamt sjunkande P-AL-tal.

Markfosforsituationen i kärlförsöket, dvs. hur den det första året tillförda fosfor slutligen fördelade sig på mer och mindre lättlösliga fraktioner, redovisas längre fram i rapporten. Avslutningsåret uttogs nämligen jordprov från tre försöksled på vilka gjordes fraktionering av fosfor enligt Hedley et al (1982).

P-AL, mg/100 g jord/soil



Figur 4. Hält av lättlösigt P, P-AL, i jorden i de tre slamleden i kärnforsöket. Tilläggs-
 N 2 g NH_4NO_3 per käril 1982.
 Figure 4. Content of easily available P, P-AL, in soil in three residue treatments in the
 pot trial. Additional N 2 g NH_4NO_3 per pot 1982.

ETTÅRIGA FÄLTFÖRSÖK MED TILLÄGGSKVÄVE

Material och metoder

Tilläggskvävegivorna i de två långliggande fältförsöken på Hästaryd och Evaryd år 1 var 0, 50 och 100 N, kg per hektar. Effekterna av tilläggskvävegivorna befanns vara något osäkra samtidigt som intervallen mellan givorna var för stora för att resultaten skulle kunna användas i syfte att ge gödslingsrekommendationer. När försöken varit i drift ungefär fem år, och kvävegödselmedelspriserna under perioden stigit kraftigt samtidigt som miljöintressena och den allmänna opinionen alltmer ifrågasatte ändamålsenligheten med högre kvävegivor än vad grödan normalt behövde för sin tillväxt, så uppstod behov av att närmare utreda tilläggskvävefrågan.

SLU, med ekonomiskt bistånd av Karlshamns, startade därför ett antal ettåriga fältförsök med tilläggskväve. Eftersom restprodukterna från oljeframställningen, Kalk-bioslammet och Fosforkalken, skilde sig i sammansättning från varandra, Fosforkalken innehöll t.ex. i början av försöksperioden nästan dubbelt så mycket organiskt kol som Kalk-bioslammet (tab. 1-2) så startades, för vardera restprodukten, en försöksserie med tilläggskväve.

Då produkterna så småningom förenades i ett enda medel redovisas i rapporten endast de tilläggskväveförsök som berör den produkt som är aktuell idag, nämligen Fosforkalken.

Under försöksperioden förändrades förutsättningarna. Genom förbättrad processteknik minskades mängden fettrester i Fosforkalken. De högsta kvävegivorna blev därför efterhand inaktuella och försöksplanen reviderades. Alla försöksled ingår därför ej med samma antal observationer i redovisningen (tabell 18).

Totalt startades under perioden 1986-1992 23 stycken försök med olika nivåer av tilläggskväve. Tre föll bort på grund av mycket låga och osäkra skördar och ett därför att jämförelseledet, "grundgödsel-N-ledet" ej blev skördat. I sammansättningen ingår alltså 19 försök utlagda under skiftande förutsättningar. Fyra försöksserier med olika planer förekom totalt; R3-2164, R3-2198, R3-2205 och R3-2211.

Resultat

Relativa skördar

I tabell 18, där också de enskilda försöksleden framgår, visas resultaten för alla försök under hela perioden.

Då olika grödor odlades redovisas skördarna som relativtal. Skörden för grundgödselvävegivan (den giva som rådgivare i länet rekommenderade till grödorna utan tillförsel av Fosforkalk) sattes till relativtal 100. Tilläggskväve prövades sedan i 15 kilos intervall från 0 N upp till, som mest, 150 N, kg per hektar. Även ett helt obehandlat led fanns med. Efter några år lades till försöksplanen ett led utan Fosforkalk men med brukarens NPK-giva.

Grundgödselvävegivan var på kreaturslösa gårdar: för vårsäd 90 N, kg/ha, för våroljevaxter 100 N, kg/ha och för rotfrukter 140 N, kg/ha. Till höstvetete och höstoljevaxter gavs 120 N, kg/ha som grundgödselgiva. På djurgårdar minskades givorna med 15 N, kg/ha.

Basic N treatment were on farms without livestock: For spring cereals 90 N, for spring rape 100 N, and for root crops 140 N, kg/ha. For winter wheat and winter rape it was 120 N, kg/ha. On farms with livestock basic N treatments were lowered 15 kg/ha.

Tabell 18. Relativa skördar för tilläggskväve vid användning av fosforkalk (Ph-k). 19 fältförsök 1986-1992
 Table 18. Relative yields when using additional dressings of nitrogen after application of Phosphorcalc (Ph-k). 19 field experiments 1986-1992

| Försöksled Treatment | n n | Relativt Rel. yield |
|--|--------|------------------------|
| Obehandlat Untreated | 19 | 75* |
| Grundgödsel-N Basic N treatment | 17 | 100 |
| -"- + Ph-k | 21 | 104 |
| -"- + Ph-k + 15N | 12 | 102 |
| -"- + Ph-k + 30N | 12 | 102 |
| -"- + Ph-k + 45N | 14 | 105 |
| -"- + Ph-k + 60N | 19 | 110 |
| -"- + Ph-k + 75N | 19 | 109 |
| -"- + Ph-k + 90N | 13 | 110 |
| -"- + Ph-k + 105N | 11 | 111 |
| -"- + Ph-k + 120N | 11 | 109 |
| -"- + Ph-k + 135N | 11 | 106 |
| -"- + Ph-k + 150N | 7 | 104 |
| Ej Ph-k, brukarens NPK-giva No Ph-k, farmers NPK-dressing | 6 | 108 |

n = antalet observationer n = number of observations

* P=0.05 vid parvisa jämförelser mellan "Grundg.N"-ledet och övriga led.

* P=0.05 at comparisons two by two between "Basic N-" and other treatments.

I tabell 18 var endast en behandling, det helt obehandlade ledet, signifikant skilt från relativt 100. För övriga led kan man bara tala om tendenser. En viss regelbundenhet fanns dock i resultatet. Jämmt stigande skördeökningar för tilläggskväve erhöles upp till en giva på c:a 60 N, kg per ha. För givor över 105 N sjönk skördarna. Maximiskörden nåddes alltså någonstans mellan 60 N och 105 N. Det ansågs då, med tanke på konsekvenserna för miljön, riktigt att ej rekommendera större tilläggskvävegivor än de som låg i den lägre delen av detta intervall.

Dagens tilläggskväverekommendationer

Från början låg rekommendationerna för tilläggskväve ganska högt, särskilt för blekjordsslam som spreds på våren.

Karlshamn rekommenderar f_n (hösten 1994) på basis av de ett-åriga fältförsöken med tilläggskväve en extra giva kväve på 30-45 N, kg per hektar vid tillförsel av Fosforkalk. I företagets policy ingår numera att man påpekar att det, efter höstspridning av Fosforkalk, inte behövs något tilläggskväve alls till vårstråsad.

Diskussion av resultat från tilläggskväveförsöken

Försöken visade också att grödor med lång vegetationsperiod (potatis, höstvetete och höstoljeväxter) utnyttjade både tilläggskväve och restprodukt bättre än t ex vårstråsad och att Fosforkalken, om den spreds på hösten, bäst tillgodogjorde sig tilläggskvävet när det sedan i en liten dos gavs på våren. Om Fosforkalken spreds tidigt på hösten efter skörd kunde den vid sin omsättning i marken binda det restkväve som mineraliserades efter det att föregående gröda avslutat sin kväveupptagning, vilket skedde på sensommaren, för stråsäden redan i gulmognadsstadiet.

I alla tilläggskväveförsök, oavsett om det gällde jämförelser mellan kreatursgårdar och kreaturslösa gårdar, hög och låg kol/kväveknot i medlet eller kort och lång vegetationsperiod visade det sig att höstspridning av Fosforkalken gav bättre effekt än vårspridning.

För alla 19 försöken uppmättes, vid tilläggskvävenivån 60 N, kg/ha och Fosforkalkgivan 5 t TS/ha, en skördeökning år 1 på ungefär 10 % (tabell 16). Detta värde kan sättas i relation till resultatet i de långliggande försöken på Hästaryd och Evaryd, vilka i genomsnitt för den första femårsperioden gav en skördeökning på c:a 15 % för höstspridd Fosforkalk i enkel giva.

Kadmium och nickel i skördeprodukterna

Phosforkalken innehöll kadmium och nickel, dock långt under de gränser SNV angivit för röt slam.

I tilläggskväveförsöken har halterna av kadmium och nickel undersökts i två av försöksleden i alla försök: ledet med den av rådgivare rekommenderade grundgödselkvävegivan utan, och ledet med samma giva kväve men med Phosforkalk.

För kadmium (Cd) fanns ingen skillnad mellan de två försöksleden i något försök. För nickel (Ni) var halten i fyra försök högre i ledet som fått fosforkalk (tabell 19). Inga nickelhalter betecknas som hälsovådliga (tabell 19).

Tabell 19. Halter av nickel (Ni), i ppm av ts, i kärnskörd och i tillförd Phosforkalk (Ph-k) i de fyra, av 19 utförda tilläggskväveförsök, som visade förhöjd halt av Ni i ledet med fosforkalk och grundgödselkväve jämfört med motsvarande led med endast kväve
Table 19. Contents of nickel (Ni) in ppm of DM in harvested grain and in added Phosforkalk (Ph-k) in the four out of nineteen field trials comprising additional dressings of nitrogen, which showed an increased content of Ni. Treatment with basic addition of Phosforkalk was compared with corresponding nitrogen treatment without Phosforkalk

| År Year | Sädesslag Cereal | Utan Ph-k No Ph-k | Med Ph-k With Ph-k | Halt i Ph-k Cont. in Ph-k |
|------------|---------------------|----------------------|-----------------------|------------------------------|
| 1989 | Korn Barley | 0,20 | 0,25 | 6,0 |
| 1989 | -" | 0,14 | 0,22 | 3,3 |
| 1990 | Havre Oats | 0,10 | 0,89 | 17,0 |
| 1991 | Vete Wheat | 0,25 | 0,42 | 57,0 |

Nickel i marken efter tillförsel av Phosforkalk

Med en Phosforkalkgiva på 5 ton ts vart femte år (nickelhalt 12,8 mg/kg ts enl företagets uppgifter 1993) tillförs åkermarken ungefär 13 gram nickel per hektar och år. Med en växtföljd innefattande fyra spannmålsgrödor och en potatisgröda bortförs under samma tid

med skörden 10-15 g nickel. Det totala nickelinnehållet i matjorden är ungefär 25 kg/ha (variationsvidd 5-40 kg). Naturvårdsverkets gränsvärde för tillförsel av nickel till åkermark är från och med 1995 50 g/ha/år och efter år 2000 25 g/ha/år. I några av tilläggskväveförsöken har tillförseln varit något högre (tabell 19) men detta har enligt företaget varit engångsföreteelser orsakade av missöden i produktionen och detta föranleder ingen ändring av de nuvarande tillförselrekommendationerna.

Som nämnts i inledningen är halten nickel i Phosforkalken c:a fyra gånger lägre än Naturvårdsverkets gränsvärde för rötslam.

Nickel är ett livsnödvändigt grundämne för hönsfåglar.

SPECIALUNDERSÖKNINGAR

Mätningar av markens strukturstabilitet

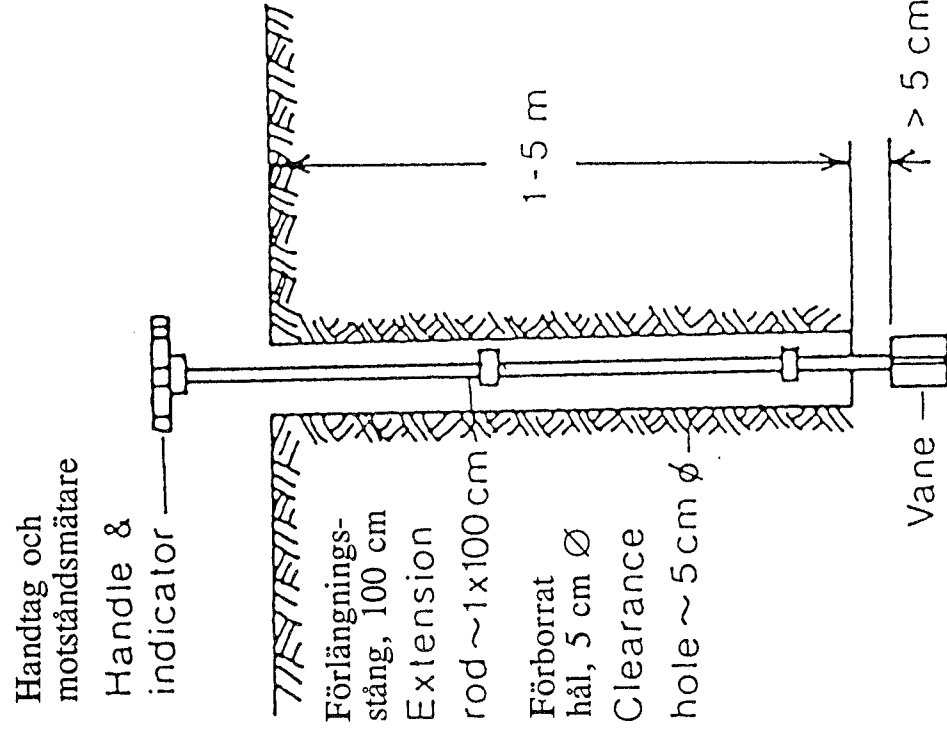
Restprodukterna från oljeframställningen innehåller, som redan nämnts, organiska ämnen, främst fettrester, vilka binder kväve vid sin omsättning. Detta kan vara en nackdel. Dessa fettrester är dock inte enbart av ondo. När de omsätts i marken uppförökas mikrofloran och genom dennas livsprocesser utsöndras slemämnen, olika sockerföreningar mm., produkter som inverkar positivt på aggregeringsstabiliteten i marken och därmed markstrukturen, och möjliggör att bearbeta matjorden.

Genom att mäta vridmotståndet när en vingborr på högkant trycks ned i matjorden och vrides runt kan man få ett mått på bearbetbarheten, figur 5 (Schaffer, 1967).

Struktureffekterna kan vara långvariga. Vingbormätningar som gjordes i det långliggande fältförsöket på Evaryd hösten 1987, fem år efter att restprodukter tillförts visar statistiskt sett mycket säkra skillnader mellan de olika behandlingarna, tabell 20. Jordarten på Evaryd var en lättlera.

För att vingbormätningarna skall bli representativa måste vattenhalten i marken vara lika hög i de undersökta försöksleden. Lämpliga tidpunkter för provtagning är därför när jorden är mättad med vatten till fältkapacitet, tidigt på våren, när marken just torkat upp,

eller på hösten efter skörden.



Figur 5. Utrustning för vingbormätning av markens strukturabilitet i matjorden (Schaffer 1967).
Figure 5. Equipment used for measurement of shearing resistance in top soil (Schaffer 1967).

Även i tre av de ettåriga tilläggskväveförsöken gjordes skjuvhållfasthetsmätningar hösten 1987. I två av tre försök var vridmotståndet signifikant lägre i ledet som fått Fosforkalk jämfört med grundgödselledet.

Tabell 20. Jordens strukturstabilitet uppskattad medelst vingbormätningar i fältförsöket på Evaryd 1987, fem år efter tillförsel av Fosforkalk och Kalk-bioslam. Försöksled som fått slam på hösten. Medeltal för mätningar i två block och tio upprepningar per ruta, utförda på hösten. "Duncan": Medeltal kolumnvis åtföljda av samma bokstav var ej signifikant skilda åt ($P=0,05$)

Table 20. Determination of soil structure strength by measuring the shearing resistance. Trial site of Evaryd in 1987, five years after addition of Fosforkalk and Kalk-bioslam. Treatments which received residue products in autumn. Means of measurements in two blocks and ten places per parcel. "Duncan": Means followed by the same letter in the column were not significantly different ($P=0.05$)

| Försöksled <i>Treatment</i> | Skjuvhållfasthet i kPa <i>Shear Strength in kPa</i> | Duncan <i>Duncan</i> |
|--|--|-------------------------|
| Utan restprodukt <i>Without residue product</i> | 284 | a |
| Kalk-bioslam, enkel giva "-", single dose | 263 | a b |
| Kalk-bioslam, dubbel giva "-", double dose | 246 | c b |
| Fosforkalk, dubbel giva "-", double dose | 229 | c d |
| Fosforkalk, enkel giva "-", single dose | 213 | d |

Fosforutlagningsförsök

Genom samarbete mellan avdelningarna för vattenvård och växt-näringslära vid SLU kunde utlagningsförsök med fosfor utföras på jordprov från ett av de långliggande fältförsöken. De avsåg att mäta den fosfor som försvann från majjorden till lägre liggande markskikt eller till dräneringssystemet i jord som tillförts Fosfor-kalk. Den använda metodiken var enligt Ulén (1986). Undersökningarna utfördes av Ulén (Ulén 1991).

Mätningarna gjordes i form av laboratorieexperiment på jordprov, dels från obehandlad jord, dels på jord från parceller som fått Fosforkalk, 5 ton ts/ha, våren 1983 och våren 1988. Jordprov uttogs våren 1990 och våren 1991.

Till obehandlade jordprov från Evaryd nytilfördes också Fosforkalk på laboratoriet varefter utlakningen mättes, dels omedelbart efter tillsatsen, dels efter att proven stått i rumstemperatur under varierande tid. Resultaten från båda mätningarna visas i tabell 21.

Tabell 21. På laboratoriet lakade mängder PO_4 -P och total-P (organisk + organisk P) i ug/g torrsubstans i jord från matjordsprover uttagna från fältförsöket på Evaryd våren 1990 och 1991 (Utlén 1991)

Table 21. Leached amounts of PO_4 -P and total-P (inorganic + organic P in ug/g dry matter in soil in top soil cores sampled from field experiment at Evaryd in spring 1990 and spring 1991. Laboratory experiments, Utlén 1991

| | PO_4 -P | tot-P |
|---|-----------|-------|
| <u>Jordprov uttagna våren 1990</u> | | |
| <i>Soil cores sampled in spring 1990</i> | | |
| Obehandlat led <i>Control</i> | 12,8 | 14,9 |
| Phosforkalk tillförd 1983 och 1988 <i>Phosforkalk added 1983 and 1988</i> | 13,5 | 20,4 |
| <u>Jordprov uttagna våren 1991</u> | | |
| <i>Soil cores sampled in spring 1991</i> | | |
| Obehandlat led <i>control</i> | 15,0 | 17,3 |
| Phosforkalk tillsatt 1983 och 1988 <i>Phosforkalk added 1983 and 1988</i> | 21,7 | 22,9 |

Tabell 21, forts.

| | PO ₄ -P | tot-P |
|---|--------------------|-------|
| Jord från Evaryd, Fosfor- kalk tillsatt på laboratoriet <i>Soil from Evaryd, Phosforkalk added at the laboratory</i> | 277 | 332 |
| Omedelbart efter tillsats <i>Immediately after addition</i> | | |
| Efter 1 mån i 20° C <i>After 1 mth in 20° C</i> | 78 | 131 |
| Efter 3 mån i 20° C <i>After 3 mths in 20° C</i> | 11 | 122 |
| Efter 6 mån i 20° C <i>After 6 mths in 20° C</i> | 11 | 119 |
| Referensjordprov <i>Reference soil cores</i> | | |
| <u>Skiften på Listerlandet</u> <i>Phosphorus-polluted places in the county of Blekinge</i> | 28 | 37 |
| <u>SLU:s försöksfält i södra och mellersta Sverige</u> <i>Experimental sites of SUAS in the South and Middle of Sweden</i> | 13 | 19 |

Den tillförsel av Fosforkalk som gjordes i fält våren 1983 och våren 1988 ökade endast måttligt fosforns lakningsbenägenhet 1990 och 1991 (tabell 21). Lakningsbenägenheten var av samma storleksordning som för de flesta av SLU:s försöksfält i Syd- och Mellansverige (som inte fått Fosforkalk) och hälften så stor som för

skiftena på Listerlandet.

Om samma samband antas råda vid Evaryd mellan lakad mängd fosfor på laboratoriet och fosfortransport i dräneringsvattnet som vid SLU:s försöksfält, skulle förlusten av totalfosfor från Evaryd vara 0,2-0,3 P, kg/ha/år (Ulén 1991).

När fosfor tillfördes på laboratoriet och jorden lakades omedelbart efteråt gav den dock ifrån sig mycket fosfor, tabell 21. Den lakade mängden var efter ett halvår fortfarande hög. Till största delen återfanns fosfor i organisk form. Halten lakad oorganisk fosfor var efter tre månader åter låg.

Eftersom lakningsbenägenheten var så hög den närmaste tiden efter tillförseln av Fosforkalk rekommenderar man från avdelningen från vattenvårdslära att sprida medlet på våren, så att inte höstregnen tillåts laka ut för mycket fosfor (Ulén 1991).

Denna rekommendation hamnar dock i konflikt med det intresse bonden har av att få ut en god gödselverkan av Fosforkalken utan att fördenskull behöva ge alltför mycket tilläggskväve. Han vill oftast sprida medlet redan på hösten. Efter höstspredning binder också Fosforkalken vid sin omsättning i marken under senhöst och vinter det restkväve som föregående gröda ej tagit upp under växtperioden.

En tänkbar kompromiss kunde vara att lantbrukaren tog hem Fosforkalken på sensommaren eller tidigt på hösten, lagrade den ute under vinterhalvåret och sedan spred ut den på åkern följande vår. Då hinner en del omsättningsprocesser äga rum under lagringen, samtidigt som medlets gödselverkan fortfarande är intakt. Något tilläggskväve skulle därför inte behöva tillföras följande vår.

Kemiska fosforfraktioneringar

Fosfor är ett makronäringsämne, dvs växterna behöver ta upp ganska mycket fosfor för en bra skörd, ca 15 - 25 kg/ha. I jordbruksmark finns totalt mellan två och tre ton fosfor per hektar, varav cirka en tredjedel i organiska föreningar.

Man brukar indela den organiska markfosfor i tre fraktioner:

Fosfor i markvätskan, lättlöslig (labil) fosfor och svårlöslig (stabil) fosfor. De oorganiska fosforföreningarna är ganska svårlösliga, i markvätskan kan endast ett halvt till ett kilo fosfor vara löst samtidigt. Det sker ett ständigt utbyte mellan de tre fraktionerna, från de labila och stabila poolerna löser sig fosfor i markvätskan och fyller på denna fas. Systemet strävar hela tiden efter att befinna sig i jämvikt. När växten tar upp fosfor minskar andelen lättlöslig fosfor i markvätskan, varefter det sker en påfyllning dit från i första hand den labila poolen och sedan från den mera stabila, dvs reaktionerna går åt vänster i indelningen ovan, och de svårlösliga fraktionerna minskar i storlek.

Organiska fosforföreningar finns också. De är främst bundna till i växtresterna, förnan och i den organiska substansen och utgör i en ordinär jordbruksjord c:a en tredjedel av totalfosfor. De blir växttillgängliga i takt med att mullen bryts ner.

Om man tillför gödselfosfor hamnar den först i markvätskan där lösligheten är låg. Reaktionerna i jämviktssystemet ovan går då åt höger, vilket betyder att de labila och icke labila poolerna ökar i storlek.

Ju äldre fosfor blir, desto mera svårlöslig blir den, allteftersom de mera lättlösliga föreningarna fälls ut eller kapslas in i mera svårlösliga former.

Hedley et al (1982) har utvecklat en fraktioneringsteknik för markfosfor som blivit flitigt använd för att spalta upp markfosfor i fraktioner efter dess olika ursprung och växttillgänglighet (löslighet). Metoden utvecklades ytterligare av Tiessen (1984) och har i Sverige använts av Ivarsson (1989), Ottabong (1990) och Persson (1994).

I den första av fyra på varandra följande extraktioner används en anjonbytare, en "resin" med klorid som anjon. Jordprovet skakas med jonbytare i vattenlösning. När anjonbytare kommer i kontakt med fosfatjonerna byts kloridjonerna ut mot fosfatjoner som där binds och sedan kan bestämmas. Fraktionen innehåller den vattenlösliga samt den lätt utbytbara oorganiska fosfor. I det andra steget extraheras jorden med en svagt basisk lösning, 0,5 molar NaHCO_3 (natriumvätekarbonat). I detta extrakt samlas de labila former av fosfor som är adsorberade på ytan av andra, kris-

tallina (=mera svårlösliga) fosforföreningar såsom seskvioxider och karbonater. Större delen av den aluminiumbundna fosfor i marken, men endast en mindre del av den som är bunden till järn återfinns här, samt en inte obetydlig del av den organiska fosfor.

I det tredje steget extraheras provet med en något starkare bas, 0,1 M NaOH (natriumhydroxid). Här återfinns de svårösliga fosforföreningarna, dvs. fosfor som är inbäddad i järn- och aluminiumoxider/hydroxider. Mer svårtillgänglig organisk fosfor bunden i humin- och fulvosyror ingår också.

I det fjärde och sista steget extraheras jordprovet med en stark syra, 1 M HCl. Då får man ut huvuddelen av fosforpatiten. Endast obetydligt med organisk fosfor finns i denna fraktion.

Efter dessa extraktioner återstod bara mycket svåröslig fosfor, s.k. "residual P", som har mycket liten betydelse för växternas fosforförsörjning.

Eftersom vätekarbonat- och natriumhydroxidextrakten innehåller så mycket organisk fosfor bestämdes både de organiska och organiska formerna där, medan i övriga fraktioner endast totalfosfor analyserades.

Fosforfraktionering i kärlförsöket

Tabell 22 visar resultaten från Hedley-fraktioneringarna av matjorden i kärlförsöket. Tre försöksled analyserades: Obehandlat, 2200 P, mg/kärl, tillfört i kalkbioslam 1982 och 385 P, mg/kärl, tillfört i Fosforkalk 1982. Medeltalen för tre upprepningar, vilka bearbetades statistiskt, visas.

Om man jämför obehandlat led med Fosforkalk-leDET så var fosformängden i resin-fraktionen signifikant större för FosforkalkleDET än för kontrollen, medan de extraerade fosformängderna från den något mindre lösliga NaHCO₃-fraktionen inte skiljde sig så mycket åt. Tydligt är att grödan under den långa försöksperioden, efter att ha tömt resin-fraktionen, sedan förbrukade mycket av den lättlösliga fosfor i NaHCO₃-fraktionen så fosformängderna där närmade sig dem i det obehandlade leDET. Sedan skedde leveranser av fosfor från den mera svårösliga NaOH-fraktionen till resin-

poolen i Fosforkalkledet, ty i NaOH-fraktionerna var fosformängderna fortfarande signifikant större i Fosforkalk-ledet än i obehandlat led. Storleksordningen på siffervärdena visade dock på tendenser till mera fosfor i Fosforkalk-ledet också i NaHCO_3^- fraktionerna. Denna fosfor kan ha förflyttats hit från NaOH-leden.

För Kalkbioslam-ledet fanns, jämfört med för obehandlat led, och i motsats till för Fosforkalk-ledet, en signifikant större mängd fosfor i NaHCO_3 -fraktionen, medan mängderna, när Fosforkalk- och Kalkbioslam-leden jämfördes, var mera lika i NaOH-fraktionen och för båda större än i det obehandlade ledet. Fosformängderna i resin-fraktionen var, liksom i alla de andra Hedley-fraktionerna i kärlförsöket, störst för Kalkbio-slamedet. Detta var naturligt, eftersom det via Kalkbio-slammets betydligt mera fosfor än med Fosforkalken. Uppenbarligen fanns mera fosfor kvar i lättlöslig form vid försöksperiodens slut i NaHCO_3 -fraktionerna för Kalkbioslam-ledet än för Fosforkalk-ledet. Fosformängderna i kontrollen och Fosforkalk-ledet skiljde sig ej signifikant åt i NaHCO_3 -fraktionen, däremot förelåg signifikanta skillnader mellan kontrollen och Kalkbioslam-ledet. Jämför också med figur 3, i vilken fosforskördarna, och figur 4, där P-AL-talen för kärlförsöket visas, där Kalkbioslam-ledets kurvor för hela försöksperioden ligger högt över de andra två ledens.

Tabell 22. Hedley-fraktionering av fosfor i jordprov uttagna vid försökets avslutning år 1992 från de tre försöksleden i kärnforsöket. Medeltal av tre uppreningar, mg P kg⁻¹ lufttorr jord. Vertikala siffervärden åtföljda av samma bokstav är ej signifikant skilda åt (P=0,05). Resprodukter tillförda 1982
 Table 22. Hedley-fractionation of phosphorus in soil cores taken out in the pot trial in 1992 when the trial was finished. Means of three replicates. Figures in mg P kg⁻¹ air-dry soil. Vertical figures followed by the same letter are not significantly different (P=0.05). Residual products added in 1982

| Behandling | Extr. NaHCO ₃ | | | Extr. NaOH | | | Resin | Phosfor |
|-------------------|--------------------------|------------------|------------------------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|-------------------|
| | Tot | Org | Inorg | Tot | Org | Inorg | | |
| Obehandlat | 32 ^a | 78 ^a | 90 ^a 168 ^a | 62 ^a | 169 ^a | 232 ^a | 425 ^a | 657 ^a |
| Kalk-biosl. 1982 | 104 ^b | 249 ^b | 178 ^b 440 ^b | 239 ^b | 263 ^b | 502 ^b | 766 ^b | 1267 ^b |
| Phosfor kalk 1982 | 57 ^c | 95 ^c | 119 ^{ab} 215 ^a | 205 ^b | 264 ^b | 470 ^b | 547 ^c | 1017 ^c |

"Extr." = extraktion, "Resin" = lättlöslig P, "Inorg" = oorganisk P, "Org" = organisk P
 "Extr." = extraction, "Resin" = very soluble P, "Inorg" = inorganic P, "Org" = organic P

Tabell 23. Hedley-fraktionering av fosfor i jordprov från tre av försöksleden i fältförsöket på Evaryd och omgivande mark. Medeltal av två upprepningar, mg P kg⁻¹ lufttorr jord. Vertikala siffervärden åtföljda av samma bokstav är ej signifikant skilda åt. Fosforkalk tillförd 1983 och 1988.

Table 23. Hedley-fractionation of phosphorus in soil cores from three of the treatments in field trial at site Evaryd and surrounding land. Means of two replicates. Figures in mg P kg⁻¹ in air-dry soil. Vertical figures followed by the same letter are not significantly different. Phosphorcalc added in 1983 and 1988

Behandling Treatment
 Extr. NaHCO₃ Extr. NaOH
 Tot Org Inorg Tot Org Inorg
 Resin
 Ej labill fosfor
 Labill fosfor

| Obehandlat | Control | 61 ^a | 110 ^a | 107 ^a | 217 ^a | 165 ^a | 280 ^a | 446 ^a | 262 ^a | 278 ^a | 707 ^a |
|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|-------------------|------------------|------------------|-------------------|------------------|
| Ph-kalk, E G vår | 89 ^b | 147 ^b | 146 ^a | 293 ^b | 292 ^b | 522 ^b | 814 ^b | 335 ^b | 379 ^b | 1149 ^b | |
| Ph-kalk, D G vår | 95 ^b | 164 ^b | 241 ^b | 405 ^c | 248 ^b | 998 ^c | 1245 ^c | 435 ^c | 500 ^c | 1680 ^c | |
| Omgivande åker | 103 ^b | 153 ^b | 309 ^c | 461 ^d | 248 ^b | 255 ^a | 503 ^a | 479 ^c | 563 ^d | 981 ^d | |
| Surround. land | | | | | | | | | | | |

Led- och fraktionsbeteckningar förklaras i tab. 12 och 22. Treatment- and fraction labels are explained in table 12 and 22.

Fosforfraktioneringar i fältförsöket på Evaryd

I tabell 23 visas resultaten av Hedley-fraktioneringarna i matjordsproven från Evaryd. Fyra behandlingar provtogs rutvis och fraktionerades: Ej fosforgödslat, Fosforkalk enkel giva och Fosforkalk dubbel giva. Här kunde inte göras jämförelser mellan de två metoderna, men väl mellan enkel och dubbel giva. Medlet tillfördes två gånger, hösten 1983 och hösten 1987 i givan 5 t TS/ha. För jämförelsens skull ingick också ett matjordsprov från samma fält som försöket låg på, men taget utanför försöksplatsen. Jorden i detta prov hade erhållit gårdens fosforgödsling.

För den mest lättlösliga fosfor, den i "resin"-delen, visade de led som fått fosfor signifikant högre värden än obehandlat led ehuru de inbördades ej skilde sig åt så mycket.

Den något mindre lösliga bikarbonatfraktionen, speciellt då den organiska fosfor i denna, visade också högre fosforvärden för de behandlade leden jämfört med det obehandlade ledet. Adderades organisk och oorganisk fosfor erhöles för bikarbonatfraktionen signifikanta skillnader mellan alla behandlingar.

Så var även fallet med natriumhydroxidfraktionen. Ett närmare studium visade att främst den organiska fosfordelen var mycket större i Fosforkalkbehandlade led än i obehandlat led och även väsentligt större än i omgivande mark. De oorganiska mängderna skiljde sig inte så mycket åt. Signifikant skillnad fanns mellan enkel och dubbel giva för den organiska fasen i NaOH-fraktionen.

Fettresterna i slammet utsattes för en intensiv biologisk omsättning i försöket efter tillförseln till marken. Mycket av fosfor i Fosforkalken kan då ha bundits i mikrobiell kroppssubstans och på så sätt ha övergått till organiska fosforföreningar som med tiden blivit alltmera svårlösliga. Ett liknande skeende, ehuru ej lika tydligt, tycks ha förekommit för kärlförsöket (tabell 22).

Mängden fosfor i omgivande åker, som fått fosfor i enlighet med brukarens intentioner under hela försöksperioden, var i natriumhydroxidfraktionen ungefär lika stor som i det obehandlade ledet i fältförsöket, som inte hade fått fosfor på tio år. Detta gäller den organiska delen och totalmängden. Den oorganiska delen i NaOH-fraktionen var dock signifikant högre i omgivande åker än i obe-

handlat led och detta är troligen en positiv effekt av tillförd handelsgödsel fosfor. Det vid avslutningen av försöket uppmätta P-AL-talet i kontrolledet var också högt (tabell 3 och 13). Det fanns alltså mycket ganska löslig fosfor i jorden från början.

Extraktion med saltsyra avlägsnade dock väsentligt mycket mindre fosfor från det obehandlade ledet jämfört med från omgivande åker. I omgivande åker fanns alltså mycket fosfor bunden i mera svårslöslig form.

I Fosforkalk-behandlade led fanns mera fosfor kvar i NaOH-fraktionerna, främst i den organiska än i omgivande åker. Om-sättningen av fosfor i marken, vilken berodde av mikroorganis-merna och av den mängd fett och andra näringsämnen som fanns i restprodukterna, ledde till att den tillförda fosfor fastlades i mera lösliga fraktioner än om den gavs i form av mineralgödsel till den omgivande marken.

Jämförelser mellan Hedley-fraktioneringarna i kärlförsöket och fält-försöket

Det är, generellt sett, förenat med vissa svårigheter att mera direkt jämföra resultat i kärl- och fältförsök. Givor, klimat och använda jordar stämmer inte överens. Dock kan man finna likartade tendenser i resultaten från de båda försöksformerna i Karlshamns-material-let.

De lättast jämförbara försöksleden är: Obehandlat led, Fosforkalk 1982 i kärlförsöket och Fosforkalk enkel giva vår i fält.

Den tillförda fosfor i kärlförsöket och fältförsöket reagerade ganska lika.

Dock kan man finna en proportionellt sett mindre mängd fosfor i de mera lösliga NaHCO_3 -fraktionerna för Fosforkalk-ledet i kärlförsöket än för den enkla givan av Fosforkalk i fältförsöket. Detta styrks av signifikanstesterna, vilka visar på säkra skillnader mellan behandlat och obehandlat led för dessa fraktioner i fältförsöket (tabell 23) men inte i kärlförsöket (tabell 22) innebärande att i kärlförsöket förbrukades mera av den lösliga fosfor under försöksperioden än i fältförsöket. Detta förklaras av att utodlingen av

fosfor är kraftigare i kärlförsök än i under fältförhållanden.

En stor del av den i jorden kvarvarande Fosforkalkfosfor vid kärlförsökets slut återfanns i stället i vad som i tabellen benämns den "icke labila" fraktionen, dvs. den fraktion man fick vid sammanlagning av natriumhydroxid- och saltsyreextaherad fosfor.

Denna del av markfosfor brukar betraktas som svårslöslig. Trots detta levererade Fosforkalkleden ännu fem år efter den sista tillförseln så stora fosformängder till grödan att uthålliga skördeökningar fortfarande erhöles.

SUMMARY

FIELD, POT AND LABORATORY EXPERIMENTS WITH PHOSFORKALK FROM KARLSHAMN LTD.

Phosforkalk is the trade name of a residue sludge product, rich in Phosphorus, Lime and Magnesium, which Karlshamn obtain when they process and purify fats and oils from rape seed or other more exotic raw materials of fat production for human consumption.

Many years ago the company used to treat the sludge as a waste of no practical use, but today they have the philosophy to return as much as possible of their residue products back to the farm land from which they originally came.

Initially there were two residual products, Phosforkalk and Kalk-bioslam, with slightly different qualities. Gradually the purification processes were improved and the two products could be merged into one product, Phosforkalk.

In order to find out which application rates were most suitable, and to see if there were any secondary effects, the Swedish University of Agricultural Sciences, especially the Division of Soil Fertility, initiated a research project with Karlshamn.

During 1982-92 two long-term and nineteen short-term field trials, one long-term pot trial and several laboratory investigations were performed. The sludge products were carefully examined and recommendations issued for their use.

Beside crop nutrients, there was also a fat content in Phosforkalk. This caused some problems when applied to the soil because of its tendency when being metabolized by microbes, to bond inorganic nitrogen, which otherwise would have been used by the crop.

Therefore, in the short-term field trials the farmer was required to fertilize with about 40 N kg/ha extra nitrogen if he applied Phosforkalk in the spring. Use of Phosforkalk in autumn, or on a dairy or pig farm with dung, needed no extra nitrogen, whatever the season.

The residue products should be applied to the soil in an amount of five ton of residue sludge DM every fifth year, according to the recommendations of the National Environmental Protection Agency.

In the long-term field trials, as well as in the short-term ones and in the pot trial, there were concordant crop responses of about 10 percent a year. These effects persisted for at least a five-year period in the long-term field trials and still longer in the pot trial.

In one of the long-term trials, after a second application of Phosphorus, a second application for another five-year period, the crop response in the beginning was low, but for the last years of this second period it increased again.

Crops with a long growing period, i.e. potatoes and winter wheat, had the best benefit from these products.

Chemical fractionation according to Hedley et al. of soil phosphorus from three treatments of one of the long-term field trials, and from three treatments of the pot trial, showed that the easily soluble phosphorus in the Phosphorus gradually turned into more difficultly soluble forms when applied to the soil. However, after ten or eleven years, there was still a return of phosphorus from the more insoluble fractions to the soluble ones.

Cadmium and Nickel contents in Phosphorus and in some harvest products were examined and considered small and harmless for human beings.

Soil structure strength after application of Phosphorus was estimated by measuring the shearing resistance according to Shaffer et al. There was significantly higher structure strength - even several years after application - on plots treated with Phosphorus. This would facilitate soil management.

Leaching experiments in the laboratory showed increased phosphorus leaching, mostly in organic forms, after addition of Phosphorus. Leaching diminished after some months.

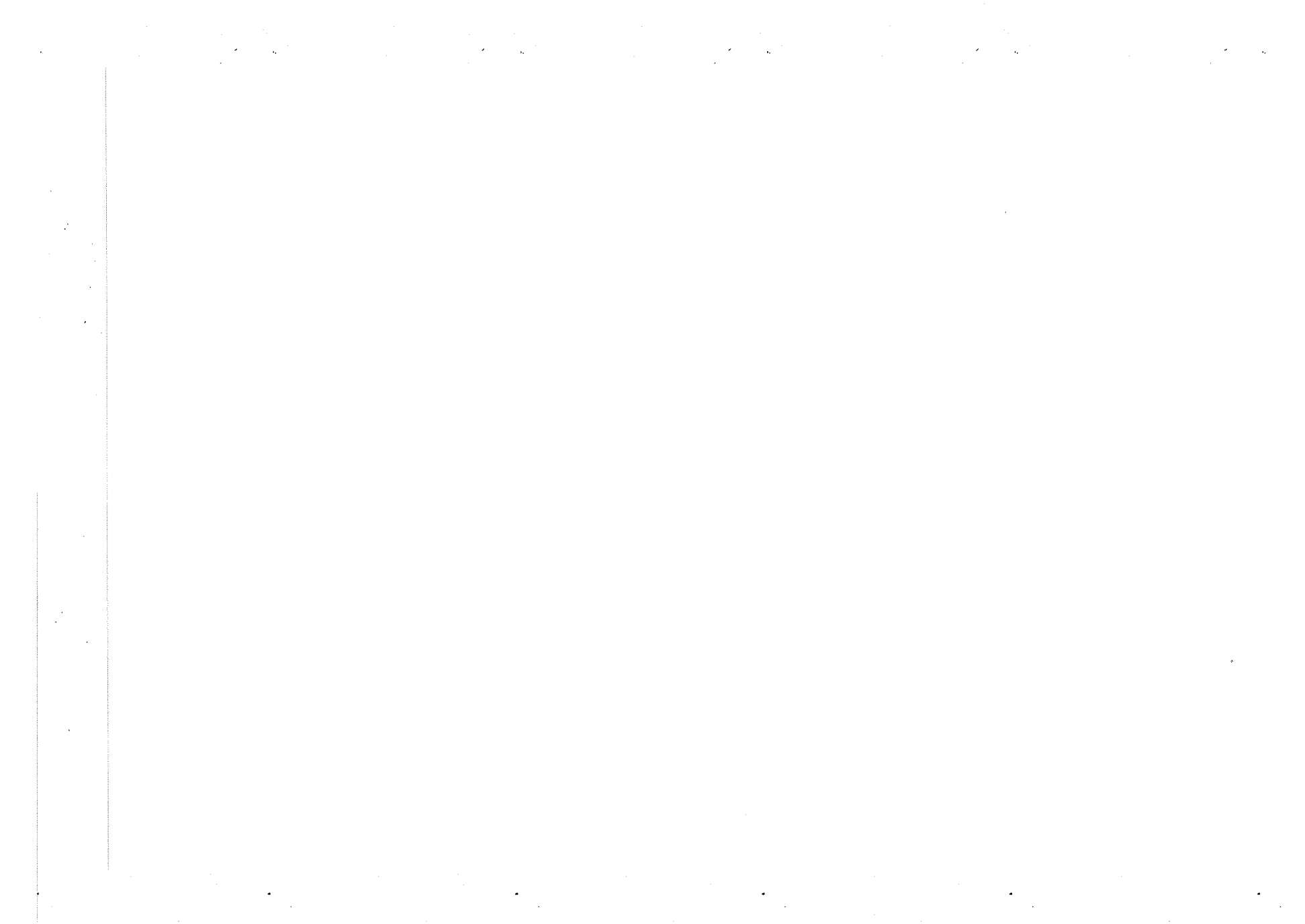
REFERENSER:

- Egnér, H., Riehm, H. & Domingo, W.R. 1960. Untersuchungen über die Bodenanalyse als Grundlage für die Beurteilung des Nährstoffzustandes der Böden II: Chemische Extraktionsmethoden zur Phosphor- und Kaliumbestimmung. K. Lantbr.-Högsk. Annlr 26, 199-215.
- Hedley, M.J., Stewart, J.W.B. & Chauhan, B.S. 1982. Changes in inorganic and organic soil phosphorus fractions induced by cultivation practices and laboratory incubations. Soil Sci. Soc. Am. J. 46, 970-976.
- Ivarsson, K. 1989. Large amounts of soil phosphorus- difficult for the plant to utilize. Dissertation. Swedish University of Agricultural Sciences, Dept of Soil Sciences, Div of Soil Fertility. Uppsala.
- Mattsson, L. 1987. Long-term effects of N fertilizer on crops and soils. Dissertation. Swedish University of Agricultural Sciences, Dept of Soil Sciences, Div of Soil Fertility. Uppsala.
- Nordh, M. 1982. Försök med slam från AB Karlshamns oljefabriker. Examensarbete. Sveriges lantbruksuniversitet, Inst f Markvetenskap, avd f Växtnäringslära. Uppsala.
- Ottabong, E. 1990. Chemistry of Cr in some Swedish soils. 6. Native P transformation and changes in pH and cation exchange capacity in two soils incubated with potassium chromate. Commun. in Soil Sci. Plant Anal. 21 (9&10), 687-703.
- Persson, B. 1994. Vattenverksslams inverkan på tillgängligheten av fosfor i marken. Examensarbete. Sveriges lantbruksuniversitet, Inst f Markvetenskap, avd f Växtnäringslära. Uppsala.
- Schaffer, G. 1967. Determination of structure strength by measuring the shearing resistance. West European Methods for Soil Structure Determinations VI, 4-5, Ghent

Tiessen, H., Stewart, J.W. & Cole, C.V. 1984. Pathway of phosphorus transformation in soils of differing pedogenesis. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 48, 853-858.

Ulén, B. 1986. Lakning av fosfor ur jordar. Sveriges lantbruksuniversitet, Inst f Markvetenskap, avd f vattenvård, Ekohydrologi 21, s 32-39.

Ulén, B. 1991. Lakningsbenägenheten för fosfor hos jordar som gödslats med Fosforkalk. Stencil. Sveriges lantbruksuniversitet, Inst f Markvetenskap, avd f vattenvård.



Förteckning över samtliga rapporter erhålles kostnadsfritt. I mån av tillgång kan tidigare nummer köpas från avdelningen.

A list of all Reports can be obtained free of charge. If available, issues can be bought from the division.

- 180 1991 Lennart Mattsson: Effekter av årlig halmtilförsel på mark och gröda.
Effects of annual straw application on soils and crops.
- 181 1991 Lars Gunnar Nilsson: Nitrifikationshämmare - flytgödsel.
Nitrification inhibitors - slurry.
- 182 1991 Lennart Mattsson: Nettomineralisering och rotproduktion vid odling av några vanliga lantbruksgrödor.
Nitrogen mineralization and root production in some common arable crops.
- 183 1991 Magnus Hahlin: Kaliumgödslingseffektens beroende av balansen mellan kalium och magnesium. II. Fältförsök, serie R3-8024.
Influence of K/Mg-ratios on the effect of potassium fertilization. Field experiments R3-8024.
- 184 1991 Käll Carlgren: Skördeeffekter och pH-inverkan av fem kvävegödselmedel studerade i ett långliggande fältförsök.
Influence on yield and soil pH-value from five nitrogen fertilizers studied in a long-term field trial.
- 185 1992 Enok Haak och Gyula Simán: Fältförsök med Øyeslagg.
Field experiments with Øyeslagg.
- 186 1992 Lennart Mattsson: Effekter av halm- och kvävetillförsel på mulhalt, kvävebalans och skörd i ett långliggande fältförsök i Uppland.
Effects on soil organic matter content, N balance and yield of straw and N additions in a long term experiment in Central Sweden.
- 187 1992 Lars Gunnar Nilsson och Magnus Hahlin: Modell för beräkning av växttillgänglig fosfor-P-AL på basis av ICP-analys.
A model for calculation of plant available phosphorus in soil according to AL/standard and AL/ICP.
- 188 1992 Enok Haak och Gyula Simán: Fältförsök med kalkning av fastmarksjordar till olika basmättnadsgrad.
Field experiments with liming of mineral soils to different base saturation.
- 189 1992 Lennart Mattsson och Tomas Kjellquist: Kvävegödsling till höstvetete på gårdar med och utan djurhållning.
Nitrogen fertilization of winter wheat on farms with and without animal husbandry.
- 190 1992 Christine Jakobsson och Börje Lindén: Kväveeffekter av stallgödsel på lerjordar.
Nitrogen effects of manure on clay soils.

- 191 1992 Magnus Hahlin och Erik Svensson: Radmyllning av NPK till fabrikspotatis. Resultat från försöksserie FK-1290. Samarbetsprojekt mellan Försöksavdelningen för växtnärlingslära och Fabrikspotatiskommittén.
Placed application of NPK fertilizer to starch potatoes. Results from field experiment project FK-1290.
- 192 1993 Enok Haak: Fältförsök med kalkning av fastmarksjordar i Norrland.
Field experiments with liming of mineral soils in North Sweden.
- 193 1994 Barbro Beck-Friis, Börje Lindén, Håkan Marstorp och Lennart Henriksson: Kväve i mark och grödor i odlingsystem med fånggrödor. Undersökningar på en sandjord i södra Halland.
Nitrogen in soil and crops in cropping systems with catch crops. Studies on a sand soil in Halland in south-west Sweden.
- 194 1994 Enok Haak, Börje Lindén & Per Johan Persson: Kväveflöden i olika odlingsystem. Försök på Lanna, Skaraborgs län.
Nitrogen flow in different cultivation systems. A field experiment at Lanna Research Station in south-west Sweden.
- 195 1995 Käll Carlgren & Jan Persson: Fält-, kärl- och laboratorieundersökningar med Fosforkalk från Karlshamn.
Field, Pot and Laboratory Experiments with Phosforkalk from Karlshamn Ltd.

I denna serie publiceras forsknings och försöksresultat från avdelningen för växtnäringlära, Sveriges lantbruksuniversitet. Serien finns tillgänglig vid avdelningen och kan beställas därifrån.

This series contains reports of research and field experiments from the Division of Soil Fertility, Swedish University of Agricultural Sciences. The series can be ordered from the Division of Soil Fertility.

DISTRIBUTION:

Sveriges lantbruksuniversitet
Avdelningen för växtnäringlära
750 07 Uppsala

Tel. 018-671249
