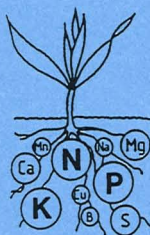




# Fältförsök med koppargödsling

## Field experiments with copper fertilization

Käll Carlgren



---

Institutionen för markvetenskap  
Avd för växtnäringslära

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

Rapport 203  
Report

Uppsala 2003  
ISSN 0348-3541  
ISRN SLU-VNL-R—203-SE

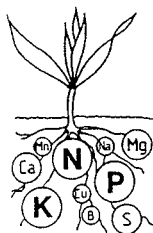
---



# Fältförsök med koppargödsling

## Field experiments with copper fertilization

**Käll Carlgren**



---

**Institutionen för markvetenskap  
Avd för växtnäringslära**

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

**Rapport 203  
Report**

**Uppsala 2003  
ISSN 0348-3541  
ISRN SLU-VNL-R—203-SE**

---

# INNEHÅLLSFÖRTECKNING

Abstract	4
Sammanfattning	5
Inledning	6
Något om koppar i jord och växt	6
Äldre fältförsök med koppargödsling	
Försök på 1920- och 1930-talet	7
Riks- och länsförsök på 1940- och 1950-talet	7
Riks- och länsförsök 1963 – 72	7
Riksförsök i Norrland 1980 – 84	8
Nu rapporterade försök i södra Sverige	
Undersökningens utförande	8
Statistiska metoder	9
Förutsättningar	9
Jordegenskaper och odlade grödor	11
Resultat och diskussion	
Hela försöksmaterialet	13
Cu-effekter vid olika kopparhalt i matjorden	15
Cu-effekter vid olika mullhalt	16
Cu-effekter vid olika kaliumhalt	17
Cu-effekter vid olika fosforhalt	19
Cu-effekter vid olika pH-värde	20
Ekonomiskt stöd	22
Litteratur	22

## Abstract

Facts about Cu in plant and soil are briefly reviewed and results from already compiled Cu field trials performed during 1963-1984 and earlier were surveyed.

The present field experiments were mainly situated on light mineral soils with moderate contents of organic matter. Spring barley or oats were the main crops. Copper was applied to soil as copper sulphate ( $\text{CuSO}_4$ ), separately or together with PK-fertilizers before sowing, or by foliar application. Totally 18 experimental treatments in three series were in the compilation reduced to five "Cu-intervals", ordinarily fertilized with nitrogen and phosphorus/potassium.

It was stated that a fairly large application ( $12 \text{ kg ha}^{-1} \text{ Cu}$ ) was needed to receive a significant Cu fertilization effect.

Influences of variations in soil organic matter content, content of easily soluble copper, potassium or phosphorus in soil, or of soil pH on Cu fertilization effects were examined. Minor content of soil copper, high soil pH or high soil PK status generally tended to increase Cu fertilization effects.

The greater Cu-effects on soils of high nutritional status could be explained by a heavier use of NPK fertilizers after World War II, consequently causing large withdrawals of grain yields and soil copper.

# Sammanfattning

Först beskrevs några grundläggande fakta om koppar i mark och växt och resultat från äldre fältförsök med koppar.

Skördeökningen för koppargödsling i de äldre försöken med stråsäd var vanligen ett par procent, maximalt kunde den uppgå till 5-6 procent

När grödan var vall blev skördeökningen osäker

Varaktigheten hos en ordinär koppargiva uppskattades till sex år. Sedan blev koppartalet i marken lågt igen

21 fältförsök med koppargödsling till stråsäd utlagda åren 1971-73 sammanställdes

Alla försök utom ett (på en mulljord) låg på lätta, måttligt mullhaltiga jordar de flesta med  $\text{pH} \geq 5,8$

Relativa skördar för en koppargiva på 6-9 eller 12 kg ha<sup>-1</sup> var säkert skilda från skörden för ledet utan koppargödsling.

Skördeökningen uppgick i regel till ett par procent

Signifikant högre Cu-effekter fanns vid måttlig eller hög mullhalt

Tendenser fanns också till högre Cu-effekter på näringsrika jordar (jordar med höga K-AL- eller P-AL-tal eller höga pH-värden) och vid låga Cu-tal i marken

Detta tillskrevs den sedan lång tid pågående utarmningen av koppar på näringsrika jordar där höga skördar tagits ut.

Någon tendens till samvariation mellan högt K-AL- eller P-AL-tal och lågt halt av växttillgänglig koppar i matjorden fanns dock ej

Att ett sådant samband ej hittades kan bero på att bestämningen av halten växttillgänglig koppar i matjorden genom extraktion med varm 2 M HCl är en alltför grov metod för att fånga upp de skillnader det här var fråga om

## Inledning

Med denna rapport vill Avdelningen för växtnäringslära ge en samlad redovisning av hittills utförda fältförsök med koppargödsling. Tidigare publicerade resultat från riks- och länsförsök diskuteras och tre länsförsöks-serier i södra Sverige, som tidigare ej bearbetats statistiskt, sammanställs. För närvarande pågår inga fältförsök med koppargödsling vid avdelningen.

I detta sammanhang bör dock nämnas att i Avdelningen för växtnäringsläras långliggande bördighetsstudier pågår ett projekt där frågan om hur höga skördar, medförande stora uttag av bl. a. koppar, påverkar koppartillståndet i odlingsjordarna på sikt. Resultatet från denna undersökning redovisas i Avdelningen för växtnäringsläras rapportserie (Persson & Carlgren, 2003).

## Något om koppar i jord och växt

Koppar är ett av våra livsnödvändiga mikronäringsämnen och finns naturligt i små mängder både i odlade jordar, fodermedel och födoämnen. I en brittisk undersökning, citerad av Mengel & Kirkby (1978) där kopparhalten i matjord undersöktes, varierade totalhalten koppar mellan 5 och 50 mg koppar (Cu) per kg jord med ett medianvärde på ca 30 mg. I marklösningen förekommer koppar bunden till organiska komplex, ungefär 98 %, eller som fri kopparjon, 2 % (Mengel & Kirkby, 1978).

I mineraljordar återfinns växttillgänglig koppar till största delen bunden till mullen. Lerjordar innehåller oftast tillräckligt med koppar men på lätta jordar med högt pH-värde är halten växttillgänglig koppar vanligen låg. Organogena jordar har, trots sin höga mullhalt, ofta ett lågt kopparinnehåll.

En ordinär spannmålsgröda på 5500 kg ha<sup>-1</sup> innehåller 20 - 100 g koppar.

I växten finns koppar i små mängder som organiska kelat, tillsammans med organiska syror såsom citron- eller vinsyra, och i enzymer. Kopparjonen fungerar i växtens ämnesomsättning som elektronöverförare i cellernas kloroplaster vid elektrontransporterna i fotosyntesen. Koppar ändrar nämligen lätt sitt valenstal (från envärd till tvåvärd jon eller tvärtom).

Växten tar upp kopparjonen aktivt, dvs. den följer ej passivt med vätskeströmmen när växten tar upp vatten och växtnäring, utan upptagningen är en långsamgående metabolisk process och jonen transporteras sedan bara sakta mellan olika växtdelar. Vid akut brist kan koppar därför endast med svårighet överföras från äldre växtdelar ut till tillväxtpunkterna. Kopparbrist registreras därför först i de yngsta växtdelarna (gulspetssjuka hos strå-

säd). Dock avbryts inte växtens vegetativa utveckling, men man får i stället en hög andel "blindax" och sänkt kärnskörd. Skörden i vall påverkas inte lika mycket av kopparförekomsten i marken men kopparbrist i vallskördarna är en faktor att vara observant på i djurfodret.

Kopparbrist i marken uppstår lättare under torrår än fuktiga år. Man kan förbättra kopparsituationen genom att gödsla med kopparsulfat,  $\text{CuSO}_4$ , eller - vid akut kopparbrist - genom att bladgödsla med ett kopparkelat eller kopparsulfat upplöst i vatten.

## Äldre fältförsök med koppargödsling

### Försök på 1920- och 1930-talet

De första fältförsöken med koppargödsling i Sverige utfördes en tid efter att koppars livsnödvändiga funktioner hos djur och människor upptäckts. Dessa försök utfördes i begränsad skala (Lundblad & Johansson, 1956).

### Riks- och länsförsök på 1940- och 1950-talet

På 1940- och 1950-talet utfördes fältförsök med koppargödsling i Statens jordbruksförsöks regi. 629 fältförsök, varav 343 i havre och korn i hela landet, sammanställdes av Lundblad & Johansson (1956). Skörderesponsen för koppargödsling var i dessa fältförsök ofta god men olika markegenskaper, såsom det lättlösliga kalium- och fosforinnehållet, pH-värdet i matjorden eller mullhalten påverkade också koppargödslingseffekten.

### Riks- och länsförsök 1963 - 1972

På 1960-talet anlades en riks- och en länsförsöksserie med koppargödsling (R3-6001 resp. L3-6001). Grödan i dessa försök var mestadels stråsåd.

År 1963 utlades åtta riks-försök i serie R3-6001. Koppar tillfördes startåret och försöken kvarlåg sedan under sex år, fram till år 1969 för uppskattning av efterverkans-effekterna. De låg på lätta mineraljordar och hade fyra försöksled: 0, 2,5, 7,5 och 22,5 kg koppar per hektar. Serien resulterade i sammanlagt i 51 försöksskördar. Från de två lägsta upp till den näst högsta givan erhöles som genomsnitt för hela perioden ett par procents skördeökning med de högsta skördeökningarna under de första åren. För den högsta koppargivan, 22,5 kg/ha, steg skörden ibland ytterligare ett par procent och åren 1965 och 1969 ökade skörden med i medeltal för de åtta försöken med så mycket som sex procent. Efterverkan av den tillförda kopparn på skörden var alltså god men koppartalet i marken, som under startåret hade ökat

genom gödslingsåtgärderna, minskade successivt de följande åren för att slutåret 1969 inta nästan samma värde som vid starten 1963, detta även efter den högsta koppargivan (Nilsson 1973). Effekterna av koppargödslingen varade alltså i dessa försök sex år, dock var skördenivån sedd med dagens ögon ganska låg, 2500 – 3500 kg kärna per hektar.

Länsförsöksserien L3-6001 med samma försöksdesign som riksförsöksserien pågick under perioden 1969-1972. Här erhöles signifikanta skördeökningar på ett par procent efter tillförsel av 7,5 upp till 22,5 kg ha<sup>-1</sup> Cu. De största skördeökningarna återfanns vid de lägsta Cu-halterna i marken. Sammanlagt 30 försöksskördar redovisades från denna försöksserie (Nilsson 1973).

### Riksförsök i Norrland 1980 - 1984

År 1980 startade en riksförsöksserie i Norrland med koppargödsling till vall (R3-6019). Serien hade samma fyra försöksled som 3-6001, nämligen 0, 2,5, 7,5 och 22,5 kg Cu per hektar. 12 försök lades ut i insåningsgrödan eller vall I. Efterverkan av gödslingsåtgärderna följdes upp till fyra år i vallgrödorna.

Dessa försök gav ej några statistiskt säkra koppargödslingseffekter på skörden. Detta stämmer väl överens med vad man idag vet om koppargödslingseffekten i olika grödor.

Koppar påverkar nämligen inte skördeutfallet så mycket när grödan är vall eftersom skörden då mest beror av växtens vegetativa utveckling. Vid kopparbrist och när grödan är stråsåd påverkas huvudsakligen kärnskorde negativt på grund av ofullständigt matade ax (Lundblad & Johansson 1956).

Sedan de senaste länsförsöken med koppar avslutades år 1984 har Avdelningen för växtnäringslära ej medverkat i några fältförsök med koppar.

## Nu rapporterade försök i södra Sverige

### Undersökningens utförande

År 1971-1979 utfördes i södra Sverige ett antal länsförsök med koppargödsling till stråsåd (serierna L3-6010 och L3-6011 i Skåne och L3-6013 i Blekinge). Ett alltför litet antal försök ingick i varje serie för att man skulle kunna göra en meningsfull statistisk bearbetning. En gemensam sammanställning försvårades också av att försöksleden varierade mellan de enskil-



da serierna så att antalet observationer per försöksled även av denna orsak blev för litet. Genom att sammanföra flera försöksled med näraliggande koppargivor till fem bredare "Cu-intervall" erhöles så många observationer i varje intervall att statistiska analyser kunde genomföras.

Av totalt 18 försöksled i de tre serierna bildades fem Cu-intervall med stigande koppargödsling. Ett nytt arbetsmaterial bildades som fick ett bredare spektrum av jordarter, pH-värden och Cu-halter i matjorden mm. än de enskilda serierna hade var för sig. Ett oavvisligt krav ställdes därvid på de ingående försöken nämligen att det s.k. medelfelet, ett mått på försöksplatsens och försökets jämnhet, inte fick överstiga fem procent. Sammanställningen kom att omfatta 21 st försök utförda åren 1971 – 1973 med förstaårseffekter av koppargödsling.

### Statistiska metoder

Enkel variansanalys användes. Duncan-gradering ( $P \leq 0,05$ ) utnyttjades för att fastställa eventuell statistisk signifikans mellan medeltal för olika grupper av Cu-intervall eller försök (SAS Institute 1989).

### Förutsättningar

I tabell 1a-1c redovisas hur näraliggande försöksled i de tre försöksserierna fördelades på de fem Cu-intervallen. Koppartillförseln varierade mellan 1 och 12 kg ha<sup>-1</sup> Cu. Det fanns således ett ganska brett spektrum koppargivor tillförda före sådd (Cu-intervall nr 2-4, tabell 1a-1c). Kopparn tillfördes som kopparsulfat, Cu(SO<sub>4</sub>)<sub>2</sub> eller tillsammans med fosfor och kalium i form av Super PKCu 8-15-0,5.

Till Cu-intervall nr 5 sammanfördes två behandlingar med ganska olika Cu-intensitet, 3 och 8 Cu, kg ha<sup>-1</sup>, med den gemensamma egenskapen att koppartillförseln skedde genom bladgödsling. Bladgödslingen utfördes med preparatet Ob 21 som numera är utgången från marknaden. Preparatets eventuella samtidiga effekt på olika svampsjukdomar, vilken också kunde ha påverkat skörden, undersöktes inte separat.

Som jämförelseintervall användes några försöksled som inte fått koppar men som erhållit 350-600 kg PK 8-15 (Cu-intervall nr 1, tabell 1a-1c). Fosfor- och kaliumgivorna varierade alltså en del men PK tillfördes ofta som Super PK 8-15 (tabell 1a – 1c).

Tabell 1a. Serie L3-6010. Ursprungliga Cu-gödslingsled och använda Cu-intervall i undersökningen

Table 1a. Series L3-6010. Original Cu-treatments and applied Cu-intervals of the investigation

Ursprungligt Cu-försöksled <i>Original Cu-treatment</i>	Använt Cu-intervall <i>Applied Cu-interval</i>
1 0 Cu, 600 kg ha <sup>-1</sup> Super PK 8-15	1
2 3 Cu i Cu(SO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> , kg ha <sup>-1</sup> , + 600 kg ha <sup>-1</sup> Super PK 8-15	2
3 3 Cu i 600 kg ha <sup>-1</sup> Super PKCu 8-15-0,5	2
4 9 Cu i Cu(SO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> , kg ha <sup>-1</sup> , + 600 kg ha <sup>-1</sup> Super PK 8-15	3
5 9 Cu i 1800 kg ha <sup>-1</sup> Super PKCu 8-15-0,5	3
6 0 Cu, 1800 kg ha <sup>-1</sup> PK 8-15	-

Tabell 1b. Serie L3-6011. Ursprungliga Cu-gödslingsled och använda Cu-intervall i undersökningen

Table 1b. Series L3-6011. Original Cu-treatments and applied Cu-intervals of the investigation

Ursprungligt Cu-försöksled <i>Original Cu-treatment</i>	Använt Cu-intervall <i>Applied Cu-interval</i>
1 0 Cu, PK	1
2 2,55 Cu, kg ha <sup>-1</sup> i Cu(SO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> + PK	2
3 7,65 Cu, kg ha <sup>-1</sup> i Cu(SO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> + PK	3
4 2,55 Cu, kg ha <sup>-1</sup> bldg. med <sup>a</sup> Ob21+ PK	5
5 7,65 Cu, kg ha <sup>-1</sup> bldg. med <sup>a</sup> Ob21 + PK	5

<sup>a</sup> bldg med = bladgödsling med. Tillförd PK-gödsel per försök varierade mellan 25-85 P och 50-125 K, kg ha<sup>-1</sup>. <sup>a</sup> = Foliar application with. Applied PK-fertilizers per trial varied between 25-85 P and 50-125 K, kg ha<sup>-1</sup>

Tabell 1c. Serie L3-6013. Ursprungliga Cu-gödslingsled och använda Cu-intervall i undersökningen

Table 1c. Series L3-6013. Original Cu-treatments and applied Cu-intervals of the investigation

Ursprungligt Cu-försöksled <i>Original Cu-treatment</i>	Använt Cu-intervall <i>Applied Cu-interval</i>
1 0 Cu, 0 PK	-
2 0 Cu, 200 kg ha <sup>-1</sup> Super PK 8-15	-
3 0 Cu, 400 kg ha <sup>-1</sup> Super PK 8-15	1
4 1 Cu i 200 kg ha <sup>-1</sup> Super PKCu 8-15-0,5	2
5 2 Cu i 400 kg ha <sup>-1</sup> Super PKCu 8-15-0,5	2
6 6 Cu, kg ha <sup>-1</sup> i Cu(SO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> + 400 kg ha <sup>-1</sup> PK 8-15	3
7 12 Cu, kg ha <sup>-1</sup> i Cu(SO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> + 400 kg ha <sup>-1</sup> PK 8-15	4

Cu-intervall nr 1 med enbart PK-gödsling användes som jämförelseled när hela försöksmaterialet behandlades (tabell 6a-6b). I andra fall, tabell 7a-11c, där de olika koppargödslingsmetoderna jämfördes med varandra under varierande markförhållanden, där de ej koppargödslade leden inte borde ingå i grupperna och påverka jämförelsen, utelämnades Cu-intervall nr 1 med enbart PK-gödsling. Det fanns dock indirekt med även då, eftersom relativa skördar och faktiska skördeökningar av kärna alltid beräknades i jämförelse med PK-intervallet (tabell 7b-11b resp. 7c-11c).

### Jordegenskaper och odlade grödor

20 försöksplatser låg på lätta jordar. Endast ett försök låg på lerjord, en lättlera. Runt hälften av försöken hade en mullhalt mellan 3 och 6 procent, tre försök hade lägre mullhalt och sex högre. En mulljord fanns i filen. De förhärskande jordtyperna var alltså måttligt mullhaltiga, lätta jordar. Endast fyra försök hade ett pH-värde understigande 5,8 mätt i vattenlösning. Kopparkhalten i matjorden, bestämd genom extraktion med varm 2 M HCl, var i 10 av försöken mindre än 6, i tre av försöken 6 till 8 och i fyra försök större än 8 (tabell 2). För fyra försök, den enda lerjorden och tre av de lätta jordarna saknades uppgiften. För lerjorden sattes därför koppartalet schablonmässigt till mellan 6 och 8 och för de lätta jordarna sattes talet till mindre än 6. Jordar med ett koppartal lägre än 6 brukar betecknas som bristjordar.

Tabell 2. De 21 försöksplatsernas jordegenskaper  
Table 2. Soil characteristics of the 21 trial sites

Lerhalt, %, grupp Clay, %, group	Mullhalt, % OM, %			pH(H <sub>2</sub> O) pH(H <sub>2</sub> O)		Cu i matjord, mg kg <sup>-1</sup> Cu in top soil, mg kg <sup>-1</sup>		
	<3	3-6	>6	≤5,7	≥5,8	<6	6-8	>8
> 15	-	1	-	-	1	1	-	-
≤ 15	3	11	6	4	16	13	3	4
Summa Sum	3	12	6	4	17	14	3	4

I två försök var grödan vårvete, i 14 vårkorn och i fem försök havre (tabell 3). Den absoluta skördenivån och skördeökningen var i medeltal högst för vårvetet, ungefär 4700 resp 320 kg ha<sup>-1</sup>. För havre och korn var dessa parametrar något mindre, ungefär 3000 och 100 kg ha<sup>-1</sup> resp. 3900 och 180 kg ha<sup>-1</sup> (tabell 4a och 4b).

Tabell 3. Försöksserier och grödor  
*Table 3. Trial series and crops*

Gröda <i>Crop</i>	Försöksserie <i>Trial series</i>			
	L3-6010	L3-6011	L3-6013	Summa <i>Sum</i>
Vårvete <i>Spring wheat</i>	-	-	2	2
Vårkorn <i>Spring barley</i>	1	10	3	14
Havre <i>Oats</i>	1	4	-	5
Summa <i>Sum</i>	2	14	5	21

Tabell 4a. 21 fältförsök med koppar 1971-73. Kärnskörd, kg ha<sup>-1</sup>. Medeltal för alla intervall. Medeltal åtföljda av olika bokstäver är signifikant skilda åt  
*Table 4a. 21 field trials with copper 1971-73. Grain yield, kg ha<sup>-1</sup>. Means of all intervals. Means followed by different letters are significantly different*

Gröda <i>Crop</i>	n	Kärnskörd <i>Grain yield</i>
Vårvete <i>Spring wheat</i>	8	4690 <sup>a</sup>
Vårkorn <i>Spring barley</i>	55	3900 <sup>b</sup>
Havre <i>Oats</i>	19	3060 <sup>c</sup>
LSD		311

Tabell 4b. 21 fältförsök med koppar 1971-73. Skördeökning av kärna, kg ha<sup>-1</sup> för koppargödsling i grödorna i undersökningen. Medeltal av alla koppargödslande intervall. Medeltal åtföljda av olika bokstäver är signifikant skilda åt  
*Table 4b. 21 field trials with copper 1971-73. Grain yield increase, kg ha<sup>-1</sup>, for Cu-fertilization of the crops in the investigation. Means of all Cu-fertilized intervals. Means followed by different letters are significantly different*

Gröda <i>Crop</i>	n	Skördeökning <i>Yield increase</i>
Vårvete <i>Spring wheat</i>	6	323 <sup>a</sup>
Vårkorn <i>Spring barley</i>	41	182 <sup>ab</sup>
Havre <i>Oats</i>	14	105 <sup>b</sup>
LSD		142

## Resultat och diskussion

### Hela försöksmaterialet

De absoluta skördarna i medeltal för alla koppargödslade Cu-intervall var signifikant olika för de tre åren (tabell 5a). Också Lundblad & Johansson (1956) fann att den absoluta Cu-gödslingseffekten kunde variera signifikant mellan olika skördeår.

Dock var de relativa skördarna för koppargödsling, när årsmånseffekterna alltså räknats bort, ej signifikant skilda från varandra (tabell 5b). Ej heller skördeökningarna i  $\text{kg ha}^{-1}$  för koppargödsling skilde sig signifikant åt mellan olika år (tabell 5c). Det fanns således inga tydliga årsvariationer mellan koppargödslingseffekterna.

Tabell 5a. 21 fältförsök med koppar 1971-73. Skörd av kärna,  $\text{kg ha}^{-1}$ , i Cu-gödslade intervall. Uppdelning efter skördeår. Skördar åtföljda av olika bokstäver är signifikant skilda åt

*Table 5a. 21 field trials with copper 1971-73. Grain yield  $\text{kg ha}^{-1}$ , in Cu-fertilized intervals divided according to cropping year. Yields followed by different letters are significantly different*

År Year	n	Kärnskörd Grain yield
1971	16	3880 <sup>ab</sup>
1972	27	3665 <sup>b</sup>
1973	18	4050 <sup>a</sup>
LSD		272

Tabell 5b. 21 fältförsök med koppar 1971-73. Relativ kärnskörd i Cu-gödslade intervall. Uppdelning efter skördeår. Relativtal åtföljda av samma bokstav är ej signifikant skilda åt

*Table 5b. 21 field trials with copper 1971-73. Relative grain yield in Cu-fertilized intervals divided according to cropping year. Relative numbers followed by the same letter are not significantly different*

År Year	n	Relativ skörd Relative yield
1971	16	106,8 <sup>a</sup>
1972	18	104,9 <sup>a</sup>
1973	27	104,7 <sup>a</sup>
LSD		ns

De absoluta skördemedeltalen olika år varierade dock signifikant mellan olika grödor men mellan de relativa skördarna fanns nästan inga sådana differenser. Endast år 1972, då vårveete och korn var grödor, visade

Tabell 5c. 21 fältförsök med koppar 1971-73. Skördeökning av kärna,  $\text{kg ha}^{-1}$ , i Cu-gödslade intervall. Uppdelning efter skördeår. Skördeökningar åtföljda av samma bokstav är ej signifikant skilda åt  
*Table 5c. 21 field trials with copper 1971-73. Grain yield increase,  $\text{kg ha}^{-1}$ , in Cu-fertilized intervals divided according to cropping year. Yield increases followed by the same letter are not significantly different*

År Year	n	Skördeökning Yield increase
1971	16	215 <sup>a</sup>
1972	27	141 <sup>a</sup>
1973	18	202 <sup>a</sup>
LSD		ns

kornförsöken, nio till antalet, i medeltal signifikant högre skörd än vårvetet, ett försök (visas ej).

Ett av de säkraste måtten för bedömning av gödslingseffekterna när man har ett försöksmaterial med skördar från flera år måste vara att beräkna de relativa skördarna. Man undviker därigenom årsmånseffekternas inflytande.

Av enskilda Cu-intervall gav  $12 \text{ kg ha}^{-1}$  Cu + PK den signifikant högsta skörden,  $4880 \text{ kg ha}^{-1}$  (tabell 6a). Värdet baserade sig på fem observationer och årsmånseffekterna fanns med. De övriga Cu-intervallens skördar, som baserade sig på betydligt flera observationer, var ej säkert skilda åt. Bladgödsling tenderade till och med att ge lite lägre absolut skörd än ej koppargödslat intervall (tabell 6a).

När de relativa skördarna för hela materialet jämfördes gick det inte att skilja 6-9 och  $12 \text{ kg ha}^{-1}$  Cu från varandra. De gav båda bra effekter (tabell 6b). Dessa två Cu-intervall skiljde sig statistiskt säkert från det ej koppargödslade intervallet men ej lika säkert från Cu-intervallen med 3-8 kg Cu bladgödslat och 1-3 kg tillfört före sådd.

Tabell 6a. 21 fältförsök med koppar 1971-73. Kärnskörd, kg ha<sup>-1</sup>, för fem Cu-intervall. För beskrivning av Cu-intervall se tabell 1a-1c. Skördar åtföljda av olika bokstäver är signifikant skilda åt

Table 6a. 21 field trials with copper 1971-73. Grain yield, kg ha<sup>-1</sup>, for five Cu-intervals For description of Cu-intervals refer to table 1a-1c. Yields followed by different letters are significantly different

Cu-intervall <i>Cu-interval</i>	n	Kärnskörd <i>Grain yield</i>
1. 350-600 kg ha <sup>-1</sup> PK 8-15	21	3630 <sup>b</sup>
2. 1-3 kg ha <sup>-1</sup> Cu + PK 8-15	21	3760 <sup>b</sup>
3. 6-9 kg ha <sup>-1</sup> Cu + PK 8-15	21	3845 <sup>b</sup>
4. 12 kg ha <sup>-1</sup> Cu + PK 8-15	5	4880 <sup>a</sup>
5. 3-8 kg ha <sup>-1</sup> Cu bldg + PK 8-15	14	3560 <sup>b</sup>
LSD		350

Tabell 6b. 21 fältförsök med koppar 1971-73. Relativ skörd för fem Cu-intervall. För beskrivning av Cu-intervall, se tabell 1a-1c. Skördenivå i ej koppargödslad led 3630 kg ha<sup>-1</sup>. Relativtal åtföljda av olika bokstäver är signifikant skilda åt

Table 6b. 21 field trials with copper 1971-73. Relative yield for five Cu-intervals For description of Cu-intervals refer to table 1a-1c. Yield level of not Cu-fertilized treatment 3630 kg ha<sup>-1</sup>. Relative numbers followed by different letters are significantly different

Cu-intervall <i>Cu-interval</i>	n	Relativ skörd <i>Relative yield</i>
1. 350-600 kg ha <sup>-1</sup> PK 8-15	21	100,0 <sup>b</sup>
2. 1-3 kg ha <sup>-1</sup> Cu + PK 8-15	21	104,0 <sup>ab</sup>
3. 6-9 kg ha <sup>-1</sup> Cu + PK 8-15	21	106,6 <sup>a</sup>
4. 12 kg ha <sup>-1</sup> Cu + PK 8-15	5	106,0 <sup>a</sup>
5. 3-8 kg ha <sup>-1</sup> Cu bldg. + PK 8-15	14	105,1 <sup>ab</sup>
LSD		4,9

Undersökningen visade ganska säkert att det behövdes en kraftig koppar-giva för att få en säker skördeeffekt (tabellerna 6a och 6b) vilket också Lundblad & Johansson (1956) påpekade.

Efterverkan av Cu-gödsling gick inte att uppskatta i föreliggande undersökning ty försöken var ettåriga. Nilsson (1973) fann i sin undersökning en efterverkansseffekt som varade i sex år.

### **Cu-effekter vid olika kopparhalt i matjorden**

När en uppdelning gjordes av försöken efter matjordens halt av växttillgänglig koppar på försöksplatsen framkom signifikanta men litet oregelbundna skillnader mellan de absoluta medelskördarna (tabell 7a). Inga

säkra skillnader fanns dock mellan de relativa medelskördarna. En tendens fanns dock till att dessa i medeltal för alla i gruppen ingående Koppargödslade intervall, var högst där kopparhalten i matjorden var lägst och vice versa (tabell 7b). Jämförelsen uppvisade samma mönster som den tidigare utförda jämförelsen mellan år och skördar (tabell 5a–5b) där de årsmånspåverkade absoluta skördarna var signifikant skilda åt, medan det för relativa skördar endast fanns tendenser till skillnader. Lundblad & Johansson (1956) fann ett mycket starkt samband mellan koppartalet i marken och den absoluta koppargödslingseffekten.

Tabell 7a. 21 fältförsök med koppar 1971-73. Kärnskörd,  $\text{kg ha}^{-1}$ , vid olika halt av växttillgänglig koppar i matjorden (Cu-HCl,  $\text{mg kg}^{-1}$  jord). Skördar åtföljda av olika bokstäver är signifikant skilda åt

Table 7a. 21 field trials with copper 1971-73. Grain yield,  $\text{kg ha}^{-1}$ , at different top soil content of crop available Cu (Cu-HCl,  $\text{mg kg}^{-1}$ ). Yields followed by different letters are significantly different

Cu-halt Cu content	n	Kärnskörd Grain yield
Låg Low (Cu-HCl <6)	40	3815 <sup>b</sup>
Medium Medium (Cu-HCl 6-8)	9	2890 <sup>c</sup>
Hög High (Cu-HCl >8)	12	4610 <sup>a</sup>
LSD		325

Tabell 7b. 21 fältförsök med koppar 1971-73. Relativ kärnskörd i vid olika halt av växttillgänglig koppar i matjorden (Cu-HCl,  $\text{mg kg}^{-1}$  jord). Relativtal åtföljda av samma bokstav är ej signifikant skilda åt.

Table 7b. 21 field trials with copper 1971-73. Relative grain yield at different top soil content of crop available Cu (Cu-HCl,  $\text{mg kg}^{-1}$ ). Relative numbers followed by the same letter are not significantly different

Cu-halt Cu content	n	Relativ skörd Relative yield
Låg Low (Cu-HCl <6)	40	106,2 <sup>a</sup>
Medium Medium (Cu-HCl 6-8)	9	104,7 <sup>a</sup>
Hög High (Cu-HCl >8)	12	102,8 <sup>a</sup>
LSD		ns

### Cu-effekter vid olika mullhalt

Lundblad & Johansson (1956) pekade bland annat på mullhaltens betydelse för effekten av koppargödsling. Vid hög mullhalt erhöll de stora koppar-effekter. De relativa skördarna i föreliggande undersökning visade också detta resultat. Vid de högsta mullhalterna återfanns de största skördarna, (tabell 8b). De absoluta skördarna visade mera ojämna effekter (tabell 8a).



Tabell 8a. 21 fältförsök med koppar 1971-73. Kärnskörd, kg ha<sup>-1</sup>, vid olika mullhalter. Skördar åtföljda av olika bokstäver är signifikant skilda åt  
 Table 8a. 21 field trials with copper 1971-73. Grain yield, kg ha<sup>-1</sup>, at different soil organic matter content. Yields followed by different letters are significantly different

Mullhalt Org. matter content	n	Kärnskörd Grain yield
Låg Low (< 3 % mull)	9	4035 <sup>a</sup>
Medium Medium (3-6 % mull)	35	4115 <sup>a</sup>
Hög High (> 6 % mull)	17	3160 <sup>b</sup>
LSD		244

Tabell 8b. 21 fältförsök med koppar 1971-73. Relativ kärnskörd vid olika mullhalter. Relativtal åtföljda av olika bokstäver är signifikant skilda åt  
 Table 8b. 21 field trials with copper 1971-73. Relative grain yield at different soil organic matter content. Relative numbers followed by different letters are significantly different

Mullhalt Org. matter content	n	Relativ skörd Relative yield
Låg Low (< 3 % mull)	9	101,7 <sup>b</sup>
Medium Medium (3-6% mull)	35	105,6 <sup>a</sup>
Hög High (> 6 % mull)	17	106,6 <sup>a</sup>
LSD		3,8

En hög mullhalt brukar medföra ett lågt koppartal och vice versa. Detta medverkade troligen till att de relativa skördarna för koppargödsling var störst vid de högsta mullhalterna.

### **Cu-effekter vid olika kaliumhalt**

Halten av lättlösligt kalium i matjorden påverkade inte de absoluta skördarna för koppargödsling signifikant (tabell 9a). Men tendens fanns även här till högre relativa skördar och skördeökningar när kaliumhalten var hög (tabell 9b-9c). Lundblad & Johansson (1956) fann i sina försök de högsta absoluta koppargödslingseffekterna vid låga P- och K-halter i marken. Detta antyder att mera näringsrika jordar på den tiden skulle borga också för ett tillfredsställande Cu-tal i marken med låga koppareffekter som följd. Så var ej fallet i föreliggande undersökning. I stället fanns en tendens till att de största relativa koppargödslingseffekterna uppträdde vid höga K-AL-tal (tabell 9b).

Tidsskillnaden mellan de två undersökningarna var ca 30 år. Under den tidrymd som var mellan de båda undersökningarna ägde troligen en utarmning av koppar rum genom att stora kopparuttag i höga skördar togs ut på de efter andra världskriget allt bättre gödslade jordarna.

Något säkert samband i undersökningsmaterialet mellan höga P-AL- och K-AL-tal och låga kopparhalter i marken fanns dock inte. Extraktion med varm 2 M HCl, den metod som används för att bestämma halten växttillgänglig koppar i marken med, kanske var en för grov analys för att rätt spegla skillnaderna i koppars växttillgänglighet.

Tabell 9a. 21 fältförsök med koppar 1971-73. Kärnskörd, kg ha<sup>-1</sup>, vid olika halt av lättlösligt kalium i matjorden (K-AL, mg 100 g<sup>-1</sup> jord) Skördar åtföljda av samma bokstav är ej signifikant skilda åt

Table 9a. 21 field trials with copper 1971-73. Grain yield, kg ha<sup>-1</sup>, at different top soil content of easily soluble potassium (K-AL, mg 100 g<sup>-1</sup> soil). Yields followed by the same letter are not significantly different

Halt lättlösligt K <i>Easy soluble K</i>	n	Kärnskörd <i>Grain yield</i>
Låg <i>Low</i> (K-AL≤8,0)	13	3975 <sup>a</sup>
Medium <i>Medium</i> (8,1≤K-AL≤16,0)	39	3810 <sup>a</sup>
Hög <i>High</i> (K-AL≥16,1)	9	3760 <sup>a</sup>
LSD		ns

Tabell 9b. 21 fältförsök med koppar 1971-73. Relativ kärnskörd vid olika halt av lättlösligt kalium i matjorden (K-AL, mg 100 g<sup>-1</sup> jord). Relativtal åtföljda av samma bokstav är ej signifikant skilda åt

Table 9b. 21 field trials with copper 1971-73. Relative grain yield at different top soil content of easily soluble potassium (K-AL, mg 100 g<sup>-1</sup> soil) Relative numbers followed by the same letter are not significantly different

Halt lättlösligt K <i>Easily soluble K</i>	n	Relativ skörd <i>Relative yield</i>
Låg <i>Low</i> (K-AL≤8,0)	13	103,9 <sup>a</sup>
Medium <i>Medium</i> (8,1≤K-AL≤16,0)	39	105,1 <sup>a</sup>
Hög <i>High</i> (K-AL≥16,1)	9	108,3 <sup>a</sup>
LSD		ns

Tabell 9c. 21 fältförsök med koppar 1971-73. Skördeökning av kärna,  $\text{kg ha}^{-1}$ , vid olika halt av lättlösligt kalium i matjorden (K-AL,  $\text{mg kg}^{-1}$  jord). Skördeökningar åtföljda av samma bokstav är ej signifikant skilda åt  
*Table 9c. 21 field trials with copper 1971-73. Grain yield increase,  $\text{kg ha}^{-1}$ , at different top soil content of easily soluble potassium (K-AL,  $\text{mg kg}^{-1}$  soil) Yield increases followed by the same letter are not significantly different*

Halt lättlösligt K <i>Easily soluble K</i>	n	Skördeökning <i>Yield increase</i>
Låg <i>Low</i> (K-AL<8)	13	143 <sup>a</sup>
Medium <i>Medium</i> ( $8,1 \leq \text{K-AL} \leq 16,0$ )	39	166 <sup>a</sup>
Hög <i>High</i> (K-AL $\geq 16,1$ )	9	281 <sup>a</sup>
LSD		ns

### **Cu-gödslingseffekter vid olika fosforhalt**

När skördarna i koppargödslade led delades upp i tre grupper efter varierande halt av lättlöslig fosfor i matjorden erhöles delvis säkra men ojämna skillnader mellan de absoluta skördemedeltalen (tabell 10a). Den bästa relativa skörden erhöles på jordarna med de höga fosfortalen (tabell 10b). Vid de lägsta fosfortalen i matjorden återfanns i genomsnitt den minsta relativa gödslingseffekten och i den intermediära fosforklassen ( $8,1 \leq \text{P-AL} \leq 16,0$ ) var den relativa gödslingseffekten och skördeökningen för koppargödsling också intermediär (tabell 10b och 10c). Vad ovan sagts om koppargödslingseffekten vid olika K-AL-tal gäller tydligen också för P-AL. Mellan P-AL och effekterna av koppargödsling var dock sambanden säkrare än för K-AL.

En invändning man kan göra mot dessa resonemang är att de högre skördarna vid de högsta K-AL- och P-AL-talen (tabell 9a och 10a) helt enkelt kan bero på ett bättre växtnäringstillstånd av K eller P. Men eftersom de relativa skördarna, som baserar sig på kvoten mellan koppargödslade och ej koppargödslade intervall i varje försök när inflytandet från skördenivån räknats bort, också visade hög koppargödslingseffekt vid höga K-AL- och P-AL-tal (tabell 9b och 10b) så kan man inte förklara de högre skördarna med ett bättre näringstillstånd. De måste bero på högre Cu-gödslingseffekter på de näringsrika jordarna eftersom kopparn med tiden i större utsträckning odlats bort där.

Liknande resultat redovisas av Persson & Carlgren (2003) i deras undersökning om långsiktig verkan hos markens kopparförråd. Försöksjordarna i den undersökningen var från de skånska bördighetsförsöken.

Tabell 10a. 21 fältförsök med koppar 1971-73. Kärnskörd, kg ha<sup>-1</sup>, vid olika halt av lättlöslig fosfor i matjorden (P-AL, mg kg<sup>-1</sup> jord). Skördar åtföljda av olika bokstäver är signifikant skilda åt

*Table 10a. 21 field trials with copper 1971-73. Grain yield, kg ha<sup>-1</sup>, at different top soil content of easily soluble phosphorus (P-AL, mg kg<sup>-1</sup> soil). Yields followed by different letters are significantly different*

Halt lättlöslig P <i>Easily soluble P</i>	n	Kärnskörd <i>Grain yield</i>
Låg <i>Low</i> (4,1≤P-AL≤8,0)	9	4250 <sup>a</sup>
Medium <i>Medium</i> (8,1≤P-AL≤16,0)	31	3285 <sup>b</sup>
Hög <i>High</i> (P-AL>16)	21	4470 <sup>a</sup>
LSD		301

Tabell 10b. 21 fältförsök med koppar 1971-73. Relativ kärnskörd vid olika halt av lättlöslig fosfor i matjorden (P-AL, mg kg<sup>-1</sup> jord). Relativtal åtföljda av olika bokstäver är signifikant skilda åt

*Table 10b. 21 field trials with copper 1971-73. Relative grain yield at different top soil content of easily soluble phosphorus (P-AL, mg kg<sup>-1</sup> soil). Relative numbers followed by different letters are significantly different*

Halt lättlöslig P <i>Easily soluble P</i>	n	Relativ skörd <i>Relative yield</i>
Låg <i>Low</i> (4,1≤P-AL≤8,0)	9	101,1 <sup>b</sup>
Medium <i>Medium</i> (8,1≤P-AL≤16,0)	31	105,0 <sup>ab</sup>
Hög <i>High</i> (P-AL>16)	21	107,5 <sup>a</sup>
LSD		4,6

Tabell 10c. 21 fältförsök med koppar 1971-73. Skördeökning av kärna, kg ha<sup>-1</sup>, vid olika halt av lättlöslig fosfor i matjorden (P-AL, mg kg<sup>-1</sup> jord). Skördeökningar åtföljda av olika bokstäver är signifikant skilda åt

*Table 10c. 21 field trials with copper 1971-73. Grain yield increase, kg ha<sup>-1</sup>, at different top soil content of easily soluble phosphorus (P-AL, mg kg<sup>-1</sup> soil). Yield increases followed by different letters are significantly different*

Halt lättlöslig P <i>Easily soluble P</i>	n	Skördeökning <i>Yield increase</i>
Låg <i>Low</i> (4,1≤P-AL≤8,0)	9	46 <sup>b</sup>
Medium <i>Medium</i> (8,1≤P-AL≤16,0)	31	150 <sup>ab</sup>
Hög <i>High</i> (P-AL>16)	21	277 <sup>a</sup>
LSD		146

### **Cu-effekter vid olika pH-värde**

pH-värdet i matjorden påverkade också effekterna av koppargödsling tydligt (tabell 11a-11c). Vid höga pH-värden var de genomsnittliga

Tabell 11a. 21 fältförsök med koppar 1971-73. Skörd av kärna, kg ha<sup>-1</sup>, vid olika pH-värde, mätt i vattenlösning i matjorden. Skördar åtföljda av olika bokstäver är signifikant skilda åt

*Table 11a. 21 field trials with copper 1971-73. Grain yield, kg ha<sup>-1</sup>, at different top soil pH-value in water solution. Yields followed by different letters are significantly different*

pH-värde <i>pH-value</i>	n	Kärnskörd <i>Grain yield</i>
Låg <i>Low</i> (pH <sub>aq</sub> ≤ 5,7)	12	3410 <sup>b</sup>
Medium <i>Medium</i> (pH <sub>aq</sub> ≥ 5,8)	49	3940 <sup>a</sup>
LSD		272

Tabell 11b. 21 fältförsök med koppar 1971-73. Relativ kärnskörd vid olika pH-värde, mätt i vattenlösning i matjorden. Relativtal åtföljda av olika bokstäver är signifikant skilda åt

*Table 11b. 21 field trials with copper 1971-73. Relative grain yield at different top soil pH-value in water solution. Relative numbers followed by different letters are significantly different*

pH-värde <i>pH-value</i>	n	Relativ skörd <i>Relative yield</i>
Låg <i>Low</i> (pH <sub>aq</sub> ≤ 5,7)	12	100,9 <sup>b</sup>
Medium <i>Medium</i> (pH <sub>aq</sub> ≥ 5,8)	49	106,4 <sup>a</sup>
LSD		4,1

Tabell 11c. 21 fältförsök med koppar 1971-73. Skördeökning av kärna, kg ha<sup>-1</sup>, vid olika pH-värde, mätt i vattenlösning i matjorden. Skördeökningar åtföljda av olika bokstäver är signifikant skilda åt

*Table 11c. 21 field trials with copper 1971-73. Grain yield increase, kg ha<sup>-1</sup>, at different top soil pH-value in water solution. Yield increases followed by different letters are significantly different*

pH-värde <i>pH-value</i>	n	Skördeökning <i>Yield increase</i>
Låg <i>Low</i> (pH <sub>aq</sub> ≤ 5,7)	12	7 <sup>b</sup>
Medium <i>Medium</i> (pH <sub>aq</sub> ≥ 5,8)	49	220 <sup>a</sup>
LSD		132

koppargödslings effekterna också höga. I klassen med låga pH-värden var skördeökningen för koppargödsling av kärna endast 7 kg ha<sup>-1</sup> i genomsnitt. Även här kan man misstänka att de högre koppargödslings effekterna vid högt pH-värde berodde på att en utarmning av koppar så småningom sker på de näringsrikare jordarna. Lundblad & Johansson (1956) fann inga säk-

ra effekter i sitt försöksmaterial mellan jordens pH-värde och koppar-gödslingseffekten.

## Ekonomiskt stöd

Författaren tackar för ekonomiskt bidrag till undersökningen från Stiftelsen Svensk Växtnäringsforskning.

## Litteratur

- Lundblad, K. & Johansson, O. 1956. Resultat av de senaste årens svenska mikroelementförsök. I. Försök med koppar. Statens jordbruksförsök Meddelande nr 60-64.
- Mengel, K. & Kirkby, E. A. 1978. Principles of Plant Nutrition. International Potash Institute Bern, Switzerland.
- Nilsson, L. G. 1973. Några synpunkter på gödsling med magnesium och mikronäringsämnen. Lantbrukshögskolan, Avd. för växtnäringslära, rapport 68.
- Persson, J. & Carlgren, K. 2003 Långsiktig verkan hos markens kopparförråd. SLU, Inst. för markvetenskap, Avd. för växtnäringslära, rapport 204.
- SAS Institute 1989. SAS/STAT User's guide. Release 6.12. TS level 0060 Ed. SAS Institute, Cary, NC., USA
- Stenberg, M., Ekman, P., Lundblad, K. & Svanberg, O. 1949. Om kopparhalt i jord och vegetation och resultat av fleråriga gödslingsförsök i koppar. Kungl. Lantbruksakademiens vetenskapsavdelning, meddelande 4.

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.

- 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 mullhalt, 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 höstveten 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 växtnäringslära 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 Henriksen: Kväve i mark och grödor i odlingssystem 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 odlingssystem. 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 Fosforkalk from Karlshamn Ltd.*
- 196 1995 Lennart Mattsson: Skördevariationer inom enskilda fält. Storlek och tänkbara orsaker.  
*Yield variations within individual fields. Magnitude and possible reasons.*
- 197 1996 Käll Carlgren: Två fältförsök med jämförelse mellan konventionell och ekologisk fosforgödsling.  
*Two Field Experiments with Comparison between Conventional and Ecological Phosphorus Fertilization.*
- 198 1997 Enok Haak & Gyula Simán: Effekter av kalkning och NPK-gödsling i sju långvariga försök i fält, 1962-92.  
*Effects of liming and NPK-fertilization in seven long term field experiments, 1962-92.*
- 199 1998 Börje Lindén, Käll Carlgren & Lennart Svensson: Kväveutnyttjande på en sandjord i Halland vid olika sätt att sprida svinflytgödsel till stråsåd.  
*Nitrogen utilization on a sandy soil after application of pig slurry to cereal crops with different techniques.*



- 200 1999 Enok Haak: Vädrets och kvävegödslingens inverkan på växtproduktion och näringsupptag i bördighetsförsöket R3-9008, 1985-1992.  
*Influence of weather and N-fertilization on DM-yield and nutrient uptake in the fertility experiment R3-9008, 1985-1992.*
- 201 1999 Lennart Mattsson: Mullhalt och kväveminerisering i åkermark.  
*Soil organic matter and N mineralization in arable land*
- 202 2001 Lennart Mattsson, Thomas Börjesson, Kjell Ivarsson & Kjell Gustafsson. Utvidgad tolkning av P-AL för mark- och skördeanpassad fosforgödsling.  
*Extended interpretation of labile P for soil and yield related P fertilization.*
- 203 2003 Käll Carlgren. Fältförsök med koppargödsling  
*Field experiments with copper fertilization*

I denna serie publiceras forsknings- och försöksresultat från avdelningen för växtnäringslära, 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  
Avd. för växtnäringslära**

**750 07 UPPSALA  
Tel 018-671249**

---