

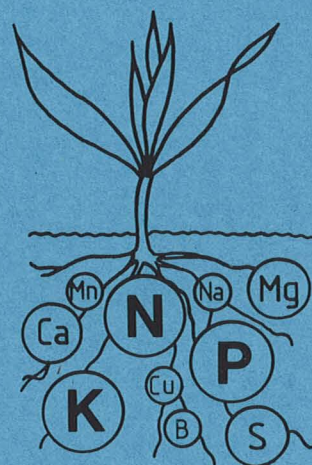


**SVERIGES
LANTBRUKSUNIVERSITET**

MARKBÖRDIGHETSFÖRSÖK I NORRLAND

**SOIL FERTILITY EXPERIMENTS IN
NORTH SWEDEN**

LENNART MATTSSON

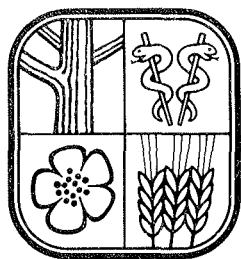


**Institutionen för markvetenskap
Avd. för växtnäringslära**

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

**Rapport 164
Report**

Uppsala 1985
ISSN 0348-3541
ISBN 91-576-2387-2

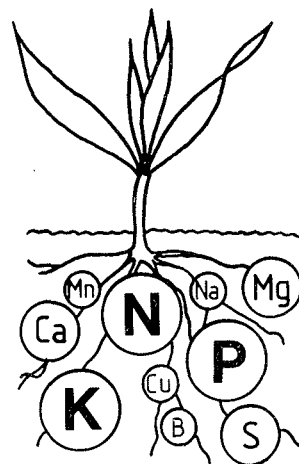


**SVERIGES
LANTBRUKSUNIVERSITET**

MARKBÖRDIGHETSFÖRSÖK I NORRLAND

SOIL FERTILITY EXPERIMENTS IN NORTH SWEDEN

LENNART MATTSSON



**Institutionen för markvetenskap
Avd. för växtnäringslära**

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

**Rapport 164
Report**

Uppsala 1985

ISSN 0348-3541

ISBN 91-576-2387-2

INNEHALLSFÖRTECKNING

Inledning	2
Lokalisering, växtföljd, försöksplan	2
Bearbetning och redovisning av resultaten	5
Resultat	6
Skördens storlek	6
Gödslingseffekter	7
Kväve	7
Fosfor	7
Kalium	9
Skördeprodukternas sammansättning	9
Botanisk sammansättning	9
Utvecklingen i marken under försöksperioden	13
Växtnäringsbalans	15
Fosfor	15
Kalium	17
Kväve	17
Diskussion	18
Summary	25
Litteratur	26

MARKBÖRDIGHETSFÖRSÖK I NORRLAND

- * I Norrland pågår sedan 1969 fyra markbördighetsförsök. De är placerade i Offer (Ängermanland), Ås (Jämtland), Röbäcksdalen (Västerbotten) och Vojakkala (Norrbotten).
- * Försöksplanen omfattar sex olika kombinationer med P- och K-gödsling, från enbart ersättningsgivor till årlig uppgödsling utöver bortförseln med 40 kg/ha, P respektive 80 kg/ha, K. Kvävegödslingen anpassas till grödan. I genomsnitt tillföres varje år 0, 37, 74, 129 och 217 kg/ha, N.
- * Alla fyra försöken följer samma sjuåriga växtföljd; korn, vall I, vall II, vall III, grönfoderraps, korn och potatis. Stallgödsel tillföres två gånger i växtföljden.
- * Försöksskördarna har genomgående varit höga och klart över SCB:s normskördar för områdena. Kvävegödsel har höjt skördarna med mellan 40 och 90 procent, mest i Ås och minst i Offer.
- * Fosfor och kalium utöver ersättningsbehovet hade stor verkan i potatis, för fosfor även i grönfoderraps.
- * Ersättningsgivorna av P och K har inte förmått upprätthålla de AL-lösliga fraktionerna i marken. P-AL minskade obetydligt i Offer men halverades när nog under försöksperioden i Vojakkala.
- * I uppgödslingsleden ökade AL-talen. För P-AL med 50 till 100 % och för K-AL med 15 till 200 %. Ökningen inträffade främst under det första växtföljdsomloppet.
- * Inga klara förändringar med tiden har så här långt kunnat konstaterats beträffande markens kolinnehåll varken vid hög eller låg kvävenivå.
- * Kvävebalansberäkningar visar att årligen bortförs ungefär en normalgiva av kväve från rutor som ej tillföres handelskväve. Ett överskott av kväve av samma storlekordning tillföres årligen vid den högsta kvävenivån. Någon tydligt vikande tendens i skördarnas storlek i nollrutorna har ändå inte kunnat konstaterats. Detta får tillskrivas kvävefixerande baljväxter i vallarna och långsiktiga effekter i stallgödseln.
- * Försöken har inte bekräftat antagandet att kväveeffekten är bättre vid ett gott P- och K-tillstånd än vid ett mindre gott.

INLEDNING

I fyra markbördighetsförsök i Norrland belyses sedan 1969 de långsiktiga effekterna av kväve-, fosfor- och kaliumgödsling. I dagens läge med en livlig diskussion om modernt jordbruks bra och dåliga sidor ger försöksresultat av denna typ värdefull information. Försöken belyser hur varierande handelsgödselanvändning påverkar märke och gröda. Mullhalten är en viktig bördighetsfaktor. Försöken kan belysa hur mullhalten förändras vid svag, normal eller riklig växtnäringsstillförsel. Genom odlingsåtgärder byggs en viss bördighetsnivå upp. Självfallet skall dagens och morgondagens odlings teknik utformas så att denna nivå inte bara bibehålls utan även förbättras. Rätt växtnäringsstillförsel är en viktig del av denna markvård. Försöken visar hur samspelen mellan huvudnäringsämnenas kväve, fosfor och kalium påverkar bördighetsnivån. De ger också anvisning om hur markens växttillgängliga innehåll av fosfor och kalium förändras med tiden vid varierande belastning, samt hur detta innehåll påverkar kvävegödselbehovet.

Liknande försök pågår för närvarande även i andra delar av landet. De äldsta startades 1957 i Malmöhus län och utgör den sk M-serien av bördighetsstudierna. Dessa har följts av C-serien i Uppsala län (1963) samt E- och R-serierna i Östergötlands- respektive Skaraborgs län (1966) (Jansson, 1975).

Den nu aktuella försöksserien (R3-2037) utgör en del av ett större projekt som kan sägas vara en fortsättning och i viss mån en utveckling av de ovan nämnda bördighetsstudierna. Motsvarande försök pågår även i Skåne, på Gotland, i Småland, Västergötland, Bohuslän, Värmland (avslutat 1983), Västmanland (avslutat 1983) och Dalarna. Växtföljderna varierar men är valda så att de är representativa för sina respektive regioner. I övrigt är stommen i försöksplanen densamma. Här följer nu en redovisning av de två första växtföljdsomloppen enligt den norrländska varianten av serien.

LOKALISERING, VÄXTFÖLJD, FÖRSÖKSPLAN

De fyra försöken är lokaliserade till SLU:s försöksstationer i Offer (Of), Ås, Röbbäcksdalen (Röb) och Vojakkala (Voj). Dessa ligger i respektive Ångermanland, Jämtland, Västerbotten och Ångermanland. Markanalysdata för försöksplatserna har redovisats tidigare (Mattsson, 1979).

Växtföljden är sjuårig med korn, vall, vall, vall, grönfoderraps, korn och potatis. I och med 1982 fullbordades det andra växtföljdsomloppet.

Försöksplanen omfattar fem kvävegödslingsalternativ, tre

fosfor- och två kaliumgödslingsalternativ. Kvävenivån anpassas efter grödan. Den årliga tillförseln är i genomsnitt 0, 37, 74, 129 och 217 kg per ha. Fosfor och kalium tillförs i mängder som motsvarar grödornas bortförsel. Därutöver tillförs årligen 20 respektive 40 kg fosfor samt 80 kg kalium per ha. Stallgödsel tillförs två gånger i växtföljden, dels på hösten efter tredjeårsvallen, dels på hösten efter skörd av potatis.

Följande tablå visar försöksplanens sex PK-kombinationer:

PK-gödsling

1.	Ersättning med P och K			
2.	"	"	"	+ 20 P
3.	"	"	"	+ 40 P
4.	"	"	"	+ 0 P + 80 K
5.	"	"	"	+ 20 P + 80 K
6.	"	"	"	+ 40 P + 80 K

Tab. 1 visar de olika kvävegivorna. Kvävet till vallen delas i proportionerna 2:1 mellan skördetillfällena. Försökstypen är split-plot med PK-nivåerna som storrutor och kvävenivåerna som smårutor. Tillsammans innebär detta 30 st försöksled utlagda i två block. Vid försöksstarten grundgödlades försöksplatserna med 15 kg P och 57 kg K per ha.

Ersättningsgivorna för fosfor och kalium var lika i alla försök under det första omloppet. Därefter har de varierat mellan försöksplatserna beroende på bortförselns storlek under närmast föregående omlopp. I tab. 2 redovisas ersättnings storlek till de olika grödorna.

Tabell 1 Kvävegivornas storlek, kg/ha, för växtföljdens olika grödor
Table 1. Rates of N, kg/ha in the different crops

	N-nivå/N-level/				
	N1	N2	N3	N4	N5
Korn Barley	0	20	40	60	80
Vall Ley	0	40	80	160	320
Grönf.raps Green rape	0	60	120	180	240
Korn Barley	0	30	60	90	120
Potatis Potatoes	0	30	60	90	120

Tabell 2. Ersättningsgivornas storlek, kg/ha.år, vid olika N-nivåer. Stallgödseln ej inräknad
 Table 2. Rates of replenishment of P and K in kg/ha at different N-levels.
 FYM not included

	N1		N2		N3		N4		N5	
	P	K	P	K	P	K	P	K	P	K
Omlopp 1 Rotation 1	4,5	43	8,6	72	11,0	91	13,0	103	14,0	109
Omlopp 2 Rotation 2										
Of	4,6	65	7,1	89	8,9	104	11,0	128	14,0	141
Ås	6,1	68	8,4	88	10,0	107	12,0	127	14,0	136
Röb	6,9	69	8,4	89	9,4	105	11,0	125	12,0	128
Voj	4,9	92	7,3	123	8,1	133	8,9	154	9,4	161

De största kaliumgivorna ges till vallarna, rapsen och potatisen. Fördelningen av fosfor är lika mellan grödorna.

En sammanställning av kalkning och stallgödseltillförsel lämnas nedan.

	Kalkning	Mån-År	Stallgödsel	Mån-År
Offer	6,3 ton/ha kalkst.mjöl	05-69	30 m ³ , flytg. 30 m ³ , " 50 m ³ , " 30 m ³ , "	06-73 10-75 10-77 10-79
Ås	5 ton/ha kalkst.mjöl	05-69	27 m ³ , " 20 m ³ , "	10-75 10-79
Röbäcksdalen	7,8 ton/ha kalkst.mjöl 5,4 ton/ha kalkst.mjöl	06-69 10-79	40 m ³ , " 30 m ³ , " 40 m ³ , "	05-73 10-77 10-79
Vojakkala	3,9 ton/ha kalkst.mjöl 6 ton/ha kalkst.mjöl	05-69 09-79	37 m ³ , " 35 m ³ , " 37 m ³ , "	06-73 10-75 09-79

Stallgödslen svarar för ungefär 50 procent av ersättningsbehovet för både fosfor och kalium. I tab. 3 har analysvärdena för stallgödseln sammanställts.

Tabell 3. Stallgödselns växnäringsinnehåll, procent av ts
 Table 3. Nutrient of the farm yard manure, used in the experiments, % of DM

Plats Site	År Year	ts DM	Tot- N	Amm. N	P	K	Ca	Mg	Aska Ashes
Of	1973	7,3	4,3	a)	1,1	4,0	1,0	0,7	19
	1975	10,2	3,3	1,5	1,3	2,4	2,0	0,6	17
	1977	4,7	6,0	3,2	1,1	5,3	1,7	0,9	24
	1979	6,8	3,5	1,4	0,6	3,6	1,0	0,4	17
Ås	1975	7,3	4,4	2,5	1,2	4,0	2,6	1,0	20
	1979	19,2	2,3	0,3	0,6	1,5	2,2	0,4	18
Röb	1973 ^{b)}								
	1977	10,9	4,4	2,5	1,3	5,0	2,1	0,5	25
	1979	8,6	3,8	2,1	0,8	5,7	1,2	0,4	21
Voj	1973	8,0	4,5	a)	1,1	3,0	1,2	0,5	23
	1975	5,7	4,6	2,6	1,4	3,2	1,9	0,5	23
	1979	6,8	4,7	2,6	0,9	7,4	2,0	0,5	26

a) Ej analyserat /Not analysed/

b) Ej analyserat. P- och K-halt skattad till 0,5 respektive 2,0%
 /Not analysed. P- and K-content estimated to 0,5 and 2,0% respectively/

BEARBETNING OCH REDOVISNING AV RESULTATEN

För att medge meningsfulla bearbetningar av skörderesultaten måste dessa räknas om till en enhetlig storhet. Detta kan göras på olika sätt. Ett vanligt sätt är att ställa medeltalet för kärnskördarna av stråsäd i relation till skörden av den aktuella grödan och använda denna kvot som omräkningsfaktor. Detta har använts här. De genomsnittliga skördarna i kg/ha för de olika grödorna har varit stråsäd: 3890, vall I: 6210, vall II: 7060, vall III: 7520, grönfoderraps: 5330 och potatis: 20 670 kg. Siffrorna avser torrsubstans för vall och grönfoderraps, friskvikt för potatis och kärna med 15 procents vattenhalt för stråsäd. Detta gav följande omräkningsfaktorer: stråsäd 1,0, vall I 0,63, vall II 0,55, vall III 0,52, grönfoderraps 0,73 och potatis 0,19. Aktuella skördar i respektive gröda multiplicerad med dessa faktorer ger skörden uttryckt i kärna med 15 procents vattenhalt.

Fördelen med detta omräkningssätt är att årsmånseffekterna inte döljs, vilket vore fallet om relativtal skulle ha använts.

Försök av denna typ är individer. Medeltalsberäkningar blir inte särskilt meningsfulla. Redovisningen görs därför i hu-

vudsak försöksvis. Skördens sammansättning och kvalitet redovisas dock som medeltal för samtliga försök. Motivet är att variationerna här är mindre än för skördarna och att seriens mål i första hand är att belysa långsiktiga förändringar på skördens storlek och på markens bördighet. Vid redovisningen används ibland beteckningarna PK1,N3, PK2,N1 osv. Då avses PK-kombination 1, kvävenivå 3 etc.

RESULTAT

Skördens storlek

Försöksskördarna har med få undantag legat högt (tab. 4). Kornskördar på 6000 kg per ha har uppmätts liksom vallskördar på 9000 kg torrsubstans. Detta är väsentligt högre än 1982 års normskördar enligt den objektiva skördeuppskattningen som låg på 2500 respektive 4500 kg per ha. Potatis-skördarna har legat i närheten av normskördarnas 21000 kg per ha.

Det första växtföljdsomloppets potatisgröda var svag i Ås och Vojakkala. Under omlopp två var den normal.

Växtföljdens andra korngröda på Röbbäcksdalen ligger lågt. Besvärande liggsäd och svåra bärgningsförhållanden 1974 är största orsaken.

I Vojakkala drabbades vallen av isbrännor under vintern 71/72. Utvintringsskadorna påverkade även följande års vallgröda. Detta har beaktats så att redovisade värden är skattningar baserade på de oskadade rutorna.

Tabell 4. Försöksskördar i olika grödor. Genomsnitt för två växtföljdsomlopp vid normal gödsling (PK3, N3). 1982 års normskördar för respektive plats inom parentes
Table 4. Experimental yields in different crops. Average of two crop rotations with normal fertilizer application. Region average yields within parentheses

Gröda/Crop/	Of	Ås	Röb	Voj
Korn, kärna, kg/ha Barley, grain	4260 (2360)	4030 (2400)	4820 (2220)	4470 (2080)
Vall I, ts, " Ley, D.M.	6970 (4370)	3680 (4740)	6870 (4040)	7490 (4090)
Vall II "	7160 --	6840 --	7380 --	6500 --
Vall III "	8190 --	6310 --	8190 --	7180 --
Grönf.raps " Green rape	6330	4770	5120	6160
Korn, kärna, " Barley, grain	4920	4490	3320	4130
Potatis, knölskörd, kg/ha Potatoes tuber yields	25100 (20700)	14900 (21100)	24800 (21500)	16000 (18400)

Tabell 5. Kvävegödslingseffekt, kg/ha, av genomsnittlig kvävetillförsel (74 kg/ha.år), stark P-gödsling, normal K-gödsling (PK3, N3-PK3, N1). Omräknat till stråsädeskärna

Table 5. Impacts of nitrogen fertilizer (74 kg/ha.year, N) P application=replenishment+40 kg/ha.year, K application=replenishment (PK3, N3-PK3, N1). Calculated as grain yields

Gröda Crop	Försöksplats/Experimental site/							
	Of.		Ås		Röb		Voj	
	Oml.1	Oml. 2	Oml.1	Oml.2	Oml.1	Oml.2	Oml.1	Oml.2
	Rot.1	Rot.2	Rot.1	Rot.2	Rot.1	Rot.2	Rot.1	Rot.2
Korn Barley	480	530	670	440	510	1360	170	130
Vall I Ley	517	926	1040	964	1682	466	1820	1058
II	1315	841	- 6	-187	74	973	743	264
III	588	78	962	889	722	593	567	224
Grönf.raps Green rape	1080	781	2300	1795	511	1153	613	1459
Korn Barley	340	710	800	1250	-1000	350	-420	40
Potatis Potatoes	912	95	760	855	817	874	551	1273

Gödslingseffekter

Kväve Variationerna i kväveeffekt är stora (tab. 5). Grönfoderraps och potatis ger de största utslagen. Även vallarna har i många fall gett stora skördeökningar, men effekterna är mera ojämna där. I Vojakkala var utslagen stora och positiva i vall I men avsevärt mindre i vall II och III. Detsamma gäller för Röbäcksdalen omlopp 1, Offer omlopp 2 och i viss mån även Ås.

De överlag största utslagen erhöles i Ås. I synnerhet i grönfoderraps där skördeökningarna ligger mellan 1800 och 2300 kg/ha. I Vojakkala var effekterna små i korn. I Offer blev skördeökningen i potatis i omlopp 2 obetydlig.

Fosfor. Årlig gödsling med ersättning + 40 kg fosfor per ha har gett positiva utslag i potatis (tab. 6). Även i grönfoderraps är effekterna övervägande positiva. Negativa fosforeffekter är vanliga. I Offer gäller detta för så gott som växtföljdens samtliga grödor i omlopp 1.

En anmärkningsvärt stor effekt registrerades i korn i Röbäcksdalen omlopp 2. En skördeökning på 1860 kg per ha måste tas med försiktighet.

Tabell 5. Fosforgödslingseffekt, kg/ha, av årlig tillförsel av 40 kg/ha P utöver ersättningsbehovet. Normal kväve och kaliumgödsling. Omräknat till stråsädeskärna (PK3, N3-PK1, N3)

Table 6. Impacts of P fertilizer (replenishment+40 kg/ha.year, P) N application = 74 kg/ha, K application = replenishment, (PK3, N3-PK1, N3). Calculated as grain yields

Gröda Crop	Försöksplats/Experimental site/							
	Of.		As		Röb.		Voj.	
	Oml.1 Rot.1	Oml.2 Rot.2	Oml.1 Rot.1	Oml.2 Rot.2	Oml.1 Rot.1	Oml.2 Rot.2	Oml.1 Rot.1	Oml.2 Rot.2
Korn Barley	-190	370	-120	-310	-90	1860	70	930
Vall I Ley	70	19	-63	378	643	-895	731	-170
II	-341	77	-100	-352	308	170	-610	280
III	-135	-104	72	-173	306	327	-172	73
Grönf.raps Green rape	-489	256	146	219	36	343	175	-452
Korn Barley	-290	110	110	530	-240	190	300	90
Potatis Potatoes	456	133	285	456	608	931	760	1178

Tabell 7. Kaliumgödslingseffekt, kg/ha, av årlig tillförsel av 80 kg/ha K utöver ersättningsbehovet. Normal kvävegödsling, stark fosforgödsling (PK6, N3-PK3, N3). Omräknat till stråsädeskärna

Table 7. Impacts of potassium fertilizer (replenishment + 80 kg/ha.year, K) N application = 74 kg/ha, P application = replenishment+40 kg/ha (PK6, N3-PK3, N3). Calculated as grain yields

Gröda Crop	Försöksplats/Experimental site/							
	Of.		As		Röb.		Voj.	
	Oml.1 Rot.1	Oml.2 Rot.2	Oml.1 Rot.1	Oml.2 Rot.2	Oml.1 Rot.1	Oml.2 Rot.2	Oml.1 Rot.1	Oml.2 Rot.2
Korn Barley	-100	120	50	20	-1200	180	50	310
Vall I Ley	-70	-623	163	-25	-95	-31	70	-378
II	335	-286	242	803	-225	-44	231	-434
III	-125	145	708	614	-93	-463	0	-219
Grönf.raps Green rape	-87	168	-248	205	351	139	-540	-81
Korn Barley	590	-480	-220	-350	120	340	180	-280
Potatis Potatoes	304	76	342	1007	209	228	-209	-114

Kalium. Årlig kaliumgödsling utöver ersättningsbehovet har inte gett positiva utslag (tab. 7). Tendensen är snarast den motsatta, i synnerhet i vallarna med undantag för Ås. Liksom för både kväve och fosfor har potatis reagerat mest positivt. En skördesänkning med 1200 kg per ha registrerades i korn i Röbbäcksdalen. Liksom den ovan nämnda fosforeffekten på samma ställe måste riktigheten ifrågasättas.

Skördeprodukternas sammansättning

I tabellerna 8 till 11 sammanfattas skördeprodukternas sammansättning. Högsta kvävenivån höjde kvävehalten i spannmål-skärnan från 1,93 i nolledet till 2,39 procent. En viss sänkning i fosforhalten erhöles medan kaliumhalten ej påverkades. Stigande fosfor- respektive kaliumgödsling påverkade halterna inget eller obetydligt (tab. 8).

I vallarna låg kvävehalten högt i led utan handelsgödsel-kväve, men sjönk vid stigande kvävetillförsel. En vanlig effekt beroende på klöverinslaget som minskar vid rikligare kvävetillgång. När kvävenivån höjdes ytterligare ökade kvävehalten igen. Kaliumhalten ökade något med stigande kvävegiva, från 2,5 till 2,8 procent. Fosforhalt och ts-halt påverkades obetydligt (tab. 9).

Stigande kaliumtillförsel höjde kaliumhalten med 0,2 procentenheter. En liten ökning av fosforhalten med stigande fosforgödsling registrerades.

I grönfoderraps sjönk ts-halten, medan kväve-, fosfor- och kaliuminnehållet ökade med stigande kvävegiva (tab. 10). Fosfor- och kaliumtillförsel hade väntad effekt på respektive halter.

I potatis slutligen medförde ökad kvävegödsling att knöl-skördens ts-halt och fosforhalt sjönk, medan kväve- och kaliuminnehållet ökade (tab. 11). Stigande fosforgiva sänkte kvävehalten och höjde fosforhalten. Hög kaliumtillförsel sänkte påvisbart ts-halt och N-halt medan kaliuminnehållet ökade.

Botanisk sammansättning

Vallarnas botaniska sammansättning har varierat inom vida gränser (tab. 12). Vid den högsta kvävenivån saknades klöver nästan helt oavsett vallålder. Fosfor- och kaliumgödsling påverkade icke påvisbart klöverhalten. Möjligen kan en tendens till minskning vid den högsta PK-nivån nämnas. Orsaken här till kan vara minneseffekter av liggsäd vid insådden. Liggsåden ökade nämligen oftast med stigande PK-gödsling, vilket medförde att vallen fick en sämre start ju rikligare

Tabell 3. Spannmål. Kärnans halt av kväve, fosfor och kalium, procent av torrsubstansen. Medeltal för samtliga observationer

Table 3. Contents of N, P and K in grain, % of D.M. Average of all observations

Behandling Treatment	Halt/Content/, %					
	N	M-fel ^{a)}	P	M-fel	K	M-fel
N1	1,93	0,07	0,40	0,01	0,49	0,02
N2	1,99	0,08	0,39	0,01	0,52	0,02
N3	2,15	0,08	0,38	0,01	0,51	0,03
N4	2,24	0,07	0,37	0,01	0,50	0,03
N5	2,39	0,07	0,36	0,02	0,50	0,03
PK1 ers+ OP	2,15	0,07	0,38	0,01	0,50	0,03
PK2 ers+20P	2,13	0,07	0,38	0,01	0,50	0,03
PK3 ers+40P	2,15	0,08	0,39	0,01	0,51	0,02
PK4 ers+ OP+80K	2,14	0,07	0,37	0,01	0,52	0,03
PK5 ers+20P+80K	2,13	0,07	0,38	0,01	0,50	0,03
PK6 ers+40P+80K	2,12	0,07	0,38	0,01	0,50	0,03
n	15		8		8	

a) Standard error

Tabell 4. Vall. Grönmassans torrsubstanshalt samt innehåll av kväve, fosfor och kalium. Medeltal för samtliga observationer

Table 4. Percentage dry matter and contents of N, P and K in ley. Average of all observations

Behandling Treatment	Ts D.M.	M-fel ^{a)}	Halt/Content/					
			N	M-fel	P	M-fel	K	M-fel
N1	20,1	0,55	2,41	0,07	0,26	0,01	2,50	0,08
N2	21,0	0,61	2,09	0,06	0,25	0,01	2,54	0,08
N3	21,8	0,55	1,93	0,05	0,24	0,01	2,57	0,08
N4	21,0	0,58	2,10	0,05	0,25	0,01	2,74	0,09
N5	20,3	0,57	2,65	0,06	0,25	0,01	2,81	0,10
PK1 ers+ OP	20,8	0,60	2,26	0,05	0,23	0,01	2,52	0,08
PK2 ers+20P	21,1	0,57	2,23	0,05	0,25	0,01	2,56	0,09
PK3 ers+40P	20,9	0,58	2,24	0,05	0,26	0,01	2,51	0,08
PK4 ers+ OP+80K	21,0	0,58	2,20	0,05	0,23	0,01	2,71	0,08
PK5 ers+20P+80K	20,6	0,57	2,23	0,05	0,25	0,01	2,74	0,08
PK6 ers+40P+80K	20,6	0,59	2,24	0,05	0,26	0,01	2,75	0,08
n	48		48		48		48	

a) Standard error

Tabel 10. Grönfoderraps. Grönmassans torrsubstanshalt samt innehåll av kväve, fosfor och kalium. Medeltal för samtliga observationer
 Table 10. Percentage dry matter and contents of N, P and K in green rape. Average of all observations

Behandling Treatment	Ts, %		Halt/Content, %					
	D.M.	M-fel ^{a)}	N	M-fel	P	M-fel	K	M-fel
N1	14,3	0,63	1,90	0,13	0,34	0,02	3,21	0,25
N2	13,1	0,55	2,13	0,16	0,37	0,02	3,55	0,29
N3	12,3	0,48	2,52	0,20	0,39	0,02	3,72	0,27
N4	11,6	0,38	2,87	0,21	0,41	0,02	3,82	0,21
N5	10,8	0,35	3,51	0,15	0,43	0,02	3,75	0,19
PK1 ers+ OP	12,5	0,53	2,68	0,20	0,37	0,02	3,49	0,22
PK2 ers+20P	12,4	0,45	2,59	0,18	0,39	0,02	3,43	0,22
PK3 ers+40P	12,5	0,45	2,61	0,20	0,40	0,02	3,42	0,22
PK4 ers+ OP+80K	12,2	0,47	2,58	0,14	0,37	0,02	3,84	0,26
PK5 ers+20P+80K	12,4	0,45	2,57	0,19	0,39	0,02	3,79	0,30
PK6 ers+40P+80K	12,4	0,46	2,48	0,15	0,40	0,02	3,68	0,24
n	8		8		8		8	

a) Standard error

Tabel 11. Potatis. Knölskördens torrsubstanshalt samt innehåll av kväve, fosfor, kalium. Medeltal för samtliga observationer
 Table 11. Percentage dry matter and contents of N, P and K in potatoes. Average of all observations

Behandling	Ts, %		Halt					
		M-fel ^{a)}	N	M-fel	P	M-fel	K	M-fel
N1	21,1	0,50	1,20	0,05	0,22	0,01	1,97	0,07
N2	20,3	0,43	1,33	0,06	0,21	0,01	2,04	0,08
N3	20,3	0,41	1,40	0,06	0,20	0,01	2,03	0,08
N4	20,3	0,54	1,44	0,06	0,18	0,01	2,07	0,09
N5	20,1	0,52	1,48	0,08	0,18	0,01	2,04	0,10
PK1 ers+ OP	20,6	0,56	1,42	0,06	0,20	0,01	1,90	0,07
PK2 ers+20P	20,8	0,57	1,39	0,07	0,20	0,01	1,90	0,10
PK3 ers+40P	21,0	0,54	1,37	0,06	0,21	0,01	1,87	0,11
PK4 ers+ OP+80K	19,9	0,43	1,38	0,06	1,18	0,01	2,16	0,09
PK5 ers+20P+80K	19,9	0,42	1,34	0,06	0,19	0,01	2,19	0,09
PK6 ers+40P+80K	19,8	0,42	1,32	0,05	0,21	0,01	2,14	0,07
n			8		8		8	

a) Standard error

PK-gödslingen var. Denna effekt finns naturligtvis även i kväveleden, men där är den väntad.

Klöverhalten förefaller att stiga med stigande vallålder. Detta är en effekt av mindre lyckad vallinsådd i ett par av försöken och har inte med vallåldern att göra. I Ås och Röbäcksdalen, 1970, och i Offer och Vojakkala, 1976, var klöverhalten i vall I betydligt lägre än i de två andra försöken under samma år. I vall II och vall III jämnades skillnaderna ut.

Tabell 12. Klöverhalt, procent av prov. Medeltal för skörd 1, alla platser
 Table 12. Content of clover, % of sample. Average of harvest no.1, all sites

Behandling <i>Treatment</i>	Vall I <i>Ley I</i>	Vall II <i>Ley II</i>	Vall III <i>Ley III</i>
N1	29	42	47
N2	15	22	34
N3	5	8	15
N4	3	3	5
N5	2	1	2
PK1 ers+ OP	11	16	23
PK2 ers+20P	11	15	20
PK3 ers+40P	12	15	20
PK4 ers+ OP+80K	10	13	20
PK5 ers+20P+80K	10	17	20
PK6 ers+40P+80K	9	13	19
Antal obs <i>Number of obs.</i>	8	8	8

Utvecklingen i marken under försöksperioden

Tabell 13 visar hur lösligt fosfor, kalium, magnesium, och pH har förändrats under försöksperioden. Tabellen visar förhållandena i ersättningsledet (PK 1) och i uppgödslingsleden med fosfor (PK 3) och kalium (PK 6).

pH-värdena visar en nedåtgående trend från och med 1972. Trenden är tydligast i Ås. Ås och Offer har kalkats en gång medan Röbbäcksdalen och Vojakkala har kalkats två gånger under perioden. Den senaste kalkningen höjde pH-värdena två till fyra tiondelar på dessa platser. Skillnaderna i pH-värden mellan 1969 och 1972 antyder effekten av den kalk som tillfördes vid försöksstarten.

I ersättningsleden har både P-AL- och K-AL-talen sjunkit. Förändringarna är störst för fosfors del. I Vojakkala har P-AL mer än halverats under 14-årsperioden. Sänkningen är minst i Offer.

Bilden är inte lika entydig när det gäller kalium. I det stora hela har det skett en sänkning även där, men kraftiga avvikelser finns. 1975 års kaliumvärden på Röbbäcksdalen är anmärkningsvärt höga. Ett frågetecken kan också sättas för Vojakkala 1979. Det låga värdet (9,0) är svårförklarligt.

I uppgödslingsleden registreras som väntat ökningsar i AL-talen. Det är fråga om en ökning med 50 till 100 procent för fosfor och 15 till 200 procent för kalium. Ökningen inträffar under det första växtföljdsomloppet. Därefter är förändringarna små. Bilden är relativt entydig i detta fall. I Ås har värdena sjunkit både för fosfor och kalium mellan 1975 och 1982. Någon förklaring till detta kan inte ges.

Mg-AL-talen varierar starkt mellan försöksplatserna. I Offer är Mg-innehållet mycket stort. Någon tillförsel av magnesium med handelsgödseln sker inte. Detta avspeglar sig också i förändringarna med tiden. I Röbbäcksdalen har Mg-AL minskat från ca 10 vid starten till ca 3 vid andra omloppets slut. I Vojakkala är minskningen obetydlig. Magnesium bortförs med skörden, men det sker också en förträngning av magnesium genom kaliumgödslingen. Värdena minskar med stigande kaliumgödsling.

Halten organiskt kol i marken har bestämts och analyserna sammanfattas i tabell 14. Halten totalkväve i marken har också bestämts efter det andra omloppet och redovisas i samma tabell. Resultaten är oregelbundna. Kolhaltererna går först upp, därefter ner. Även kvävenivåns inflytande på kolhaltererna har växlat och trender saknas. En ökning i kolhalten med ökad kvävenivå hade varit en väntad effekt. Den framträder i 1975 års värden men ej i 1982 års.

Tabell 13. pH, P-AL, K-AL och Mg-AL i matjorden under två växtföljdsomlopp. Normal kvävenivå (74 kg/ha.år)

Table 13. pH and ammonium lactate extractable P, K and Mg. N application, 74 kg/ha.year

År Year	Led/Treatment/ Ersättn./Replenishment/				Ersättn.+40 P				Ersättn. +40 P+80 K			
	pH	P-AL	K-AL	Mg-AL ^{a)}	pH	P-AL	K-AL	Mg-AL ^{a)}	pH	P-AL	K-AL	Mg-AL ^{a)}
<u>Offer</u>												
1969	6,0	8,8	10,0	39,0	6,4	7,0	11,0	42,0	6,6	7,6	9,5	41,0
1972	6,8	7,0	11,0		6,7	9,4	11,5		6,8	9,6	11,0	
1975	6,7	7,3	9,8	33,6	6,6	12,2	10,8	31,6	6,6	11,0	10,5	32,9
1979	6,9	7,9	8,5		6,7	13,6	9,0		6,8	16,0	10,5	
1982	6,7	7,2	8,5	31,0	6,4	14,9	8,5	31,0	6,6	14,4	9,5	27,0
<u>Ås</u>												
1969	6,1	11,2	11,0	15,0	5,9	7,8	10,5	13,0	5,8	4,8	8,5	12,5
1972	6,9	10,3	10,5		6,7	9,6	8,0		6,7	8,1	12,8	
1975	7,0	12,0	10,0	6,8	6,6	12,7	10,0	6,8	6,5	11,9	13,8	6,5
1979	6,7	9,8	10,5		6,3	13,8	9,5		6,5	12,0	16,0	
1982	6,8	6,1	10,0	5,6	6,4	8,6	7,0	5,3	6,2	7,8	10,5	5,0
<u>Röbäcksdalen</u>												
1969	5,7	7,8	7,5	9,5	5,8	7,0	6,5	9,0	5,9	8,8	7,5	9,5
1972	6,1	5,4	6,0		6,5	10,6	5,5		6,2	9,8	13,0	
1975	6,0	5,7	15,0	9,0	6,3	10,7	11,3	10,1	6,2	11,2	22,5	10,0
1979	5,8	5,6	7,5		6,0	11,4	6,5		6,0	11,6	23,0	
1982	6,2	4,5	7,3	3,4	6,2	10,5	8,4	2,6	6,3	12,9	22,2	2,8
<u>Vojakkala</u>												
1969	6,0	10,4	19,5	19,0	5,5	7,2	20,0	11,0	5,9	7,6	20,0	12,0
1972	6,3	6,6	11,0		6,3	10,0	18,0		6,5	9,6	32,0	
1975	6,0	5,2	17,3	9,4	6,1	10,2	21,8	10,4	6,2	9,7	30,0	10,1
1979	5,8	4,3	9,0		5,8	9,8	13,5		6,0	9,4	31,0	
1982	6,0	4,0	15,0	11,0	6,2	9,6	16,0	14,0	6,2	9,0	29,0	10,1

a) Genomsnitt för alla N-nivåer /Average of all N-levels/

Markens totalkvävehalt ligger mellan 0,2 och 0,3 procent. Detta ger kol/kväveförhållanden från 10:1 (Offer) till 13:1 (Röbäcksdalen). Detta har betydelse för platsernas kvävelevererande förmåga. I vilken utsträckning är dock inte klart.

Tabell 14. Försöksjordarnas (0-20 cm) totalkol- och totalkväveinnehåll, procent av lufttorrt prov
Table 14. Total carbon and nitrogen in the experimental soils (0-20 cm). Per cent of air dry sample

Plats Site		År/Year/			
		1959 ^{a)} Kol/Carbon/	1975 ^{b)} Kol	1982 ^{c)} Kol	Total-N
Of	N1		2,7	2,9	0,27
	N5	2,5	2,9	2,6	0,28
Ås	N1		2,6	2,5	0,23
	N5	2,5	2,8	2,4	0,22
Röb	N1		3,2	3,0	0,22
	N5	2,8	3,3	2,9	0,22
Voj	N1		2,3	2,1	0,17
	N5	2,2	2,4	2,0	0,18

a) Genomsnitt för sex bestämningar/Average of six determinations/

b) Genomsnitt för alla PK-nivåer/Average of all PK levels/

c) Medeltal för PK1 och PK6 /Average of PK1 and PK6/

VÄXTNÄRINGSBALANS

Fosfor

I ersättningsleden har 207 till 284 kg fosfor tillförts under de två växtföljdsomloppen, motsvarande 15 till 20 kg per ha och år (tab. 15). Häri ingår även stallgödsselfosfor. Totalt under samma period har 185 till 237 kg bortförts. Detta motsvarar 13 till 18 kg per ha och år. I uppgödslingsleden ligger den årliga bortförseln ett till tre kg högre. I jämförelse med den årliga tillförseln i dessa led som ligger 40 kg över ersättningsleden ökar bortförseln ytterst blygsamt.

Balansposten dvs skillnaden mellan tillförsel och bortförsel visar att försöksplanens intentioner har fullföljts. I ersättningsledet borde balansen vara 0, medan den skall ligga på 40 i uppgödslingsleden. Avvikelseerna från dessa värden är små.

Tabell 15. Balansräkning för fosfor, kg/ha, (N3) inklusive stallgödsel
 Table 15. Nutrient balance sheet for phosphorus, kg/ha, including FYM

	Of		Ås		Röb		Voj	
	PK1	PK3	PK1	PK3	PK1	PK3	PK1	PK3
Tillförsel / Appl. /								
Oml. 1 / rot. /	136	416	92	372	108	388	124	404
Oml. 2 / rot. /	148	428	117	397	137	417	108	388
Summa / Sum /	284	844	209	769	245	805	232	792
kg/ha.år/year/	20	60	15	55	18	58	17	57
Bortförsel / Removed /								
Totalt	237	258	185	204	195	243	214	230
kg/ha.år/year/	17	18	13	15	14	17	15	16
Balans / Balance / (Tillf.-bortf.) / Appl.-removed / kg/ha.år/year/	3	42	2	40	4	41	2	41

Tabell 16. Balansräkning för kalium, kg/ha (N3) inklusive stallgödsel
 Table 16. Nutrient balance sheet for potassium, kg/ha, including FYM

	Of		Ås		Röb		Voj	
	PK3	PK6	PK3	PK6	PK3	PK6	PK3	PK6
Tillförsel / Appl. /								
Oml. 1 / rot. /	810	1370	693	1253	757	1317	780	1340
Oml. 2 / rot. /	1003	1563	887	1447	1093	1653	1180	1740
Summa / Sum /	1813	2933	1580	2700	1850	2970	1960	3080
kg/ha.år/year/	130	210	113	193	132	212	140	220
Bortförsel / Removed /								
Totalt, kg/ha	1758	1886	1386	1621	1791	1981	2040	1967
kg/ha.år/year/	126	135	99	116	128	142	146	141
Balans / Balance / (Tillf.-bortf.) / Appl.-removed / kg/ha.år/year/	4	75	14	77	4	70	-6	79

Kalium

Kaliumtillförseln i ersättningsleden varierar mellan 1580 och 1960 kg under försöksperioden (tab. 16). Detta motsvarar 113 till 140 kg per ha och år.

Det andra omloppets tilförsel är högre än det första. Kaliumbalansen var negativ efter första omloppet, vilket kompenserades i omlopp 2.

Bortförseln under perioden varierar mellan 1380 och 2040 kg. Årlig uppgödsling med 80 kg per ha ökade kaliumbortförseln med skördeprodukterna med upp till 15 kg per ha och år. I Vojakkala skedde ingen ökning alls. Liksom för fosfor innebär detta att en stor del av kaliumgödseln inte utnyttjas av grödan utan går andra vägar i det totala kretsloppet till mötes.

Kväve

Kvävenivå N3 dvs 74 kg per ha och år i genomsnitt svarar rätt väl mot bortförseln (tab. 17). Skillnaden mellan tillförsel och bortförsel blir naturligt nog negativ i N1-leden. Stallgödseltillförseln som tillförs lika över hela försöket medför att utarmningen av kväve motverkas.

Tabell 17. Balansräkning för kväve, kg/ha. Medeltal för alla PK-nivåer
Table 17. Nitrogen balance sheet, kg/ha. Average of all PK levels

	Of			Ås			Röb.			Voj		
	N1	N3	N5	N1	N3	N5	N1	N3	N5	N1	N3	N5
Tillförsel/Appl./ per 2 omlopp /per 2 rotations/	0	1040	3040	0	1040	3040	0	1040	3040	0	1040	3040
I stallg. In FYM	408	408	408	174	174	174	403	403	403	343	343	343
Summa Sum	408	1448	3448	174	1214	3214	403	1443	3443	343	1383	3383
Bortförsel/Removed/ per 2 omlopp /per 2 rotations/	1292	1607	2598	993	1273	2069	1274	1493	2237	1298	1524	2198
Balans/Balance/ Tillf.-bortf. Appl.-rem.	-884	-159	850	-819	- 59	1145	-871	- 50	1206	-995	-141	1185
Kg/ha/år/year/	- 63	- 11	61	- 59	- 4	82	- 62	- 4	86	- 68	- 10	85

Balansposten i N1 kan också ses som ett mått på platsens kvävelevererande förmåga. Ju större absolut värde desto större leveransförmåga. Man finner att Vojakkala toppar följt av Offer, Röbbäcksdalen och Ås. Här måste en anmärkning tillfogas om vallarnas varierande kvävefixering och även om stallgödselns varierande kvävefrigörelse. Detta påverkar i hög grad kväveleveransen i N1. Därför måste uppgifter om platsernas kvävelevererande förmåga tas med stor försiktighet. En mycket väsentlig fråga i detta sammanhang är dock hur länge detta kan fortsätta? En årlig utarmning respektive anrikning av kväve med i stort sett en normaldos för ett år måste på sikt få konsekvenser för både marken och miljön. Detta skall beröras i diskussionsavsnittet.

DISKUSSION

Har skörden sjunkit vid helt utebliven gödsling med handelsgödselkväve? Figur 1 visar att förändringarna än så länge inte är dramatiska. Här har skörden i led utan handelsgödselkväve uttryckts i procent av den maximala skörden för varje år. I Ås och Vojakkala finns en svagt nedåtgående trend, medan förhållandet är det omvända i Offer och Röbbäcksdalen. Sammantaget är förändringarna mindre än årsmånsvariationerna.

Förändringarna går långsamt bl.a därför att stallgödsel tillförs samtliga rutor. Detta innebär en kvävetillförsel av 10-20 kg per ha och år räknat på gödselns totalkväveinnehåll. Att stallgödseln har stor betydelse bekräftas av att i de två försök där en nedåtgående trend erhållits har minst stallgödsel tillförts. Luftkvävefixeringen via baljväxtbakterierna bidrar också till att kväveförsörjningen underlättas. En enkel beräkning på data från Offer visar att kväveupptagningen i led utan handelskvävetillförsel är 15 kg vid noll procent klöver och ökar med 2 kg per procent klöver. I leden utan handelsgödselkväve har klöverhalterna legat mellan 30 och 50 procent. Antar vi som en grov skattning att kväveinnehållet i rötterna är lika stort som i de ovanjordiska delarna betyder det att dessa led ändå tillförs kväve i storleksordningen 75 till 115 kg/ha under vart och ett av växtföljdens tre vallår. Därtill skall kvävetillförseln i återväxten läggas. Den är många gånger minst lika stor som i första skörden. En försiktig skattning på 50 procent av första skörd ger en total kvävetillförsel via baljväxtfixering på 113 till 173 kg per vallår. Under tre år blir det alltså mellan 350 och 500 kg kväve som tillförs marken. Det betyder att värdena för tillförseln i N1-leden i tab. 17 skall ökas med 700 till 1000 kg (två växtföljdsomlopp). Den totala kvävetillförseln kommer då i nivå med N3-leden. Detta tillsammans med stallgödseltillförseln är sannolikt orsaken till att skördenivån har kunnat upprätthållas även i led som ej tillförts handelsgödselkväve.

Grundskörd
% av maxskörd
Basic yield % of
maximum yield

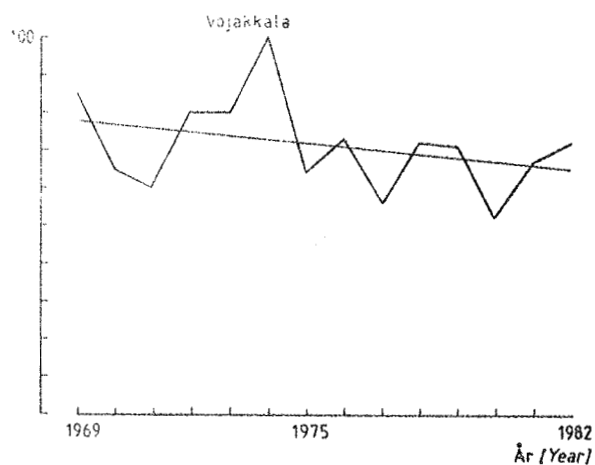
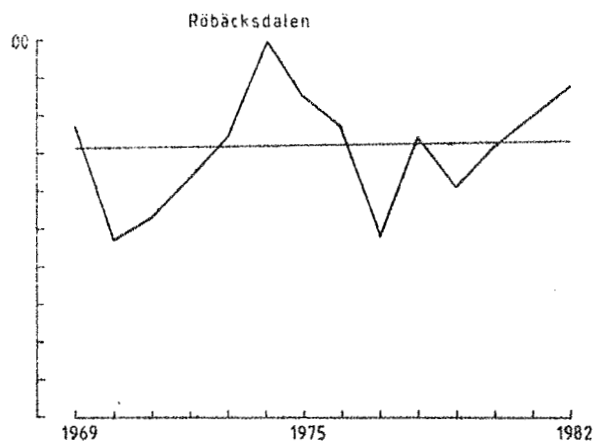
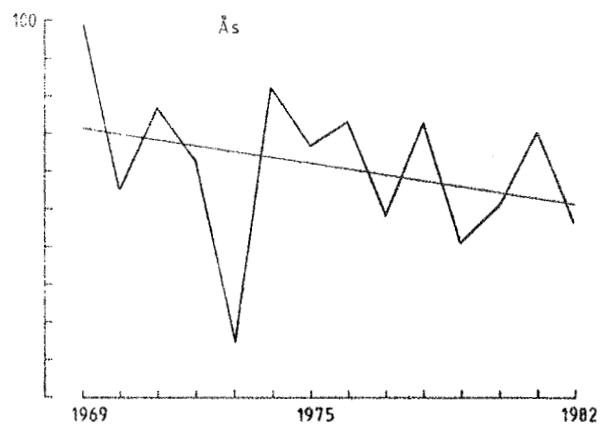
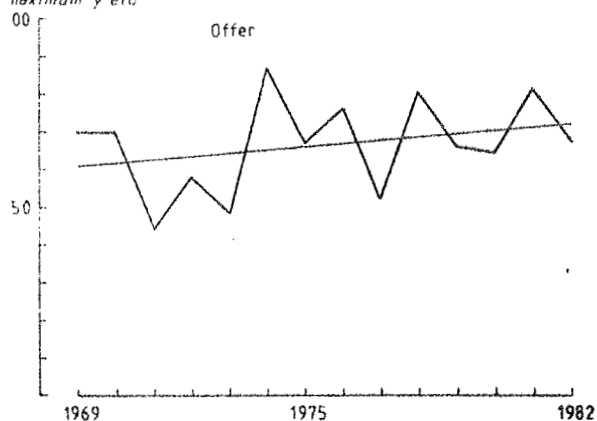


Fig. 1. Skörd utan tillförsel av handelsgödselkväve i procent av skörd vid biologiskt optimal kvävetillförsel. PK-nivå 1.

Fig. 1. Yields without application of inorganic nitrogen expressed as per cents of yields at biological optimal nitrogen supply PK-level 1

Markkarteringsförsöken med fosfor har visat att endast underhållsgödsling med P ej är tillräckligt för att upprätthålla den AL-lösliga fraktionen av fosfor i marken (Hahlin & Eriksson, 1981). Detta har bekräftats även i föreliggande försök. Här har även ersättningsprincipen med avseende på kalium medfört att K-AL-talen sjunkit.

Den fosfor som lämnat P-AL-fraktionen motsvarar 11 kg per ha och år i Vojakkala. Motsvarande siffror för Offer, Röbbäcksdalen och Ås är 3, 6 och 9 kg. Eftersom ökningen i P-AL är liten i uppgödsledningen i Röbbäcksdalen och Vojakkala och eftersom fosforgödslingseffekterna är påtagliga där kan man utgå från att fosfor fastläggs mest i Röbbäcksdalen och Vojakkala.

Baserade på växtnäringsbalanserna i tabellerna 15 och 16 kan beräknade P-AL- och K-AL-värden erhållas. En sådan beräkning tyder på att P-AL respektive K-AL i uppgödsledningen skulle ha stigit med ca 20 respektive 40 enheter under försöksperioden. Av tab. 13 framgår att den verkliga ökningen ligger långt därunder. Tillförd fosfor och kalium har inaktiverats genom fastläggningsmekanismer och för kaliums del kan utlakning inte heller uteslutas. Därför kan de inte återfinnas i de AL-lösliga fraktionerna.

I sexåriga markkarteringsförsök med kalium tillfördes 528 kg/ha K vid start, vilket motsvarar 88 kg/ha och år (Hahlin & Johansson, 1977). K-AL-talen sjönk mellan år 2 och år 6 från 16,0 till 9,7 mg/100 g jord. Här har ersättningsgivorna med kalium legat på drygt 100 kg/ha och år. Detta är en relativt hög nivå. Ändå finns en tendens till att K-AL sjunker, trots att gödslingen dessutom skett årligen och inte som engångsgiva vid start. Det senare torde i högre grad än det förra främja fastläggningsreaktioner. Fortsatta undersökningar får visa om tendenserna håller i sig.

I Röbbäcksdalen och Vojakkala varierar K-AL med växtföljden. Analysvärdena från 1972 och 1979 är lägre än de omgivande årens. De har tagits efter vall III. Då är K-AL-fraktionen maximalt ansträngd genom vallens stora kaliumbehov. Under de tre vallåren (1970-72) fördes allt som allt 443 respektive 488 kg/ha K bort i Röbbäcksdalen respektive Vojakkala. Motsvarande siffror för vallperioden 1977-79 var 613 respektive 608. Tillförseln med handelsgödsel under samma perioder har varit 318 (lika på båda platserna) och 438 respektive 588 kg under den senare perioden. Sammantaget ger detta negativa kaliumbalanser som skulle motsvara sänkning av K-AL-talen med mellan 1 och 7 enheter. Så stora sänkningar erhöles inte vilket tyder på att dels stallgödseln, dels även alven har bidragit till kaliumförsörjningen.

Kaliumeffekterna var ofta negativa. Här kan magnesiumtillståndet ha betydelse. Den fortgående uppgödslingen med kalium utan motsvarande tillförsel av magnesium kan rubba ba-

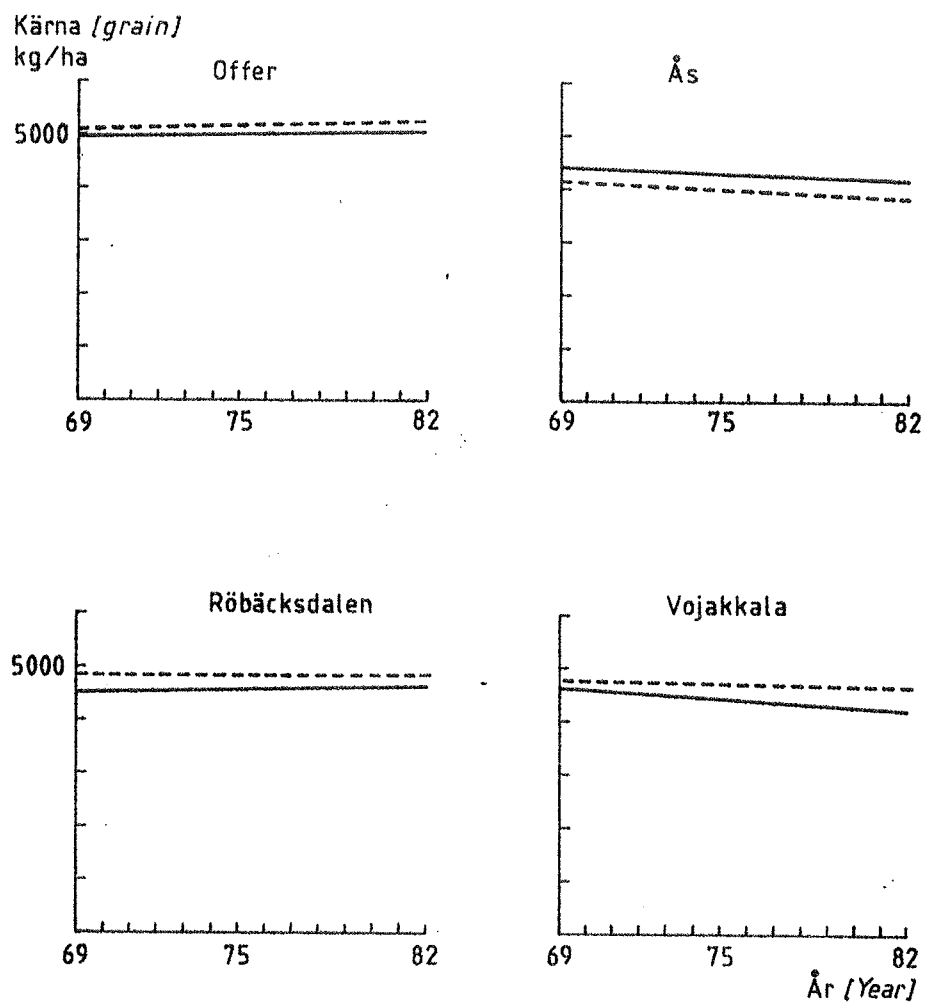


Fig. 2. Skörd vid biologiskt optimal kvävetillförsel —=PK1, ----=PK3
 Fig. 2. Yields at biological optimal nitrogen supply. —=PK1, ----=PK3

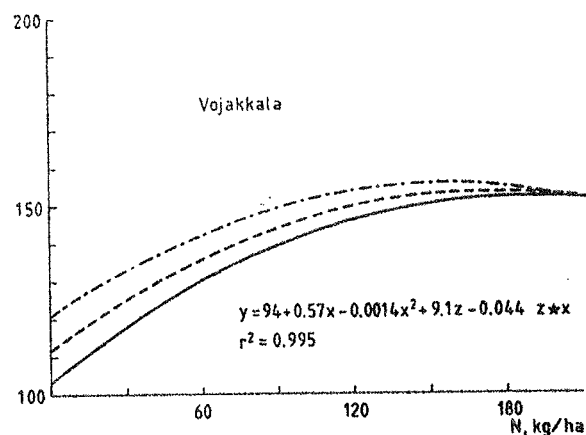
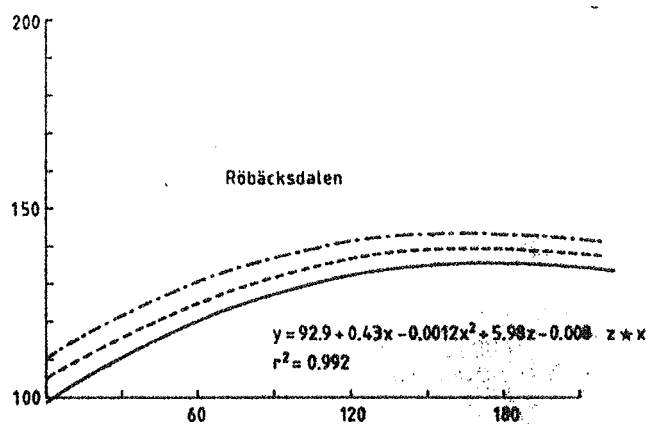
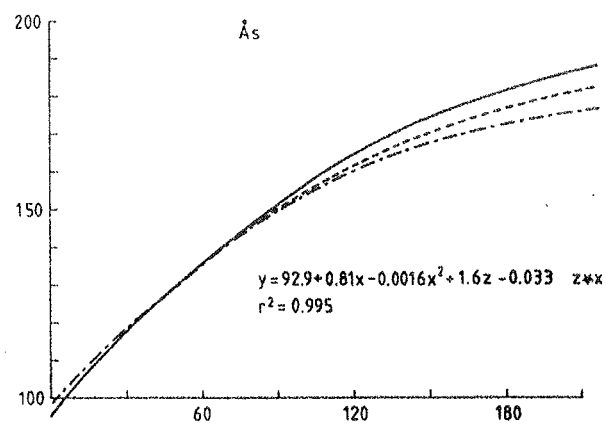
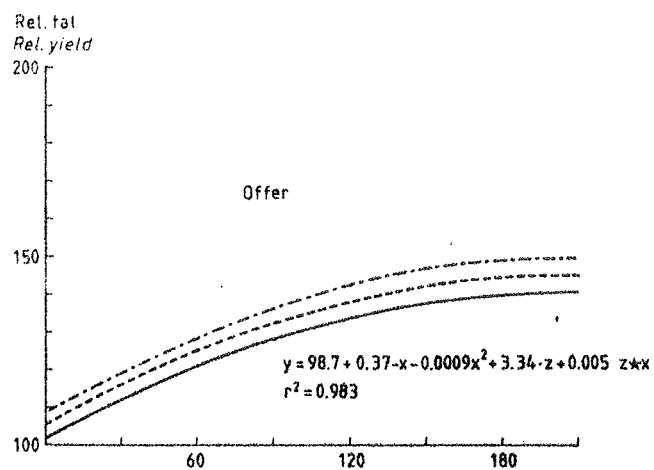


Fig. 3. Relativ avkastning som funktion av N- och P-gödsling. $x=N$, kg/ha, $z=P$, kg/ha, y =relativ avkastning (PK1, $N1=100$) —=ersättning P, ---=ersättn.+20P, -.-.=ersättn.+40P

Fig. 3. Relative yield as a function of N- and P-application. $x=N$, kg/ha, $z=P$, kg/ha, y = relative yield (PK1, $N1=100$, replenishment of P and K, without inorganic N) —=replenishment P, ---=repl.+20, -.-. = repl. +40P

lansen. I Röbbäcksdalen märks detta tydligast. I slutet av omlopp 2 finns ungefär 10 gånger så mycket kalium som magnesium i PK 6. Vid försökets start fanns ungefär lika mycket av båda. Rubbad balans mellan kalium och magnesium är den troligaste orsaken till de ofta negativa kaliumeffekterna. I sammanhanget kan det också vara värt att notera att i både Röbbäcksdalen och Vojakkala har K-AL-talen i PK 6 kommit upp ganska högt och klart högre än i Ås och Offer. Kanhända är det också en anledning till de negativa effekterna.

För att klarlägga om markens sjunkande växttillgängliga näringsinnehåll även påverkade skörden undersöktes hur max-skördenivån i PK 1 respektive PK 3 förändrades över åren. Den högsta skörden vid stigande kvävetillförsel i de båda PK-nivåerna beräknades för varje år och trenden studerades (fig 2). Det är endast i Vojakkala som en tendens till ökad skillnad mellan skördarna med tiden kan ses. Det är också i Vojakkala som sänkningen av P-AL-talen är kraftigast.

Efterhand som fosforförsörjningen försämrats kommer skördenivån att avta. Men processerna sker med viss fördröjning i förhållande till varandra. P-AL-talen börjar sjunka tidigare än skördarna.

Kurvorna i figur 1 visar vissa karaktäristiska gemensamma drag. Sålunda återfinns en topp år 6 (1974) i samtliga. Likaså ett lågt värde år 8 (1977). Trots helt skilda försökslokaler har en viss årsmånstyp gett liknande resultat på samtliga platser. Klimatets samspel med grödan har betytt mera än samspelet klimat och plats. En viss klimattyp gynnar eller missgynnar en gröda oberoende var den odlas. Är då platsernas reaktionsmönster vid gödsling likartade? Markanalyserna tyder inte på att så skulle vara fallet. pH-värdena i Offer och Ås ligger 0,5 till 0,8 enheter högre än de båda andra. Kol/kväveknoterna är de lägsta i samma försök. Erfarenhetsmässigt borde detta innebära hög mineraliseringskapacitet med små utslag för kvävegödsling. Den genomsnittliga kväveeffekten över alla grödor i omlopp två avtar dock i ordningen Ås, Röbbäcksdalen, Vojakkala och Offer. Ås och Offer ligger alltså först respektive sist. Det är troligt att stallgödseltillförseln är den viktigaste bakomliggande faktorn även här. Platsernas naturliga kvävelevererande förmåga överskuggas av effekter från odlingsåtgärderna och det går därför inte att rangordna dem i detta avseende.

Försöken belyser hur kvävebehovet varierar med PK-gödslingen, en viktig fråga i sammanhanget. En jord med gott PK-tillstånd förväntas ha större kvävebehov än en med sämre PK-tillstånd. Figur 2 visar detta närmare. Här har endast omlopp två betraktats därför att då förväntas försöksjordarna ha ställt in sig på vissa karaktäristiska PK-nivåer.

Figuren visar gödslingseffekten i relativtal med PK1, N1=100. De tre kurvorna i respektive figur återger kväveeffekten vid tre olika fosfortillstånd. I Ås och Vojakkala går kurvorna isär. I Offer och Röbbäcksdalen är de parallella. Att kurvorna går isär betyder att kväveeffekten är beroende av PK-tillståndet. I detta fall avtar kväveeffekten med stigande fosforgödsling. Det betyder också att vid riklig fosforgödsling ligger optimal kvävegiva lägre än vid låg fosfortillförsel. Vilka förklaringar kan finnas till detta som går stick i stäv med det förväntade. Liggsäd vid insådden som försämrar valletableringen är den troligaste. Liggsädesförekomsten ökade både vid stigande fosforgödsling och stigande kvävegödsling. Detta inverkar negativt på vallavkastningen och gödslingsutslagen för kväve kommer därför att bli mindre ju högre fosfortillförseln är. I Ås framträdde skillnaderna tydligast i vall II. Negativa effekter från insådden observerades i form av luckigt vallbestånd. Följande tablå visar avkastningen i insåningsgrödan och den totala vallavkastningen för tre år i Ås.

	Gödsling kg/ha, N	PK1	PK2	PK3
Korn	40	4740	4290	4430
Vall I-III	80	14270	11474	13750
Rel.		100	80	96
Korn	80	5760	4010	3980
Vall I-III	320	24760	20610	19460
Rel.		100	83	79

Vid den högre kvävenivån sjunker vallavkastningen starkt med stigande P-nivå. Man ser också hur kärnskörden minskar med stigande P-nivå; mera vid stark än vid svag N-gödsling. Detta tyder på att det är dålig valletablering vid insådden som orsakar samspelet mellan kväve- och fosforgödsling.

Slutsatsen blir att något direkt samspel i stil med bättre kväveeffekt vid bra fosfortillstånd inte har kunnat verifierats. Indirekt kan dock samspel förekomma. Då är det sämre valletablering på grund av liggsäd vid insådden som är orsaken.

En motsvarande undersökning rörande samspelet mellan kväve och kalium har också gjorts. Inget samspel förekom där heller.

SUMMARY

In four long-term field experiments in north Sweden the impacts of N, P and K fertilization on yields and yield properties as well as soil properties are investigated. The experiments started 1969. The crop rotation is barley, three years of ley, green rape, barley and potatoes. Nitrogen application comprises five different levels, P application three and K application two levels. All combinations are represented which means 30 plots. The design is split-plot in two replications with the PK-combinations on main plots and N levels on sub plots. The PK-combinations are shown below in kg/ha:

1.	Replenishment	P and K	
2.	"	"	+ 20 P
3.	"	"	+ 40 P
4.	"	"	+ 80 K
5.	"	"	+ 20 P + 80 K
6.	"	"	+ 40 P + 80 K

The rates of N were adapted to the crop in question (tab. 1). All the fertilizers were applied each year. Farm yard manure (FYM) was planned to be applied twice in the crop rotation. This was not completely realized. One site (Offer) received an extra application and one site (Ås) one application less than planned.

The experimental yields were large and often superiour to the average yields of the experimental regions.

Nitrogen increased the yields substantially and the most in green rape and potatoes. In the leys nitrogen effects were more variable than in the other crops.

Yearly application with 40 kg/ha, P above the level of replenishment was positive in potatoes and in green rape. Negative P-effects were not unusual and they were most frequent at Offer. Potassium fertilizer above the level of replenishment was generally not positive except at Ås. As with N and P, potatoes reacted positive on K application.

In ley III the percentage clover of the herbage was near 50 percent on zero N plots. The highest N rates caused a decrease of clover to almost zero. P and K application did not affect clover percentage noticeably. The clover percentage was higher in ley III than in ley I due to lodging during the pretreatment year.

The level of replenishment of P and K has not sustained AL-extractable levels of P and K in the soils. Yearly applications above the level of replenishment increased AL-extractable amounts.

Nitrogen balance calculations showed a net removal each year

of N equaling one year's N application. On the contrary the heaviest N fertilized plots showed a similar enrichment of N each year.

It may be concluded from the experiments that the levels of replenishment of P and K are insufficient to sustain AL-extractable levels in soil. This concerns particularly P. Yearly applications with 20-40 kg/ha, P above replenishment level will increase soil content.

The yields were not noticeably affected by the decrease of P in the soils during the experimental period.

The yield data were subject to investigations whether there were interactions between the fertilizer effects of N by P and N by K or not. At Ås and Vojakkala a negative relationship between N and P was established. Yield response to N fertilizer decreased the heavier the P application was. Leys were sown with barley as cover crop. Lodging appeared more frequently when P application increased. This resulted in leys not as well established as those with low P applications (cf. clover percentage above). That is the reason to the observed interaction effects. A similar investigation concerning interactions between N and K was also performed with the same result.

LITTERATUR

- Jansson, S.L. 1975. Bördighetsstudier för markvård. försök i Malmöhus län 1957-74. Kungl. Skogs- och Lantbruksakademiens tidskrift. Supplement nr 10.
- Hahlin, M., & Eriksson, J. 1981. Fosfor och fosforgödsling. Aktuellt från lantbruksuniversitetet, nr 294.
- Hahlin, M., & Johansson, L. 1977. Några analysmetoders förmåga att beskriva växtnäringstillståndet för fosfor och kalium i marken. Lantbrukshögskolans meddelanden, A 271.
- Mattsson, L. 1979. Kväveintensitet vid olika markbördighet. Jordanalydata vid försöksstarten. Rapporter från avdelningen för växtnäringlära, nr 121. Sveriges Lantbruksuniversitet, 750 07 UPPSALA.

RAPPORTER FRÅN AVDELNINGEN FÖR VÄXTNÄRINGSLÄRA

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

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

- | Nr | År | |
|-----|------|--|
| 125 | 1980 | Börje Lindén: Mineralkväve i åkerjor­dar i Halland och Uppland.

<i>Mineral nitrogen in cultivated soils in the Swedish provinces of Halland and Uppland.</i> |
| 126 | 1980 | Gyula Simán och Harry Linnér: Styrning av stråsädesgrödans kärnavkastning och proteinhalt genom kvävegödsling efter växtanalys och genom bevattning.

<i>Control of yield and protein in cereals by nitrogen fertilization based on plant analysis and by irrigation.</i> |
| 127 | 1980 | Karl Olof Nilsson: Skördeutveckling och omsättning av organisk substans vid användning av olika kvävegödsel­medel och organiska material. Undersökningar i ett ram­försök under 20 år.

<i>Development in harvest and conversion of organic matter when using different nitrogen fertilizers and organic materials. Studies in a small-plot field trial during 20 years.</i> |
| 128 | 1980 | Jan Persson: Detaljstudium av den organiska substansens omsättning i ett fastliggande ramförsök.

<i>Detailed investigations of the soil organic matter in a long term frame trial.</i> |
| 129 | 1980 | Janne Eriksson, avd för lantbrukets hydroteknik: Inverkan på markstrukturen av olika kvävegödselmedel och organiska material.

<i>The influence on soil structure of different nitrogen fertilizers and organic materials.</i> |
| 130 | 1980 | Lennart Mattsson och Nils Brink: Gödslingsprognoser för kväve.

<i>Fertilizer forecasts.</i> |
| 131 | 1980 | Magnus Hahlin, Lennart Johansson och Lars Gunnar Nilsson: Kaliumgödslings­effektens beroende av balansen mellan kalium och magnesium. I. Kärnförsök.

<i>Effects of potassium fertilization depending on the balance between potassium and magnesium. I. Pot experiments.</i> |
| 132 | 1981 | Börje Lindén: Ammonium- och nitratkvävets rörelser och fördelning i marken. I. Litteraturöversikt.

<i>Movement and distribution of ammonium- and nitrate-N in the soil. I. Literature review.</i> |
| 133 | 1981 | Peder Waern: Spridningstidpunkt och tillförselsätt för flytande kvävegödselmedel till stråsäd.

<i>Time and method of application of nitrogen solutions for cereals.</i> |

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

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

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

DISTRIBUTION:

Sveriges lantbruksuniversitet
Avdelningen för växtnäringslära
750 07 UPPSALA

Tel. 018-171249, 171255
