

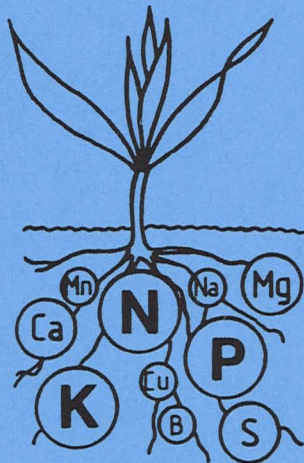


SVERIGES LANTBRUKSUNIVERSITET

Kväveflöden i olika odlingsssystem Försök på Lanna, Skaraborgs län

Nitrogen flow in different cultivation systems
A field experiment at Lanna Research Station in south-west Sweden

Enok Haak, Börje Lindén och Per Johan Persson



**Institutionen för markvetenskap
Avd. för växtnäringslära**

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

**Rapport 194
Report**

Uppsala 1994
ISSN 0348-3541
ISRN SLU-VNL-R-194-SE



SVERIGES LANTBRUKSUNIVERSITET

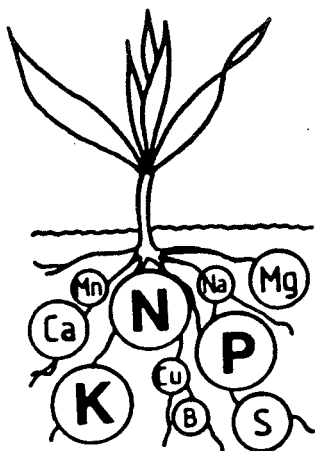
Kväveflöden i olika odlingsssystem

Försök på Lanna, Skaraborgs län

Nitrogen flow in different cultivation systems

A field experiment at Lanna Research Station in south-west Sweden

Enok Haak och Börje Lindén, Avdelningen för växtnäringslära
Per Johan Persson, Lanna försöksstation



Institutionen för markvetenskap
Avd. för växtnäringslära

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

Rapport 194
Report

Uppsala 1994
ISSN 0348-3541
ISRN SLU-VNL-R-194-SE

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

INLEDNING	7
MATERIAL OCH METODER	8
Försöksplats	8
Försöksplan	8
Redovisning	10
RESULTAT	10
Skörd	10
Kväveskörd och kväveutnyttjande	12
Kväveutlakning	14
Kvävebalanser	16
DISKUSSION	18
SUMMARY	21
LITTERATUR	21

**KVÄVEFLÖDEN I OLIKA ODLINGSSYSTEM.
FÖRSÖK PÅ LANNA, SKARABORGS LÄN**

SAMMANFATTNING

- o Ett fastliggande fältförsök startades 1979 på Lanna försöksstation, Skaraborgs län, med syfte att studera växtföljdens och driftsinriktningens inverkan på kväveflödet i olika odlingssystem.
- o Undersökningen omfattar sju system med sexåriga omlopp: två med kreatursdrift, I och II, två med grödor för avsalu, III med stark och IV med svag N-gödsling, ett alternativt/ekologiskt, V, samt två kornmonokulturer, VI med tillförsel av svinflytgödsel och handelgödsel-N och VII med enbart tillförsel av handelgödsel-N.
- o Varje odlingssystem har ett separat dräneringssystem för bestämning av kväveutlakningen med dräneringsvattnet.
- o Resultat redovisas från de två första omloppen, 1979-84 och 1985-90, vad gäller skördar, kväve bortfört med skördade växtprodukter samt mängden utlakat nitratkväve.
- o För att belysa baljväxters inflytande på kväveflödet odlades sådana i system II och V, lucern-gräs respektive rödklöver, åkerbönor och ärter. Kvävefixeringen hos dessa baljväxter syntes öka i ordningen:
ärter < åkerbönor < klöver < lucern
- o I de fem andra systemen steg utnyttjandet av tillfört nitrat- och ammoniumkväve i ordningen:
VI(65%) < III(66%) < VII(67%) < IV(76%) < I(78%)
- o Utlakningen av nitratkväve, som får anses vara relativt liten, varierade från år till år i de sju undersökta odlingssystemen. Som genomsnitt i kg N per ha och år ökade den i ordningen:
II(2,2) < IV(2,7) < I(4,2) < V(5,6) < III,VI(6,9) < VII(10,4)
- o Kvävebalanser (= ammonium- och nitratkväve tillfört med gödselmedel - kväve bortfört med växtprodukter - utlakat kväve) diskuteras liksom ändringar av växtföljderna för att öka kväveutnyttjandet och reducera risken för utlakning.

INLEDNING

Det har framförts olika uppfattningar om hur jordbrukets växtodling skall bedrivas. Den ena ytterligheten, *programmerad växtodling*, innebär att grödan tillförs växtnäring i mängder, som väl räcker till toppskörd samt att bekämpningsåtgärder mot ogräs och växtsjukdomar sätts in vid vissa tidpunkter oavsett om akut behov kommit till synes eller inte. Den andra ytterligheten, *alternativ eller ekologisk växtodling*, innebär en driftsform utan insatser av handelsgödsel och kemiska bekämpningsmedel. Under det senaste årtiondet har den programmerade växtodlingen alltmera ersatts av behovsanpassade insatser.

Den intensiva odlingen har av många uppfattats som negativ för miljön med avseende på bekämpningsmedelsrester och växtnäring förluster. Den alternativa/ekologiska odlingen har däremot ansetts vara miljövänlig. Detta kan i många fall vara riktigt. Man har emellertid saknat kännedom om växtnäring förluster från dylika odlingssystem, exempelvis genom förluster av baljväxtkväve. Detta har medfört svårigheter att ta ställning till växtodlingens utformning.

Lantbruksuniversitetets avdelning för växtnäring lära har engagerats i frågan och har i detta syfte långvariga fältprojekt i olika delar av landet, bl.a. i Skåne och Västergötland. Projekten utgöres av jämförelser mellan skilda odlingssystem med avseende på kväveflöden och utlakningsrisker. En viktig målsättning har varit att anvisa regionalt anpassade odlingssystem, som samtidigt är uthålliga och miljövänliga.

Det projekt som redovisas här, R3-0056, initierades av professor Sven L Jansson och distriktförsöksledare Sven Ohlsson. Det är förlagt till SLU:s försöksstation Lanna i Skaraborgs län. De två första omloppen, som behandlas här, omfattar åren 1979-84 och 1985-90. Projektet, som fortlöper under ett tredje omlopp, har i huvudsak bekostats med SLU:s egna medel.

MATERIAL OCH METODER

Försöksplats

Fältet, där projektet genomförs, är beläget på SLU:s försöksstation Lanna ca 20 km väster om Skara och representerar Varaslättan. Som framgår av tabell 1 består matjorden av måttligt mullhaltig styv lera och alven av styv till mycket styv lera. pH-värdet är 6,9 i matjorden och ökar med djupet. Markprofilen får bedömas som rotvänlig (Haak, 1978).

Tabell 1. pH, mullhalt och textur (%) i olika markskikt
Table 1. pH, organic matter content and texture (%) in different soil layers

Markskikt, cm Soil layer, cm	pH-H ₂ O	Mullh. O.M.	Sand Sand	Mjåla Silt	Ler Clay
0 - 20	6,9	3,1	8,0	44,5	44,4
20 - 40	6,9	0,6	6,7	36,6	56,1
40 - 60	7,2	0,7	3,8	35,4	60,1
60 - 80	7,3	0,0	2,7	35,8	61,5
80 - 100	7,5	0,0	1,3	37,2	61,5
100 - 125	7,6	0,0	1,2	35,1	63,7
125 - 150	7,8	0,0	1,5	38,2	60,3
150 - 175	7,8	0,0	1,1	36,9	62,0
175 - 200	7,7	0,0	1,2	39,0	59,8

Fältet är dränerat med sju åtskilda täckdikningssystem, som vardera avvattnar en yta på 0,45 ha, ett för varje odlings-system. Provtagnings- och mätutrustning för avrinningsvatten installerades i befintliga uppsamlingsbrunnar och testades två år i förväg, 1977 och 1978. I varje odlingsystem har mängd avrunnet vatten och utlakat NO₃-N bestämts.

Försöksplan

Som förhistoria kan noteras att fältet trädades 1970. Sedan odlades stråsäd fram till 1979 då de sju odlingsystemen infördes. År 1977 utfördes blindförsök med höstvetete och 1978 med korn. Grödorna under försöksåren 1979-90 anges i tabell 2. Parvis ingår tre jämförelser: kreatursstarka system med övervägande vallodling (I och II), grödor för avsalu (III och IV) samt två kornmonokulturer (VI och VII). System V representerar alternativ/ekologisk odling (A/E) med baljväxter omväxlande med stråsäd vartannat år och ingen tillförsel av handelsgödsel.

Tabell 2. Försöksplan: Grödor och tillförsel av kväve, kg/ha och år, med handels- och stallgödsel
 Table 2. Experimental plan: Crops and application of nitrogen, kg/ha and year, in mineral fertilizers and manure

År Year	Kreatursdrift Dairy farming		Avsalugrödor Cash crops		A/E	Monokultur Monoculture	
	I Gräs Grass	II Lu. Lucern -grass	III Int. Inten- sive N	IV Ext. Exten- sive N	V Baljv. Legu- minous	VI Svin Pig	VII Fånggr. Catch crop
1979	Gr1 201	Lu1	Vr 152	Vr 73	K1	Ko 107	Ko 122
1980	Gr2 204	Lu2	Hv 146	Hv 74	Hv 39#	Ko 188■	Ko 123F
1981	Gr3 191	Lu3	Ha 99	Ha 51	Åb	Ko 99	Ko 114
1982	Gr4 295♣	Lu4	Vr 147	Vr 75	Ha	Ko 152■	Ko 113F
1983	Vr 120♣	Vr 52#	Hv 150	Hv 75	År	Ko 110	Ko 120
1984	Ko 104♣	Ko 53#	Ko 105	Ko 54	Ko 35#	Ko 104■	Ko 127F
1985	Gr1 200	Lu1	Vr 150	Vr 75	K1	Ko 100	Ko 125
1986	Gr2 200	Lu2	Hv 150	Hv 75	Hv 39#	Ko 100■	Ko 125F
1987	Gr3 200♣	Lu3	Ha 100	Ha 50	Åb a)	Ko 100	Ko 125
1988	Gr4 200	Lu4	Vr 150	Vr 75	Ha	Ko 100■	Ko 125F
1989	Vr 120♣	Vr 30#	Hv 150	Hv 75	År	Ko 100	Ko 125
1990	Ko 100♣	Ko 70#	Ko 100	Ko 50	Ko 47#	Ko 100■	Ko 125F

♣: Nötflytgödsel = Cattle slurry; F: Fånggröda = Catch crop;
 #: Nötfastgödsel = Cattle manure; ■: Svinflytg. = Pig slurry;
 Gr: Gräsvall = Grass ley; Lu: Lucern-gräs = Lucern grass;
 Vr: Vårraps = Spring rape; Ko: Vårkorn = Spring barley;
 Hv: Höstvetete = Winter wheat; Ha: Havre = Oats;
 K1: Rödklöver = Red clover; Åb: Åkerbönor = Broad beans;
 År: Ärtar = Peas;
 a) Grödan nedplöjdes. The crop was ploughed down.

Kväve gavs med kalksalpeter samt där så anges med stallgödsel, vars kväveverkan baseras på mängd $\text{NH}_4\text{-N}$. Som $\text{NH}_4\text{-N}$ och summerat för 1979-90 gavs i system I 419 kg/ha med nötflytgödsel(♣), i system II 205 och i system V 160 kg/ha med nötfastgödsel(#), i system VI 435 kg/ha med svinflytgödsel(■). Den fasta stallgödseln gavs på hösten, medan flytgödseln gavs på tjäle, i vårbruk eller med släpslang i växande gröda. Vissa år tillfördes flytgödseln tillfördes med myllningsaggregat.

Skörderestbehandlingen var olika. I system I, II, och III bortfördes stråsädeshalmen medan oljeväxthalmen nedbrukades. I system IV nedplöjdes alla skörderester. I system V bortfördes stråsädes- och ärthalmen medan bönhalmen nedplöjdes.

I december 1987 nedplöjdes både fröskörd och halm av åkerbönor i system V på grund av otjänlig väderlek och sen mognad. I system VI nedplöjdes kornhalmen. I system VII bortfördes kornhalmen före sådd på hösten av foderraps som fånggröda (F) vartannat år samt nedplöjdes övriga år.

Redovisning

Skördarna av de olika grödorna redovisas som kärnskörd för stråsäd, som fröskörd för vårraps, ärter och åkerbönor, alla vid 15 % vattenhalt, samt som torrsbstansskörd för gräs- och lucern-gräsvallar, de sistnämnda årsvis summerade för två eller tre delskördar. Samtliga skördar anges i dt/ha.

Med växtprodukter bortförda N-skördar baseras på ts-skördar och deras totalkvävehalt bestämd enligt Kjeldahl-metoden. Liksom för tillförda N-gödselmedel anges N-skördarna och utlakat nitratkväve i kg/ha N. Tabellhuvudena är förkortade i tabell 3, 4, 5 och 6 jämfört med försöksplanen i tabell 2.

RESULTAT

Skörd

Skördarna av ekonomiskt viktiga växtprodukter för de sju undersökta systemen återges i tabell 3.

Tabell 3. Skördar av ekonomiskt viktiga växtprodukter, dt/ha
Table 3. Yields of economically important products, dt/ha

År Year	Kreatursdrift Dairy farming		Avsalu grödor Cash crops		A/E	Monokultur Monoculture	
	I Grass	II Lucern	III Int.	IV Ext.	V Leg.	VI Pig	VII F
1979	Gr1 106,6	Lu1 96,8	Vr 27,8	Vr 24,8	Kl 89,9	Ko 45,9	Ko 43,6
1980	Gr2 111,2	Lu2 71,8	Hv 55,4	Hv 58,0	Hv 62,2	Ko 44,1	Ko 43,7
1981	Gr3 69,6	Lu3 63,1	Ha 57,6	Ha 44,1	Åb 45,6	Ko 42,3	Ko 38,7
1982	Gr4 67,5	Lu4 82,7	Vr 25,8	Vr 12,6	Ha 42,4	Ko 42,1	Ko 47,0
1983	Vr 18,2	Vr 21,7	Hv 79,3	Hv 45,8	År 24,1	Ko 43,7	Ko 48,0
1984	Ko 68,8	Ko 69,0	Ko 64,7	Ko 43,7	Ko 37,0	Ko 58,0	Ko 63,2
1985	Gr1 109,2	Lu1 85,6	Vr 18,3	Vr 11,7	Kl 40,1	Ko 43,7	Ko 53,1
1986	Gr2 65,0	Lu2 74,9	Hv 62,9	Hv 44,9	Hv 55,8	Ko 42,1	Ko 45,4
1987	Gr3 110,9	Lu3 96,8	Ha 59,7	Ha 45,6	Åb a)	Ko 35,3	Ko 40,4
1988	Gr4 87,3	Lu4 65,2	Vr 5,3	Vr 6,3	Ha 40,2	Ko 32,2	Ko 16,0
1989	Vr 18,6	Vr 14,3	Hv 84,5	Hv 60,7	År 19,7	Ko 52,7	Ko 52,7
1990	Ko 44,7	Ko 62,1	Ko 62,1	Ko 42,6	Ko 30,1	Ko 44,7	Ko 58,3

System I och II

I dessa båda kreaturstarka system tillämpades vallodling med tillförsel av nötflytgödsel(†) respektive nötfastgödsel(‡) vid tre respektive två tillfällen per omlopp, tabell 2. Kväveregimerna var väsentligt olika. System I baserades på 4-åriga gräsvallar (Gr1, Gr2, Gr3, Gr4) och tillförsel av handelsgödselkväve, system II på 4-åriga lucern-gräsvallar (Lu1, Lu2, Lu3, Lu4) med utnyttjande av baljväxtkväve.

Som genomsnitt för vallåren 179-82 och 1985-88 blev ts-skörden per ha och år 89 respektive 93 dt gräs mot 79 respektive 81 dt lucern-gräs. Efterverkan i vårraps och korn varierade. För vårraps var fröskörden 18,2 och 18,6 dt efter gräsvall mot 21,7 och 14,3 dt efter lucern. För korn blev kärnskorörden stor, 69 dt, i båda systemen 1984. År 1990 var kärnskorörden däremot mindre efter ren gräsvall och raps, 44,7 dt, än efter lucern-gräsvall och raps, II, 62,1 dt.

System III och IV

I dessa båda system med grödor för avsalu och utan tillförsel av stallgödsel jämfördes intensiv (III = int.) och extensiv (IV = ext.) N-gödsling. N-gödslingen var halverad i system IV jämfört med system III, tabell 2. Som väntat blev utbytet av stråsädeskärna och rapsfrö betydligt större i system III än system IV under båda omloppen med undantag för 1980. Detta år angreps höstvetet av brunfläcksjuka, som inte bekämpades. Angreppen ökar med tillförsel av lättlösligt kväve. Av denna anledning blev kärnskorörden 1980 2,6 dt mindre i system III än i system IV.

Trots detta var medelskorörden för höstvete under 4 år 18 deciton mindre i system IV system III (70 dt/ha) motsvarande en skördesänkning med 26 procent. Medelskorörden för vårsäd under 4 år var 61 dt i system III och 44 dt i system IV, som motsvarar 28 procents skördebortfall i det senare systemet. Medelskorörden för vårraps under 4 år blev 19 dt i system III och 14 dt i system IV. Den synnerligen låga rapsskorörden 1988 beror på en lång torkperiod under vår-försommar.

System V

I detta system med alternativ/ekologisk odling ingick baljväxter som förfrukt till de tre stråsädesgrödorna, klöver till höstvete, åkerbönor till havre och foderarter till korn. Kväve gavs med nötfastgödsel till höstvete och korn. I medeltal var kärnskorörden per ha och år för höstvete 59,0 havre 41,3 och korn 33,6 dt. Jämfört med övriga system blev kornskörden i system V avsevärt lägre såväl 1984 som 1990.

System VI och VII

Korn odlades i monokulturer. System VI var anpassat till svinproduktion med tillförsel av svinflytgödsel vartannat år och kompletterande giva av handelsgödsel. System VII utgjorde ett avsalusystem med foderraps som eftersådd fånggröda varannan höst samt större tillförsel av handelsgödselkväve, tabell 2.

Som genomsnitt per år för 6-årsperioder blev kärnskördarna något större 1979-84 än 1985-90, 46 respektive 42 dt i system VI samt 47 respektive 44 dt i system VII. Som genomsnitt för hela 12-årsperioden 1979-90 var de i system VI 44 dt och i system VII 46 dt. Kärnsköörden var endast 16 dt i system VII under 1988 till följd av vår-försommartorka.

Kväveskörd och kväveutnyttjande

Kvävemängderna i ekonomiskt viktiga växtprodukter från de sju undersökta systemen återges i tabell 4. För vall avses årsvisa summor av enskilda delskördar.

Tabell 4. Kvävemängd i ekonomiskt viktiga växtprodukter, kg/ha
Table 4. Nitrogen yields in economically important products, kg/ha

År Year	Kreatursdrift Dairy farming		Avsalugrödor Cash crops		A/E		Monokultur Monoculture	
	I Grass	II Lucern	III Int.	IV Ext.	V Leg.	VI Pig	VII F	
1979	Gr1 165	Lu1 317	Vr 54	Vr 34	Kl 231	Ko 71	Ko 69	
1980	Gr2 196	Lu2 220	Hv 82	Hv 75	Hv 75	Ko 77	Ko 77F	
1981	Gr3 134	Lu3 184	Ha 83	Ha 46	Åb 146	Ko 71	Ko 73	
1982	Gr4 112	Lu4 229	Vr 81	Vr 31	Ha 47	Ko 60	Ko 83F	
1983	Vr 42	Vr 64	Hv 115	Hv 51	År 77	Ko 84	Ko 93	
1984	Ko 109	Ko 106	Ko 91	Ko 51	Ko 43	Ko 79	Ko 95F	
79-84	126	187	84	48	104	71	79	
1985	Gr1 184	Lu1 249	Vr 53	Vr 27	Kl 132	Ko 64	Ko 80	
1986	Gr2 133	Lu2 229	Hv 102	Hv 56	Hv 69	Ko 73	Ko 82F	
1987	Gr3 203	Lu3 257	Ha 87	Ha 59	Åb a)	Ko 54	Ko 62	
1988	Gr4 194	Lu4 171	Vr 20	Vr 19	Ha 73	Ko 63	Ko 39F	
1989	Vr 56	Vr 48	Hv 162	Hv 85	År 63	Ko 98	Ko 104	
1990	Ko 100	Ko 94	Ko 120	Ko 78	Ko 51	Ko 94	Ko 120F	
85-90	145	175	91	54	65	74	81	
79-90	136	181	88	51	84	73	80	

System I och II

I medeltal per år för vallåren 1979-82 och 1985-88 var N-skörden 152 respektive 178 i gräs mot 238 och 227 kg/ha i lucern-gräs. I system I, med övervägande tillförsel av handelsgödselkväve, var N-skörden för gräsvall i genomsnitt för de åtta försöksåren 165 kg/ha eller 78 procent av tillfört kväve.

N-skörden var betydligt lägre i rapsfrö än i kornkärna. Den sammanlagda N-skörden i rapsfrö och kornkärna var i stort sett lika i system I och II. Detta kan bero på att effekten av lucernens kvävefixering ungefär motsvarats av den intensiva N-gödslingen till gräsvallen. I medeltal för vårraps och korn under vardera två försöksår i system I blev N-skörden 49 och 105 kg/ha eller 41 respektive 102 procent av tillförda kvävemängder (tabell 5). För lucern-gräsvall i system II var N-skörden för 8 försöksår i medeltal 232 kg per ha och år. Detta tyder på betydande kvävefixering i lucern, som gett en kväveverkan av ca 200 kg per år. För alla 12 försöksåren blev N-skörden i system I 76 procent av N-tillförseln med handelsgödsel och som stallgödsel-NH₄-N.

System III och IV

I dessa båda system jämfördes hög och låg handelsgödselkvävegiva, tabell 2. N-skörden var därför betydligt större i system III än i system IV.

Tabell 5. N-skördar av stråsåd och vårraps, kg/ha, och N-utnyttjande i % av tillfört gödsel-N (inom parentes) i odlingsystem I samt III-VII. Medeltal för antalet år med grödan i fråga i varje system

Table 5. N yields of cereal crops and spring rape, kg/ha, and N recoveries, % of applied N (in brackets), in cropping systems I and III-VII. Means of the number of years with the crop in question in each system

	I	III	IV	V	VI	VII
<u>N-skördar och N-utnyttjande/N yields and N recoveries</u>						
H.vete/W. wheat	-	115(77)	67(89)	74	-	-
Korn/Barley	105(102)	106(103)	64(124)	47	73(65)	80(67)
Havre/Oats	-	85(85)	85(104)	60	-	-
V.raps/S. rape	49(41)	50(66)	25(76)	-	-	-
<u>Antal år med de olika grödorna/Number of years with the different crops</u>						
H.vete/W. wheat	-	4	4	2	-	-
Korn/Barley	2	2	2	2	12	12
Havre/Oats	-	2	2	2	-	-
V.raps/S. rape	2	4	4	-	-	-

Skörden varierade med år och gröda men var större för höstvetete än vårsäd och större för vårsäd än vårraps. Hög N-giva medförde högre N-skörd men lägre utnyttjande som framgår av tabell 5.

System V

I detta system med baljväxter som förfrukt till stråsäd tillfördes kväve endast med nötfastgödsel två gånger per omlopp, innehållande sammanlagt 160 kg/ha $\text{NH}_4\text{-N}$, tabell 2. En stor del av N-bortförslin med ekonomiska växtprodukter, 1010 kg/ha (11 år), måste därför ha kommit från N-fixering i baljväxterna. I genomsnitt per ha och år blev N-skörden för höstvetete 74, för havre 60 och för korn 47 kg/ha (tabell 5). För baljväxterna var N-skörden för klöver 182, åkerbönor 146 och ärter 70 kg/ha. Noteras bör, att N-skörden för åkerbönor endast avser 1981. På grund av ogynnsamt höstväder nedplöjdes denna gröda 1987. Provrutor gav en skörd av ca 1200 kg frö per ha.

System VI och VII

I dessa monokulturer med givor av svinflyt- och handelsgödsel-N i system VI och enbart handelsgödsel-N i system VII, tabell 2, varierade N-skörden i kärnan från 60 kg/ha i system VI år 1982 till 120 kg/ha i system VII år 1990. I genomsnitt per ha och år för 1979-90 var N-skörden 73 respektive 80 kg/ha (tabell 5). Detta motsvarar ett utnyttjande av 65 procent i system VI och 67 procent i system VII. Fånggrödan foderraps i system VII hade genomgående svag tillväxt. Några nämnvärda N-mängder har därför inte bundits i organiskt material under vinterhalvåret och kvarhållits i marken till nästa år.

Kväveutlakning

Från och med 1977 uppmättes och analyserades dräneringsvattnet på $\text{NO}_3\text{-N}$. Omräknat till kg N per ha och år återges data i tabell 6. De är i huvudsak orsakade av utlakning från senhöst till tidig vår. Mycket lite kväve utlakades under tillväxtperioderna. Som framgår varierade $\text{NO}_3\text{-N}$ -utlakningen under de två åren före försökens start. I medeltal var den 10,1 efter höstvetete 77/78 och 5,5 kg/ha N efter korn 78/79. Inverkan av odlingssystemen kan därför vara något kopplad till den rutvisa placeringen.

N-utlakningen var större efter gräsvall i system I än efter lucern-gräsvall i system II, i genomsnitt för 12 år 4,2 respektive 2,2 kg/ha N. Efter vårraps och korn var skillnaderna mindre.

Höga värden för N-utlakning noterades i båda systemen efter vårraps 89/90, beroende på att vallnedpöjning föregående år kan ha ökat N-mineraliseringen. Mängden dräneringsvatten och därmed N-utlakningen var som regel mindre under andra än första om-loppet. Närvaro av baljväxter i system II och V kan genom en ökning av den halvstabila humuspoolen ha bidragit till det omvända förhållandet i dessa två system.

En jämförelse av system III och IV visar att större N-tillförsel som regel gett större N-utlakning. Skillnaden var som störst efter höstvetete i första omloppet, 20,8 respektive 6,1 kg/ha N. Det stora värdet i system III beror på att höstvetete 1980 starkt angreps av brunfläcksjuka. Följden blev nedsatt N-utnyttjande, tabell 4. Kväveöverskott i marken, mycket regn och avrinning orsakade sedan detta extremvärde i utlakning av N. Grödans N-utnyttjande blev sämre, tabell 4 (jfr Persson, 1993).

Tabell 6. Utlakning av nitratkväve, kg/ha, med dräneringsvattnet
Table 6. Leaching of nitrate nitrogen, kg/ha, with the drainage water

Dränerings- vatten mm/ha/år Drainage water mm/ ha/year	Kreatursdrift Dairy farming		Avsalugrödor Cash crops		A/E		Monokultur Monoculture								
	I	II	III	IV	V	VI	VII								
	Grass	Lucern	Int.	Ext.	Leg.	Pig	F								
77/78	Hv	13,6	Hv	8,1	Hv	8,5	Hv	9,3	Hv	10,1	Hv	9,3	Hv	11,6	
78/79	135	Ko	6,6	Ko	3,2	Ko	4,9	Ko	8,5	Ko	4,8	Ko	4,1	Ko	6,3
79/80	112	Gr1	5,9	Lu1	1,0	Vr	4,4	Vr	4,0	Kl	4,9	Ko	4,6	Ko	7,4
80/81	323	Gr2	6,1	Lu2	0,2	Hv	20,8	Hv	6,1	Hv	7,7	Ko	8,5	Ko	16,2
81/82	190	Gr3	2,6	Lu3	0,3	Ha	7,0	Ha	2,5	Åb	5,6	Ko	9,7	Ko	14,2
82/83	217	Gr4	4,2	Lu4	3,4	Vr	5,7	Vr	1,4	Ha	3,9	Ko	9,1	Ko	15,5
83/84	82	Vr	4,8	Vr	3,6	Hv	3,6	Hv	1,4	År	5,3	Ko	3,7	Ko	6,9
84/85	227	Ko	4,0	Ko	2,3	Ko	6,0	Ko	2,1	Ko	3,6	Ko	7,6	Ko	10,1
79-84	214		4,6		1,8		7,9		2,9		5,2		7,2		11,7
85/86	232	Gr1	3,5	Lu1	0,4	Vr	5,3	Vr	1,0	Kl	11,0	Ko	8,3	Ko	12,3
86/87	102	Gr2	0,6	Lu2	0,1	Hv	9,4	Hv	2,0	Hv	4,9	Ko	4,2	Ko	10,7
87/88	208	Gr3	1,6	Lu3	0,1	Ha	3,9	Ha	1,1	Åb	7,2	Ko	7,5	Ko	7,5
88/89	148	Gr4	2,4	Lu4	0,2	Vr	2,7	Vr	0,8	Ha	2,9	Ko	2,1	Ko	4,6
89/90	133	Vr	9,7	Vr	9,5	Hv	7,6	Hv	5,9	År	7,1	Ko	8,5	Ko	9,4
90/91	92	Ko	4,9	Ko	4,5	Ko	6,4	Ko	4,5	Ko	3,3	Ko	9,5	Ko	9,4
85-90	152		3,8		2,5		5,9		2,6		6,1		6,7		9,0
79-90	183		4,2		2,1		6,9		2,7		5,6		6,9		10,4

I system V med baljväxter som förfrukt till stråsäd utan handelsgödsel-N var N-utlakningen jämförelsevis stor, i medeltal 5,6 kg N per ha och år. Den var som störst efter klöver under 1985/86, 11,0 kg/ha N. Nedplöjningen av ej skördade åkerbönor hösten 1987 orsakade ingen större ökning 87/88, 7,2 kg/ha N. Detta kan bero på att böorna växte länge på hösten 1987 med begränsad N-mineralisering av kväve från växtrester under vinterhalvåret 87/88.

Kornmonokulturerna i system VI och VII medförde större N-utlakning än övriga fem systemen. Utlakningen var alltid större vid den något större N-tillförseln i system VII än i system VI med kombination av flytgödsel- och handelsgödsel-N, som genomsnitt 10,4 respektive 6,9 kg N per ha och år.

Kvävebalanser

Genom att från observerat N-inflöde dvs tillförda N-givor subtrahera N-utflöde, dvs N-bortförsel med växtprodukter och dräneringsvatten, kan balanser beräknas för de olika systemen. Dessa blir *positiva* om mer N tillförts än bortförts och *negativa* om mindre N tillförts än bortförts.

Tabell 7. Kvävebalans, kg/ha N
Table 7. Nitrogen balance, kg/ha N

År Year	Kreatursdrift Dairy farming		Avsalugrödor Cash crops		A/E	Monokultur Monoculture	
	I Grass	II Lucern	III Int.	IV Ext.	V Leg.	VI Pig	VII F
1979	Gr1 30	Lu1 -318	Vr 94	Vr 36	Kl -236	Ko 31	Ko 46
1980	Gr2 2	Lu2 -220	Hv 32	Hv - 8	Hv - 63	Ko 104	Ko 20
1981	Gr3 54	Lu3 -184	Ha - 4	Ha 3	Åb -151	Ko 17	Ko 27
1982	Gr4 178	Lu4 -233	Vr 60	Vr 43	Ha - 56	Ko 83	Ko 7
1983	Vr 73	Vr - 15	Hv 7	Hv 23	År - 90	Ko 27	Ko 20
1984	Ko -27	Ko - 70	Ko - 5	Ko 1	Ko - 27	Ko 18	Ko 9
79-84	52	-173	31	16	-103	47	22
1985	Gr1 12	Lu1 -249	Vr 92	Vr 47	Kl -143	Ko 27	Ko 27
1986	Gr2 67	Lu2 -229	Hv 17	Hv 16	Hv - 51	Ko 23	Ko 15
1987	Gr3 5	Lu3 -257	Ha -11	Ha -10	Åb - 7	Ko 38	Ko 51
1988	Gr4 4	Lu4 -172	Vr 128	Vr 55	Ha - 97	Ko 35	Ko 64
1989	Vr 54	Vr - 28	Hv -39	Hv -16	År - 31	Ko - 6	Ko 7
1990	Ko -27	Ko - 49	Ko -48	Ko -32	Ko - 70	Ko - 3	Ko -33
85-90	19	-164	23	10	- 72	19	22
79-90	71	-169	27	13	- 66	33	22

System I och II

I system I med fyraårig gräsvall var balanserna (tabell 7) nästan genomgående positiva, som störst 1982, 178 kg/ha N, vilket delvis torde bero på större N-giva, 295 kg/ha, tabell 2. Värdena var mer positiva för vårraps och negativa för korn.

De positiva värdena för vårraps har delvis att göra med att det i relation till hela grödans N-upptag är en mindre andel i fröet än på motsvarande sätt i kärnan på stråsåd. I system II var värdena starkt negativa för lucern-gräs som följd av kvävefixering. Värdena var emellertid även negativa i vårraps och korn på grund av efterverkan av lucern-gräsvall, i medeltal för båda grödorna 58 och 29 kg/ha N för 1983-84 respektive 1989-90.

System III och IV

De högre N-givorna i system III medförde som regel större positiva värden än de lägre givorna i system IV (tabell 7). Gemensamt för båda systemen var relativt stora positiva värden för vårraps. Orsaken synes delvis vara, att det i fröskörden av raps återfinns en mindre andel av grödans totala N-upptag än i kärnsköörden av stråsåd.

System V

Genom frånvaron av handelsgödsel-N blev värdena negativa men varierande från år till år (tabell 7). För åkerbönor 1987 är värdet, - 7 kg/ha N, att hänföra till utlakning, då ingen gröda skördades detta år. De genomgående negativa balansvärdena för grödor efter baljväxter indikerar efterverkan av symbiotisk kvävefixering.

System VI och VII

Kvävebalanserna var genomgående positiva i båda systemen, dvs att mera kväve har tillförts än bortförts (tabell 7). De var i genomsnitt 50 % högre i system VI än i system VII.

DISKUSSION

Ett totalt N-flöde omfattar även inre balansposter, som påverkar N-omsättningen i marken. Deras påverkan kan först bedömas efter registrering av förändringar i mängder total-N i marken jämfört med dem vid försökens start. Detta har vi för avsikt att att göra efter ett tredje omlopp då även kvävemängd i kvarlämnade skörderester kommer att beaktas liksom innehållet av organiskt N i tillförd stallgödsel. För de odlingssystem där baljväxter inte odlats, dvs I, III, IV, VI och VII, kan det långsiktiga utnyttjandet av tillfört kväve lättare bedömas och kvantifieras. För båda omloppen ökade detta i följande ordning:

III (65%) < VI (66%) < VII (67%) < IV (76%) < I (78 %)

Utnyttjandet var således sämre i system III med hög kvävegiva till avsalugrödor och i de två kornmonokulturerna, system VI och VII, än i system IV med låg kvävegiva till avsalugrödor. Utnyttjandet var som bäst i system I med 4-årig gräsvall.

Utlakade NO₃-N-mängder är givetvis intressanta att jämföra då de återger systemens kvävebelastning av miljön. För de sju undersökta systemen och som genomsnitt per år för 1979-90 ökade NO₃-N-utlakningen i kg/ha N som följer.

II(2,2) < IV(2,7) < I(4,2) < V(5,6) < III,VI(6,9) < VII(10,4)

Det bästa systemet var således det med fyraåriga lucerngräsvallar i system II och det sämsta kornmonokulturen i system VII. Detta kan delvis på större avrinning än i övriga system. Den större utlakningen i system VI och VII sammanfaller vidare med det sämre N-utnyttjandet i dessa system.

NO₃-N-utlakningen var vidare 4,5 kg/ha större under 77/79 i system VII än VI, en skillnad som i verkligheten kan vara något mindre än den observerade. Foderraps som fånggröda i system VII har i varje fall inte minskat N-utlakningen, en följd av mycket svag utveckling under nästan alla höstar. Fånggrödor sådda efter huvudgrödan utvecklas sämre på hösten än efter vårinsådd i huvudgrödan (jfr Beck-Friis et al., 1993). Insådd av rajgräs på våren skulle säkert ha varit effektivare som fånggröda (jfr Lindén, et al., 1993).

Kvävebelastningen från de sju odlingssystemen och åtgärder för att minska den kräver uppmärksamhet. Det råder inget tvivel om att vallgrödorna minskade kväveutlakningen, system I och II. Vallplöjning tidigt på hösten kan dock öka kväveutlakningsrisken (Lindén & Wallgren, 1993), såvida man inte sår höstgrödor med stor N-upptagning. Avsaknaden av handelsgödsel-N i system V, det alternativa/ekologiska, minskade däremot inte utlakningen nämnvärt. Utlakningen blev större än i system IV med halverad N-giva.

Bortsett från år 1980, då höstvetet i system III inte utnyttjade gödselkvävet tillfredsställande, gav detta system oftast inte större N-utlakning än det alternativa/ekologiska systemet V. Att stegrad N-tillförsel ökar utlakningen visar jämförelsen mellan III och IV (jfr Bergström & Brink, 1987) och att denna kan öka ytterligare vid ensidig kornodling, som i system VI och VII.

En ändring av växtföljderna i syfte att minska kvävebelastningen är angeläget att diskutera. En målsättning härvidlag är att öka nettoimobiliseringen av mineralkväve på hösten och synkronisera nettomineraliseringen av organiskt kväve till växtperioden (jfr Jansson, 1958; Powlson, 1993). I systemen med avsalugrödor, III och IV, visade vårraps som väntat lågt kväveutnyttjande och stor kväveutlakning. En övergång till höstoljeväxter med höstkorn som förfrukt en gång per 6-årig växtföljd kan förväntas minska N-utlakningen.

Korn i monokultur i växtföljderna VI och VII medförde den största kväveutlakningen. Denna gröda har normalt kortare kväveupptagningsperiod än de andra grödorna. En övergång till höstsäd vart annat år kan förväntas minska förlusterna, även beroende på större rotdjup än hos vårsäd. Höstkorn och rågvete tar upp mer kväve på hösten än höstvete.

En annan möjlighet att minska N-utlakningen i system VI och VII är insådd av rajgräs som fånggröda i kornet. Detta är givetvis också möjligt i vårsädesgrödorna i de andra systemen (Wallgren & Lindén, 1993; Beck-Friis et al., 1993; Lindén et al., 1993). För att uppfylla kravet på grön mark till 50 procent av arealen under hösten kan detta bli aktuellt.

Kvävegivans anpassning till förväntad skörd och framförallt till förväntad kväveskörd är givetvis viktig, i vårt fall särskilt i stråsådesystemen III, VI och VII. I medeltal erhöles en kärnskörd på 70, 59 och 63 dt/ha av höstvete, havre respektive korn, i system III, av korn 44 dt i system I och 46 dt i VII. Motsvarande kväveskördar var i medeltal 114, 85 och 106 samt 74 och 82 kg/ha. Ställt i relation till kvävegivorna, som i nämnd ordning var 149, 100 och 102 samt 112 och 120 kg/ha och att dessa normalt inte bör vara mer än 10-15 kg/ha högre än bortförslin med kärnan (Jordbruksverket, 1993), var dessa väl höga till höstvetet i system III och i ännu högre grad till kornet i system VI och VII.

Utlakningen av nitratkväve var relativt liten, vilket får anses bero på den generellt mindre N-utlakningen på lerjord. Leror med gott kalktillstånd ger goda möjligheter för grödorna att utnyttja alven till stort djup i denna markprofil (jfr Haak, 1978).

Utlakningen varierade i genomsnitt från 2,1 i system II till 10,4 kg i system VII per hektar och år, tabell 5. Storleksordningen överrensstämmer med andra undersökningar från lerjordar i Västergötland (se litteraturöversikt av Lindén et al., 1993).

De jämförelsevis små kvävemängder som bortförts med dräneringsvattnet torde delvis bero på att Lanna drivits kreaturslöst sedan 1958. Inverkan av tidigare stallgödseltillförsel på markens kväveleverans torde ha fått tid på sig att avklinga (jfr Voelcker & Hall, 1903). I den mån detta bidragit till nedsatt nettomineralisering av kväve under de kalla årstiderna, bör kväveutlakningsrisken också ha minskat.

Diskuterade åtgärder att motverka N-utlakningen i de enskilda systemen under enskilda år ger dock vid handen att det är möjligt att ytterligare reducera utlakningen. Insådd av gräs som fånggröda är, som ovan diskuterats, en sådan åtgärd för att reducera risken för N-utlakning när kvävetillförseln blivit överoptimal exempelvis på grund av ovanligt låg nederbörd under det aktuella skördeåret.

SUMMARY

A long-term field experiment was started in 1979 at Lanna field experimental station, Skaraborg county, western Sweden, in order to study effects of crop rotation and nutrient management on the nitrogen flow in different cropping systems.

The investigation comprised seven systems with two 6-year crop rotations, two with dairy farming, I and II, two with cash crops, III with high and IV with low level of N-fertilization, one alternative/ecological, V, and two with spring barley monocultures, VI with application of pig slurry and mineral fertilizer-N and VII with only mineral fertilizer-N.

Each cropping system was connected to a separate drainage system, installed for collection and determination of the amounts of nitrate nitrogen leached with drainage water.

Results are presented for two six-year crop rotations, 1979-84 and 1985-90, as regards crop and nitrogen yields and as regards nitrate-N losses by leaching.

In system II lucern and grass and in system V red clover, peas and broad beans, were grown. The nitrogen fixation by these leguminous crops apparently increased in the order:

peas < beans < clover < lucern

In the five nonleguminous systems the apparent long-term crop recovery of mineral nitrogen applied with fertilizers and manure increased in the order

VI(65%) < III(66%) < VII(67%) IV(76%) < I(78%)

The leaching of nitrate-N, which is to be considered as relatively small, varied from year to year in the seven investigated cropping systems. On average in kg N per ha and year it increased in the order:

II(2.2) < IV(2.7) < I(4.2) < V(5.6) < III,VI(6.9) < VII(10.4)

N-balances (= $\text{NH}_4\text{-N}$ and $\text{NO}_3\text{-N}$ supplied with fertilizers - N recovery - N leached) are discussed as well as changes of crop rotations in order to increase utilization of applied fertilizer-N and to decrease N-leaching.

LITTERATUR

Beck-Friis, B., Lindén, B. & Marstorp, H. 1993. Nitrogen in crops and soil in cultivation systems with autumn or spring ploughing and with and without catch crops. NJF-rapport/utredning 88. Jokioinen, Finland, 8-10 juni 1993.

- Bergström, L. & Brink, N. 1987. Effects of differentiated applications of fertilizer N on leaching losses and distribution of inorganic N in the soil. *Plant and Soil*, 93, 333-345.
- Haak, E. 1978. Studier av stråsåds rotutveckling och mineralämneshöjning i matjord och alv. Sveriges lantbruksuniversitet, Inst. för radiobiologi, rapport 43,44,45. Uppsala.
- Jansson, S.L. 1958. Tracer studies on nitrogen transformations in soil with special attention to mineralisation-immobilization relationships. *K. Lantbr. Högsk. Annlr.* 24, 101-361.
- Jordbruksverket, 1993. Riktlinjer för gödsling och kalkning, Rapport 1993:19. Jönköping.
- Lindén, B. & Wallgren, B. 1993. Nitrogen mineralization after leys ploughed in early or late autumn. *Swedish J. agric. Res.* 23, 77-89. Uppsala.
- Lindén B., Aronsson, H., Gustafsson, A. & Torstensson, G. 1993. Fånggrödor, direktsådd och delad kvävegiva - studier i olika odlingssystem i ett lerjordsförsök i Västergötland. *Ekohydrologi* 33. Uppsala.
- Lindén, B., Gustafsson, A., Torstensson, G. & Ekre, E. 1993. Mineralkvävedynamik och växtnäringsutlakning på en grovmojord i södra Halland med handels- och stallgödslade odlingssystem med och utan insådd fånggröda. *Ekohydrologi* 30. Uppsala.
- Persson, P.J. 1993. Kväveläckage från olika växtföljder på Lanna. *Svensk frötidning* 10, 10-11, 14.
- Powlson, D.S. 1993. Understanding the soil nitrogen cycle. *Soil use and management* 9, 86-94.
- Voelcker, J.A. & Hall, A.D. 1963. Valuation of unexhausted manures by the consumption of foods by stock. *J.R. Agric. Soc. Engl.* 63, 76-114.
- Wallgren, B. & Lindén, B. 1993. Fånggrödors och plöjningstidpunkters inverkan på kväveminerialisering och kväveupptagning. Sveriges lantbruksuniversitet, Inst. för växtodlingslära, Rapport 45. Uppsala.

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.

- | | | |
|-----|------|--|
| 176 | 1989 | Lennart Mattsson: Fastliggande kvävegödslingsförsök med bestämning av mineralkväve i marken.
<i>Soil mineral nitrogen determination in long term experiment.</i> |
| 177 | 1989 | Staffan Steineck, Knud Erik Larsen och Erkki Kempainen: Stallgödsel - Växtnäringsbalans.
<i>Manure spreading - Plant nutrient balance.</i> |
| 178 | 1990 | Sigfús Bjarnason: Datorstödd gödslingsplanering.
<i>Computer aided fertilizer planning.</i> |
| 179 | 1990 | Lars Hylander, Subrata Ghoshal och Gyula Simán: Jämförande undersökning av olika extraktionsmetoder för manganbestämning i jord.
<i>A comparison of different extraction methods for manganese determination in soil.</i> |
| 180 | 1991 | Lennart Mattsson: Effekter av årlig halmtillförsel på mark och gröda.
<i>Effects of annual straw application on soils and crops.</i> |
| 181 | 1991 | Lars Gunnar Nilsson: Nitrifikationshämmare - flytgödsel.
<i>Nitrification inhibitors - slurry.</i> |
| 182 | 1991 | Lennart Mattsson: Nettomineralisering och rotproduktion vid odling av några vanliga lantbruksgrödor.
<i>Nitrogen mineralization and root production in some common arable crops.</i> |
| 183 | 1991 | Magnus Hahlin: Kaliumgödslingseffektens beroende av balansen mellan kalium och magnesium. II. Fältförsök, serie R3-8024.
<i>Influence of K/Mg-ratios on the effect of potassium fertilization. Field experiments R3-8024.</i> |
| 184 | 1991 | Käll Carlgren: Skördeeffekter och pH-inverkan av fem kvävegödselmedel studerade i ett långliggande fältförsök.
<i>Influence on yield and soil pH-value from five nitrogen fertilizers studied in a long-term field trial.</i> |
| 185 | 1992 | Enok Haak och Gyula Simán: Fältförsök med Øyeslagg.
<i>Field experiments with Øyeslagg.</i> |

- 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 höstvetete på gårdar med och utan djurhållning.
Nitrogen fertilization of winter wheat on farms with and without animal husbandry.
- 190 1992 Christine Jakobsson och Börje Lindén: Kväveeffekter av stallgödsel på lerjordar.
Nitrogen effects of manure on clay soils.
- 191 1992 Magnus Hahlin och Erik Svensson: Radmyllning av NPK till fabrikspotatis. Resultat från försöksserie FK-1290. Samarbetsprojekt mellan Försöksavdelningen för växtnärläring och Fabrikspotatiskommittén.
Placed application of NPK fertilizer to starch potatoes. Results from field experiment project FK-1290.
- 192 1993 Enok Haak: Fältförsök med kalkning av fastmarksjordar i Norrland.
Field experiments with liming of mineral soils in North Sweden.
- 193 1994 Barbro Beck-Friis, Börje Lindén, Håkan Marstorp och Lennart Henriksson: Kväve i mark och grödor i 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.

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
Avdelningen för växtnäringslära
750 07 Uppsala

Tel. 018-671249
