



SVERIGES LANTBRUKSUNIVERSITET

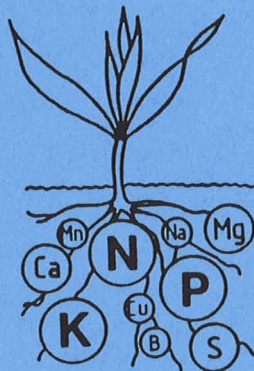
Kväve i mark och grödor i odlingsystem med fånggrödor

Undersökningar på en sandjord i södra Halland

Nitrogen in soil and crops in cropping systems with catch crops

Studies on a sand soil in Halland in south-west Sweden

Barbro Beck-Friis, Börje Lindén, Håkan Marstorp och
Lennart Henriksson

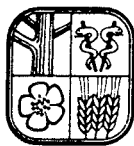


Institutionen för markvetenskap
Avd. för växtnäringslära

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

Rapport 193
Report

Uppsala 1994
ISSN 0348-3541
ISRN SLU-VNL-R-193-SE



SVERIGES LANTBRUKSUNIVERSITET

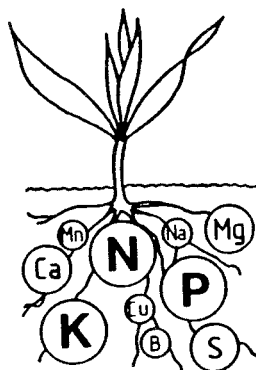
Kväve i mark och grödor i odlingsystem med fånggrödor

Undersökningar på en sandjord i södra Halland

Nitrogen in soil and crops in cropping systems with catch crops

Studies on a sand soil in Halland in south-west Sweden

Barbro Beck-Friis, Börje Lindén, Håkan Marstorp och
Lennart Henriksson



Institutionen för markvetenskap
Avd. för växtnäringslära

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

Rapport 193
Report

Uppsala 1994
ISSN 0348-3541
ISRN SLU-VNL-R-193-SE

KVÄVE I MARK OCH GRÖDOR I ODLINGSSYSTEM MED FÅNGGRÖDOR

Undersökningar på en sandjord i södra Halland

- o I ett fältförsök 1987-92 vid Mellby studerades inverkan av fånggrödor och plöjningstidpunkter på skörden av huvudgrödorna samt på ansamlingen av mineralkväve (ammonium- och nitrat-N) inom 0-90 cm markdjup jämfört med led utan fånggröda. Huvudgrödorna var stråsäd, fånggrödorna italienskt rajgräs och rödklöver insådda på våren och vitsenap som såddes efter skörd av huvudgröda.
- o Vårplöjning minskade kärnskordeu med 1-5% jämfört med höstplöjning. Oavsett plöjningstidpunkt sänkte rajgräset avkastningen med i genomsnitt 5% i jämförelse med leden utan fånggröda. Även rödklöver orsakade skördesänkning vissa år. Efter vitsenap blev avkastningen i allmänhet lika stor som i leden utan fånggröda.
- o I november innehöll de ovanjordiska delarna av rajgräset och rödklövern ca 40 kg N per ha, men vitsenapens bara ca 10 kg. Vid samma tidpunkt uppgick mineralkvävemängderna inom 0-90 cm markdjup i leden med höstplöjning samt med rajgräs, rödklöver och vitsenap till 21, 32 respektive 36 kg N per ha. Detta kan jämföras med motsvarande led utan fånggröda som innehöll 54 kg N per ha. Ungefär samma mängder fanns i leden med vårplöjning.
- o Med vårplöjning blev mängderna mineralkväve i marken i stort sett oförändrade från sen höst till tidig vår i alla led, med och utan fånggröda. Däremot ökade förråden där fånggrödorna höstplöjts, speciellt efter rödklöver. De små mineralkväveförråden i leden med rajgräs i kombination med vårplöjning tyder på att denna fånggröda bäst minskade risken för kväveutlakning. Effekten av vitsenap var obetydlig.
- o Rajgräset förbättrade under åren 1988-92 huvudgrödans kvävetillgång med i genomsnitt 15 och 19 kg N per ha efter höst- respektive vårplöjning. Motsvarande effekter av rödklövern var 32 och 44 kg, medan vitsenapen inte hade någon positiv inverkan i detta avseende. Effekterna berodde huvudsakligen på ökad kväveminalisering under växtsäsongen, speciellt efter vårplöjning.
- o Då vårplöjning endast gav obetydliga skördeminskningar av huvudgrödan, borde det på lätta jordar i nederbördsrikare områden i Sydsverige kunna rekommenderas att mark med fånggröda vårplöjs för att uppnå största möjliga utlakningsbegränsande verkan, särskilt om klöver odlas som fånggröda. Därmed skulle man huvudsakligen skjuta upp den mermineralisering av kväve, som fånggrödan orsakar, till den kommande växtsäsongen med bättre kvävehushållning och kväveutnyttjande som följd.

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

Inledning	7
Material och metoder	8
Försöksplan	8
Försöksplats	9
Etablering och skötsel av huvud- och fånggrödorna	12
Bestämning av mineralkväve i jord	14
Bestämning av totalkväve i växtmaterial	14
Bestämning av fånggrödornas kväveefterverkan	14
Resultat	15
Etablering och utveckling av huvud- och fånggrödorna	15
Kärnskörd av huvudgrödorna och dess kväveinnehåll	16
Fånggrödornas tillväxt och kväveinnehåll	18
Mineralkväve i marken	22
Årlig variation i mineralkväve	23
Kvävegödslingens inverkan på mineralkväveresterna i marken efter huvudgrödorna	23
Mineralkvävet fördelning i markprofilen	24
Kväveefterverkan av fånggrödorna	27
Diskussion	29
Fånggrödornas och plöjningstidpunkternas inverkan på kärnskörden	29
Fånggrödornas kväveupptag och inverkan på mineralkvävemängderna i marken under vinterhalvåret	31
Plöjningstidpunktens inverkan på kväveutlakningsriskerna	32
Utformning av odlingssystem med vårsäd för förbättrad kvävehushållning	33
Summary	35
Referenser	35

INLEDNING

Under sydsvenska förhållanden är kväveutlakningen från åkerjordar ofta betydande (se t.ex. Brink & Gustavsson, 1984; Andersson, 1986; Gustafson, 1987). Det kväve som utlakas kan i viss mån härstamma från mineralkväve (ammonium- och nitrat-N) som lämnats kvar outnyttjat av sommarens växtlighet. Detta gäller särskilt om kvävegödslingen varit överoptimal (Bergström & Brink, 1986). I övrigt utgöres förlusterna huvudsakligen av kväve som frigjorts genom mineralisering efter det att grödornas kväveupptagning avslutats under sensommaren eller hösten (jmf. Macdonald et al., 1989; Lindén et al., 1993).

Ekosystem med perenn växtlighet kännetecknas av små kväveförluster. Så är fallet i skogsmark (Ahl & Odén, 1975; Grip, 1982; Ulén, 1982) och flerårig vall (Gustafson, 1982 och 1987), genom att marken är bevuxen året runt. Anledningen är att kväve som frigörs genom mineralisering tas upp av växterna under en längre tid än i öppen växtodling. I odlingsystem med ettåriga växter såsom vårsäd är marken under svenska förhållanden bevuxen med kväveupptagande vegetation endast 3-4 månader per år. I övrigt finns det ingen växtlighet, frånsett ogräs och grodd spillsäd, som kan ta tillvara befintligt eller genom mineralisering bildat mineralkväve.

Förhållandena i vallar och andra ekosystem med perenn växtlighet kan efterliknas genom att jordbruksmarken hålls bevuxen med grödor, som förmår ta upp kväve även under hösten och i övrigt under så stor del av året som möjligt. I detta syfte har det i Sverige införts bestämmelser om s.k. höst- och vinterbevuxen mark, "grön mark", till vilket bl.a. höstsådda grödor, vallinsådd och vall räknas (SJVFS 1991:72). År 1994/95 skall åkermarken till 60 % utgöras av "grön mark" i K-, L-, M- och N-län och till 50 % i övriga Götaland. I den mån detta ej kan uppfyllas med ordinarie grödor, krävs odling av fånggrödor (mellangrödor), som bör etableras så att de växer och tar upp kväve så effektivt som möjligt under hösten.

Kväveefterverkan av fånggrödor beror bl.a. av deras kväveupptag och sammansättning (Breland, 1989), tidpunkten för nedbrukningen samt resultatet (immobilisering, mineralisering och förluster av kväve) vid den omsättning som växtmaterialet sedan genomgår i marken fram till och under den efterföljande grödans tillväxtperiod (Hvelplund & Østergaard, 1980; Breland, 1989; Martinez & Guiraud, 1990; Jensen, 1991). Efterverkan är delvis flerårig med avtagande N-leverans med åren (Jensen, 1992). Odlas fånggrödor år efter år, uppkommer ackumulerade effekter med ökad kväveleverans med tiden (Lindén et al., 1993) och påverkan på skörden (Stokholm, 1979). Vid återkommande odling av fånggrödor kan dock sådan positiv efterverkan mer eller mindre döljas av en insådd fånggrödans konkurrens och nedsättning av huvudgrödans skörd. Insådd av rajgräs har ofta visat sig sänka skörden av huvudgrödan, men i varierande omfattning och ibland ej alls (Stokholm, 1979; Breland 1989 och 1991; Jensen 1991; Kvist, 1992; Wallgren & Lindén, 1993).

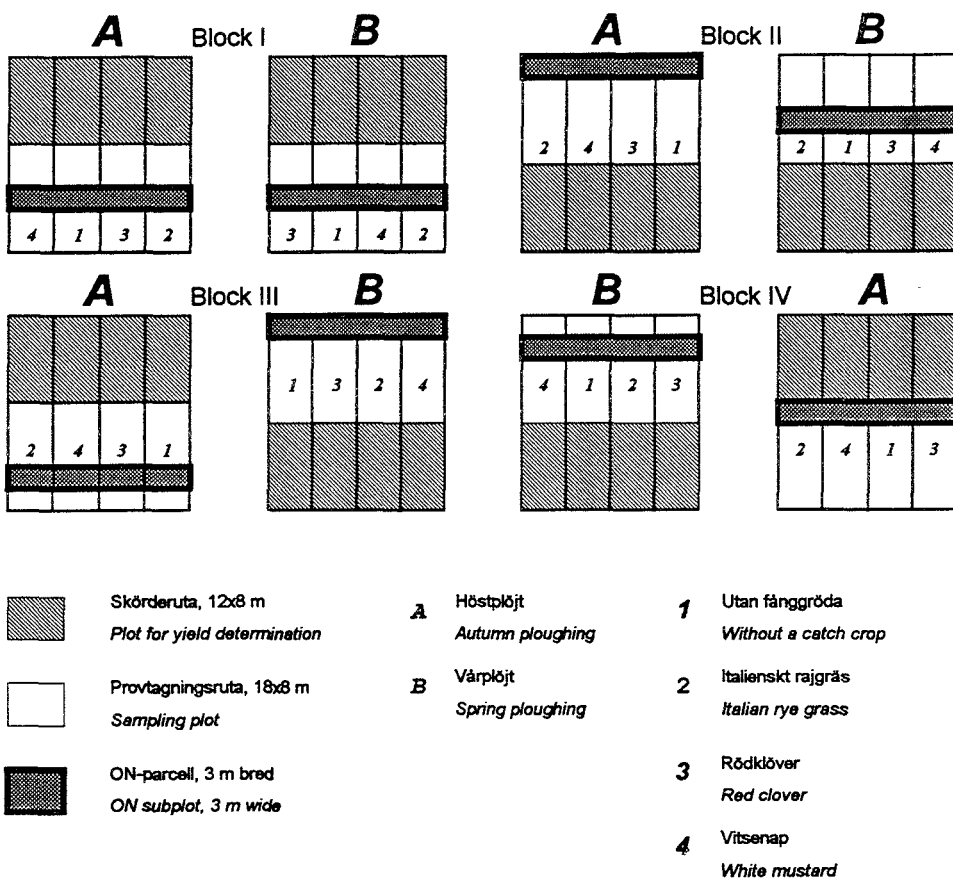
I syfte att studera möjligheterna att odla fånggrödor och konsekvenserna därav genomfördes tre fältförsök (serie R2-4023) i Sydsverige 1987-92. Ett av försöken var beläget på en moig sandjord vid Mellby i södra Halland (figur 1). De båda övriga låg nära Lund i Skåne, det ena på en moränlättilera vid Lönnstorp och det andra på en lerig moränmo vid Borgeby. I denna rapport redovisas försöket vid Mellby. Undersökningarna har bekostats med medel från Skogs- och Jordbrukets Forskningsråd. Målsättningen med studierna i Mellbyförsöket var att studera följande:

- * Möjligheterna att etablera fånggrödor (mellangrödor) dels genom insädd på våren i stråsäd, dels genom sådd efter huvudgrödans skörd
- * Olika fånggrödors tillväxt och kväveupptag under hösten och fram till våren
- * Olika fånggrödors inflytande på markens mineralkväveförråd fram till senhösten och tidigt på våren under inverkan av höst- och vårplöjning, bl.a. i syfte att belysa kväveutlakningsrisken
- * Kväveefterverkan genom årlig odling av fånggrödor och nedplöjning av dessa under höst eller vår
- * Skörd av huvudgrödorna under inverkan av dels höst- eller vårplöjning och dels konkurrensen mellan huvud- och insädd fånggröda.

MATERIAL OCH METODER

Försöksplan

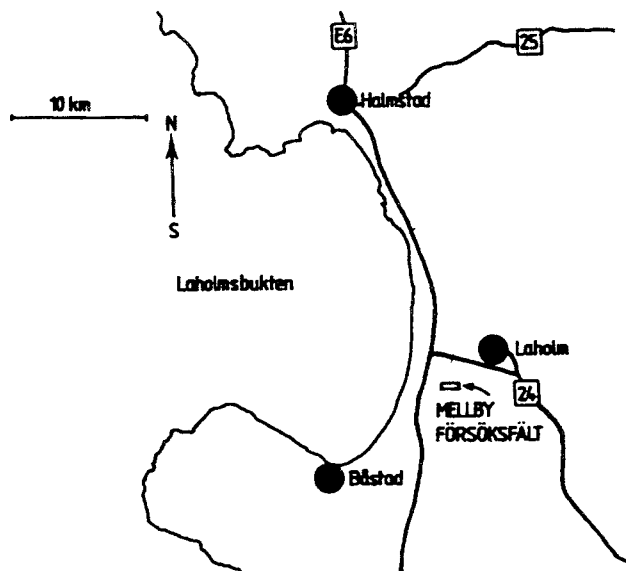
I försöket vid Mellby, som startades på våren 1987 och avslutades hösten 1992, studerades effekterna av tre fånggrödor (italienskt rajgräs, rödklöver och vitsenap) i jämförelse med obevuxen mark under hösten och under inverkan av två plöjningstidpunkter (senhöst och vår). Försöket anlades enligt en split-plotplan med plöjningstidpunkterna som storrutor, fånggrödorna och den obevuxna marken som smårutor samt med fyra upprepningar. I varje småruta fanns även en s.k. 0N-parcell som saknade fånggröda och ej N-gödslades och flyttades varje år, se figur 1.



Figur 1. Försöksplan
Figure 1. Experimental plan

Försöksplats

Försöksplatsen var belägen på gården Forslund på Laholmslätten drygt två mil söder om Halmstad (figur 2). Jordbruksmarken består av sandavlagringar på glacifluvial lera. Matjorden utgörs av måttligt mullhaltig, lerig, sandig mojord (tabell 1) ned till en 25 cm. I alven är mull- och lerhalterna mycket låga, medan andelen mo ökar med djupet. Växtnäringstillståndet var gott (tabell 2), då stallgödsel hade spritts minst en gång i växtföljden under många årtionden. Mängden växttillgängligt vatten, mellan pF 2 och pF 4,2 ner till en meter var ca 110 mm (Alvenäs & Marstorp, 1992). Rotdjupet är i stort sett begränsat till matjorden och inom 25-45 cm djup finns normalt endast få rötter.



Figur 2. Försöksplatsens läge
 Figure 2. Location of the experimental site

Tabell 1. Mekanisk sammansättning och mullhalt i olika markskikt. Medeltal för åtta storrutor. Mullhaltsangivelserna baseras på bestämning av glödförlust
 Table 1. Mechanical composition and organic matter content in different soil layers at the experimental site. Means of eight main plots. The soil organic matter data are based on determinations of loss on ignition

Markskikt Soil layer (cm)	Jordart och kornstorlek (mm) Soil type and particle diameter (mm)				Mullhalt, % av ts Soil organic matter, % of DM
	Ler Clay <0,002	Mjåla Silt 0,002- 0,02	Mo Fine sand 0,02-0,2	Sand Sand 0,2-2	
0-30	8,3	6,3	43,4	37,3	4,7
30-60	3,3	2,4	53,4	39,7	1,2
60-90	3,7	2,6	60,3	33,0	0,4

Tabell 2. Växtnäringsförhållanden i jorden på försöksplatsen, medelvärden för åtta storrtutor

Table 2. Plant nutritional conditions in the soil at the experimental site, means of eight main plots

Markskikt Soil layer (cm)	pH (H ₂ O)	mg/100 g lufttorr jord air-dry soil		
		P-AL ^a	K-AL ^a	Mg-AL ^a
0-30	6,1	32,1	13,3	12,2
30-60	6,0	3,8	4,5	2,4
60-90	5,9	3,1	7,1	2,0

^aEgnér et al. (1960)

Tabell 3. Månadsmedeltemperaturer (°C) under försöksperioden vid Mellby samt normal månadsmedeltemperatur (Normal) för åren 1951-80 vid SMHI:s meteorologiska station Genevad, ca 10 km från försöksplatsen

Table 3. Monthly mean temperatures (°C) during the investigation period at Mellby and normal temperatures (Normal) for the years 1951-80 at the meteorological station at Genevad about 10 km from the experimental site

Månad Month	1987	1988	1989	1990	1991	1992	Normal
Jan	-7,8	2,7	4,6	4,0	1,5	2,0	-1,4
Febr	-1,8	2,2	4,5	5,5	-1,3	2,6	-1,8
Mars	-2,0	1,1	5,4	5,2	4,0	3,5	0,9
April	5,9	5,4	6,7	6,7	6,6	4,6	5,3
Maj	9,3	13,1	12,3	10,3	9,5	11,8	10,8
Juni	11,8	17,1	16,0	13,7	12,3	16,2	15,0
Juli	14,9	17,2	15,6	14,0	17,5	16,7	16,1
Aug	13,8	16,0	14,2	15,3	17,4		15,5
Sept	11,7	13,8	12,1	10,3	13,5		12,3
Okt	9,3	7,6	8,8	9,6	8,6		8,1
Nov	3,8	1,9	2,9	4,6	5,1		4,0
Dec	1,4	2,2	1,9	2,3	2,8		0,7
Årsmedel- temperatur Annual mean temperature	5,9	8,4	8,8	8,5	8,1		7,2

Nederbörd och lufttemperatur uppmättes på 1,5 m höjd över marken på försöksplatsen. Laholmsslätten kännetecknas av maritimt klimat med jämförelsevis hög nederbörd och med milda höstar och vintrar. Under försöksåren var det mildare än normalt under dessa årstider med undantag av vintern 1986/87 (tabell 3). Vintertid var jorden ofrusen eller frusen bara ytligt under kortare perioder. Av tabell 4 framgår bl. a. att det regnade rikligt i juni och juli 1988 och att första halvåret var jämförelsevis torrt 1987, 1989 och 1992. Vintern 1987/88 var nederbördsrik, medan vintrarna 1990/91 och 1991/92 var nederbördsfattigare.

Tabell 4. Månatlig nederbörd (mm) under försöksperioden vid Mellby samt normalnederbörd (Normal) för åren 1951-80 vid SMHI:s meteorologiska station Genevad, ca 10 km från försöksplatsen
Table 4. Monthly precipitation (mm) during the investigation period at Mellby and normal precipitation (Normal) for the years 1951-80 at the meteorological station at Genevad, about 10 km from the experimental site

Månad Month	1987	1988	1989	1990	1991	1992	Normal
Jan	26	122	22	87	62	33	54
Febr	34	70	49	76	9	32	34
Mars	34	52	56	29	27	54	40
April	23	42	20	27	36	51	43
Maj	42	25	17	28	44	26	44
Juni	86	101	36	47	136	4	65
Juli	97	219	111	86	68	69	98
Aug	98	73	73	60	44		90
Sept	97	109	42	98	110		75
Okt	26	67	101	73	41		63
Nov	47	31	27	68	84		66
Dec	63	56	32	46	57		66
Summa Total	673	967	586	725	718		738

Etablering och skötsel av huvud- och fånggrödorna

Huvudgrödorna var alla försöksår stråsäd (tabell 5). Det italienska rajgräset och rödklövern såddes in på våren 0-2 dagar efter sådden av huvudgröda. Våren 1987 såddes de dock i växande höstråg den 27/4. Mängden utsäde av huvud- och fånggrödorna framgår av tabell 5. Radavståndet var samtliga år 12 cm. Vitsenapen såddes så fort som möjligt efter huvudgrödornas skörd. Medeldatum för sådden av vitsenapen var den 11/9, men p.g.a. sen skörd 1987 kunde den detta år inte sås förrän den 8/10. År 1992 såddes enbart italienskt rajgräs in som fånggröda och då bara efter höstplöjning. Härvid delades rajgräsrutorna i två delar, den ena med och den andra utan insädd.

Tabell 5. Växtföljd, sortval och utsädesmängder
 Table 5. Crop sequence, varieties and seed rates

År <i>Year</i>	Huvudgröda/ <i>Main crop/</i>			Fånggröda/ <i>Catch crop/</i>		
	Art <i>Species</i>	Sort <i>Variety</i>	Utsädesmängd <i>Seed rate</i> kg/ha	Art <i>Species</i>	Sort <i>Variety</i>	Utsädesmängd <i>Seed rate</i> kg/ha
1987	Höstråg ^a <i>Winter rye</i>	Danko	190	It. rajgräs ^b	Svita	18
				Rödklöver ^c	Molly	10
				Vitsenap ^d	Emergo	10
1988	Vårkorn <i>Spring barley</i>	Ida	200	It. rajgräs ^b	Svita	18
				Rödklöver ^c	Molly	10
				Vitsenap ^d	Emergo	10
1989	Havre <i>Oats</i>	Elin	190	It. rajgräs ^b	Svita	18
				Rödklöver ^c	Molly	10
				Vitsenap ^d	Gisilba	10
1990	Vårvete <i>Spring wheat</i>	Dragon	250	It. rajgräs ^b	Svita	12
				Rödklöver ^c	Molly	10
				Vitsenap ^d	Gisilba	8
1991	Vårkorn <i>Spring barley</i>	Golf	200	It. rajgräs ^b	Svita	18
				Rödklöver ^c	Fanny	10
				Vitsenap ^d	Kirby	7
1992	Vårkorn <i>Spring barley</i>	Golf	175	It. rajgräs ^b	Svita	18

^a Förfrukten var potatis. /*The preceding crop was potatoes.*/

^b Italian rye grass.

^c Red clover.

^d White mustard.

Grödorna gödslades med 90 kg N per ha utom 1989 och 1992, då 80 kg N per ha tillfördes till havren resp. kornet. Kvävet tillfördes i form av kalkammonsalpeter och spreds 1988-92 i samband med vårsådden. Våren 1990 delades kvävegivan. Höstrågen år 1987 övergödlades med kväve tidigt på våren men hade dessutom tillförts stallgödsel (ca 20 ton fastgödsel per ha) hösten 1986 före utläggningen av försöket. Underhållsgödsling med fosfor (15-20 kg P per ha) och kalium (50-65 kg K per ha) gjordes varje år.

Huvudgrödorna skördades vid full mognad (medeldatum: 23/8), varvid ledvisa prover uttogs för bestämning av totalkväveinnehåll, vattenhalt och kvalitetsegenskaper.

Halmen bortfördes efter skörden. Därefter stubbearbetades marken samtidigt i leden utan fånggröda och med vitsenap. Detta skedde före sådden av vitsenapen. Ytterligare en stubbearbetning gjordes på hösten 1988 (26/9) och 1991 (8/10) i ledet utan fånggröda. Medeldatum för höstplöjning var 20/11 och för vårplöjning 11/4.

Bestämning av mineralkväve i jord

Jordprover togs skiktvis (0-30, 30-60 och 60-90 cm djup) för bestämning av mineralkväve (ammonium- och nitratkväve) vid tre tidpunkter per år. Den första var tidigt på våren (medeldatum: 9/4), dvs. strax före vårplöjningen. Den andra provtagningen ägde rum under sensommaren (medeldatum: 2/8) då huvudgrödan nått degmognad-gulmognad (utvecklingsstadium 85-87 enligt Zadocks-skalan. Den tredje utfördes på senhösten (medeldatum: 12/11) några dagar före höstplöjningen. I varje småruta togs 12 delprover i skiktet 0-30 cm och 6 delprover i alvskikten. Samma dag som provtagningen gjordes djupfrystes proverna. De extraherades med 2 M KCl, varefter ammoniumkväve och nitratkväve bestämdes kolorimetriskt med en Technicon Autoanalyser de första två åren och därefter med en TRAACS 800.

Bestämning av totalkväve i växtmaterial

Samtidigt med jordprovtagningen togs prov rutvis av ovanjordiskt växtmaterial, som i varje ruta klipptes inom två ytor om vardera 0,25 m². På våren provtogs övervintrad fånggröda och ogräs i leden med vårplöjning. Vid gulmognad samlades prov av huvudgröda, fånggrödor och ogräs. På senhösten togs prov av fånggrödor och ogräs. Växtmaterialet torkades och maldes varefter totalkväveinnehållet bestämdes genom reguljär Kjeldahlanalys med en Kjeltec Auto 1030.

Bestämning av fånggrödornas kväveeffterverkan

I syfte att bestämma fånggrödornas kväveeffterverkan och jordens egen leverans av växttillgängligt kväve utlades i varje småruta ettåriga "0N-rutor", som ej tillfördes gödselkväve under året i fråga och ej heller besåddes med fånggrödor (figur 1). I dessa rutor såddes enbart huvudgrödan. Vid degmognad-gulmognad togs enligt ovan dels jordprover för mineralkvävebestämning och dels växtprover för bestämning av grödans kväveupptag (N_{gs}).

0N-rutorna utnyttjades också för att beräkna nettotillskottet av mineraliserat kväve under perioden från jordprovtagningen tidigt på våren till degmognad-gulmognad. Härvid användes följande formel:

$$N_{net} = N_{gs} + N_{ms} - N_{mb}$$

N_{net} = beräknat nettotillskott av mineraliserat kväve under perioden

N_{gs} = kväveupptag i grödan vid periodens slut

N_{ms} = mineral-N i marken vid periodens slut

N_{mb} = mineral-N i marken vid periodens början

Då rötterna ej provtagits, antogs vid beräkningen av grödans samlade kväveinnehåll (N_{gs}), att rötterna innehöll 25% av kvävemängden i hela grödan (Jansson, 1966;

Hansson et al., 1987). Översteg kväveinnehållet i ovanjordiskt material 90 kg N/ha antogs rötterna bara innehålla 22,5%. Uttrycket N_{net} i formeln avser ett nettotillskott av kväve, som till största delen påverkats av kvävemineraliseringen men även av kvävetillförsel från atmosfären och av förekommande förluster.

RESULTAT

Etablering och utveckling av huvud- och fånggrödorna

Etableringen av huvudgrödorna var under hela försöksperioden mycket god med nära hundra procents uppkomst. Fånggrödornas planttäthet på senhösten i leden med rödklöver och vitsenap varierade dock betydligt mellan åren (tabell 6). Bestånden av rajgräs var däremot täta och jämna på senhösten.

Tabell 6. Planttäthet hos fånggrödorna på senhösten. 100 = 100% marktäckning. För 1989 saknas gradering

Table 6. Density of the catch crops in late autumn. 100 = 100% ground cover. For 1989, the observations are missing

Datum <i>Date</i>	It. rajgräs <i>It. rye grass</i>		Rödklöver <i>Red clover</i>		Vitsenap <i>White mustard</i>	
	Plöjningstid <i>Ploughing time</i>		Plöjningstid <i>Ploughing time</i>		Plöjningstid <i>Ploughing time</i>	
	Höst <i>Autumn</i>	Vår <i>Spring</i>	Höst <i>Autumn</i>	Vår <i>Spring</i>	Höst <i>Autumn</i>	Vår <i>Spring</i>
871110	87	92	87	92	64	70
881104	100	100	98	100	70	78
8910 ^a	-	-	-	-	-	-
901112	90	92	74	71	14	14
911118	84	86	21	25	8	6
920408	0	92	0	84	0	0

^a Vid besiktning i oktober 1989 fastställdes god planttäthet i insädderna av rajgräs och rödklöver. Rajgräset var kraftigt men rödklövern var avbetad i topparna.
/At an inspection in October 1989 the plant densities of the undersown rye grass and red clover were found to be good. The rye grass had grown vigorously but the tops of the red clover were grazed./

På senhösten 1991 gjordes även en gradering av ogräsens täckning av marken. Det visade sig att rödklöver- och vitsenapsleden hade 20-25% ogrästäckning. De andra leden graderades ej.

Fånggrödorna tycktes ej påverka stråstyrkan hos huvudgrödorna. Det uppkom dock en hel del liggsäd 1987, 1988 och 1991.

Kärnskörd av huvudgrödorna och dess kväveinnehåll

Huvudgrödans skörd varierade med plöjningstidpunkt och förekomst av insädd av fånggröda, se tabell 7, där ledet utan fånggröda och med höstplöjning används som referens. Första försöksåret, 1987, var samtliga led höstplöjda.

Skördarna var mycket svaga 1987 och 1992 beroende på kraftig liggsäd resp. torka (tabell 7). De övriga åren, 1988-91, låg avkastningen på normalnivåer. Höstplöjning gav 1-5% högre skörd än vårplöjning. Skillnaderna var signifikanta ($p = 0,03$).

Tabell 7. Årsvisa kärnskördar (kg/ha, 15% vattenhalt) efter kvävegödsling under det aktuella året, samt medeltal för åren 1987-91. År 1992 såddes inga fånggrödor utom i rajgräsledet med höstplöjning, där rutorna delades i två delar, den ena med insädd av rajgräs och den andra utan rajgräs.

Table 7. Annual grain yields (kg/ha, 15% moisture content) after nitrogen fertilization in the year in question, and means for 1987-91. In 1992 no catch crops were sown, except in the treatment with rye grass and with autumn ploughing where the plots were divided into two parts, one with undersown rye grass and the other without rye grass.

Led Treatment	1987 Höstråg Winter rye	1988 Vårkorn Spring barley	1989 Havre Oats	1990 Vårvet Spring wheat	1991 Vårkorn Spring barley	1992 Vårkorn Spring barley	Medeltal rel. tal Means rel. value
------------------	----------------------------------	-------------------------------------	-----------------------	-----------------------------------	-------------------------------------	-------------------------------------	---

Höstplöjning/Autumn ploughing/

Utan fånggr. ^c	2550	4570	4120	5610	5200	1810	100
It. rajgräs ^d	2690	4270	3790	4720	5320	1760 ^a	94
Rödklöver ^e	2570	4680	4060	5460	4840	1460 ^a	98
Vitsenap ^f	2770	4560	4220	5590	5190	1700	101

Vårplöjning/Spring ploughing/

Utan fånggr. ^c	2740 ^b	4410	4040	5340	4340	1610	95
It. rajgräs ^d	2680 ^b	4230	3100	4620	5350	1920 ^a	91
Rödklöver ^e	2410 ^b	4580	3780	5630	4970	1590 ^a	97
Vitsenap ^f	2660 ^b	4530	4120	5700	4490	1470	98

^a Utan fånggröda 1992. /Without a catch crop in 1992./

^b Plöjt hösten 1986. /Ploughed in the autumn of 1986./

^c Without a catch crop.

^d Italian rye grass.

^e Red clover.

^f White mustard.

Efter vitsenapen, som såddes efter skörd, blev kärnskörderna i stort sett densamma som i ledet utan fånggröda. Generellt sett blev det signifikanta skördesänkningar där rajgräs sått in ($p < 0,05$). Rajgräset medförde skördebortfall fram t.o.m. 1990,

varefter avkastningen blev lika eller något högre än utan fånggröda. Det sista försöksåret 1992 såddes inga fånggrödor utom i en delruta i rajgräsledet med höstplöjning. Där blev skörden 20 kg/ha lägre än utan insädd. Rödklövern gav skördesänkningar under vissa år i jämförelse med motsvarande led utan fånggröda. Under efterverkansåret 1992 erhöles i stort sett samma skördenivåer efter fånggrödorna som i motsvarande led utan fånggröda, vilket innebär att ingen positiv efterverkan av dessa kunde fastställas. Detta kan bero på att sommartorkan ledde till att potentiella effekter ej kom fram.

Medan totalkvävehalterna i rågkärnan i stort sett ej påverkades av fånggrödorna 1987, blev de därefter med åren signifikant högre i rödklöverleden än i övriga led, ($p < 0,05$), se tabell 8. I leden med vitsenap låg halterna på samma nivå som utan fånggröda, medan det i rajgräsleden uppkom smärre öknningar under vissa av åren.

Tabell 8. Totalkvävehalter i kärnskördarna, % av torrsubstansen, efter kvävegödsling under det aktuella året, samt medeltal för åren 1988-91
Table 8. Total nitrogen contents in the grain yields, % of DM, after nitrogen fertilization during the year in question, and the average for the years 1988-91

Led	1987	1988	1989	1990	1991	1992	Medeltal
<i>Treatment</i>	<i>Höstråg</i>	<i>Vårkorn</i>	<i>Havre</i>	<i>Vårvete</i>	<i>Vårkorn</i>	<i>Vårkorn</i>	
	<i>Autumn</i>	<i>Spring</i>	<i>Oats</i>	<i>Spring</i>	<i>Spring</i>	<i>Spring</i>	<i>Means</i>
	<i>rye</i>	<i>barley</i>		<i>barley</i>	<i>barley</i>	<i>barley</i>	
Höstplöjning/Autumn ploughing/							
Utan fånggr. ^b	1,83	1,73	2,01	1,78	1,43	1,49	1,74
It. rajgräs ^c	1,83	1,71	1,84	1,85	1,51	1,53 ^a	1,73
Rödklöver ^d	1,85	1,71	2,04	2,06	1,70	1,65	1,88
Vitsenap ^e	1,86	1,76	1,82	1,82	1,42	1,54	1,71
Vårplöjning/Spring ploughing/							
Utan fånggr. ^b	1,83	1,69	1,89	1,83	1,39	1,47	1,70
It. rajgräs ^c	1,83	1,86	1,91	1,82	1,40	1,51	1,75
Rödklöver ^d	1,84	1,74	2,17	2,36	1,67	1,80	1,99
Vitsenap ^e	1,90	1,73	1,82	1,80	1,41	1,58	1,69

^a Avser delruta utan insädd. Där rajgräs såddes var totalkvävehalten 1,54 % av torrsubstansen. /Refers to the subplot without a catch crop. In the subplot with rye grass, the total nitrogen concentration was 1.54% of DM./

^b Without a catch crop.

^c Italian rye grass.

^d Red clover.

^e White mustard.

Totalkvävemängden i rågkärnan 1987 (tabell 9) var mindre än i halmen beroende på kraftig liggsäd. Insädderna tycktes detta år ej påverka den samlade kvävemängden i grödan. Under åren 1988-90 blev däremot kväveinnehållet i leden med rajgräs markant mindre än utan fånggröda. Grödan innehöll mest kväve i kärna och halm i

rödsklöverleden. Detta gäller både de vår- och de höstplöjda leden. I 1991 års värden avviker ledet med rajgräs och höstplöjning såtillvida, att det blev större N-innehåll i kärnan än ledet utan mellangröda. Leden med vitsenap bör i de flesta fall kunna jämföras med leden utan mellangröda. För alla led utom rödsklöverleden tycktes kväveinnehållet i grödorna efter vårplöjning generellt vara något lägre än efter höstplöjning.

Tabell 9. Huvudgrödornas innehåll av totalkväve, kg/ha N, i kärna och halm vid degmognad-gulmognad 1987-1991, efter kvävegödsling under det aktuella året (kärna = kärna, ha = halm och övriga ovanjordiska växtdelar). A = utan fånggröda, B = italienskt rajgräs, C = rödsklöver och D = vitsenap

Table 9. Total nitrogen contents, kg/ha N, in grain and straw of the main crops at dough ripeness-yellow ripeness in 1987-91, after nitrogen fertilization during the year in question (kärna = grain, ha = straw and other above-ground plant parts). A = without a catch crop, B = italian rye grass, C = red clover and D = white mustard

Led	1987	1988	1989	1990	1991	1988-91
Treat- ment	Höstråg	Vårkorn	Havre	Vårvete	Vårkorn	Medeltal
	Winter rye	Spring barley	Oats	Spring wheat	Spring barley	Means kärna+ha ^a
	kärna ha	kärna ha	kärna ha	kärna ha	kärna ha	

Höstplöjning/Autumn ploughing/

A	54	78	82	21	77	24	81	46	64	21	104
B	50	78	70	17	69	14	60	34	76	21	90
C	48	79	89	28	91	41	89	70	70	18	124
D	42	81	86	21	66	22	82	50	66	18	103

Vårplöjning/Spring ploughing/

A	50	84	78	19	81	13	69	38	67	18	96
B	49	82	77	18	59	13	63	29	65	18	85
C	44	80	90	29	103	22	101	51	79	21	124
D	50	88	85	20	77	15	70	35	78	20	100

^a Summan av kärna och halm. /Sum of grain and straw./

Fånggrödornas tillväxt och kväveinnehåll

Etableringen och utvecklingen av fånggrödorna hade avgörande betydelse för deras förmåga att ta upp kväve på hösten, tabell 10-12.

Redan vid gulmognad hade rajgräset, utom 1987, producerat minst ett ton lufttorr biomassa per ha och fram till senhösten närmare 2,5 ton per ha (tabell 10). Den svaga tillväxten 1987 torde bero på att insådden då gjordes i den växande höst-rågen. På senhöstarna och tidigt under efterföljande vårar innehöll rajgräset i

storleksordningen 40 kg N per ha i de ovanjordiska delarna. Även om rajgräset var svagt etablerat vid gulmognad 1987, blev kväveinnehållet på senhösten lika stort som medeltalet för övriga år. Från gulmognad till provtagningen på senhösten ökade kväveinnehållet i de ovanjordiska växtdelarna med ca 20 kg N per ha. Ogräsandelen var obetydlig men mättes ej.

Tabell 10. Ovanjordisk biomassa av italienskt rajgräs och gräsogräs (lufttorrt material, kg/ha) samt dess samlade kväveinnehåll, kg/ha N, vid olika årstider. Gräsogräs sorterades inte bort utan ingår i materialet
Table 10. Above-ground biomass of Italian rye grass and gramineous weeds (air-dried material, kg/ha) and its total content of nitrogen, kg/ha N, in different seasons. Gramineous weeds are included in the plant material

Bearbetning <i>Soil tillage</i> År/Year/	Gulmognad <i>Yellow ripeness</i>		Sen höst <i>Late autumn</i>		Tidig vår <i>Early spring</i>	
	kg/ha	kg/ha N	kg/ha	kg/ha N	kg/ha	kg/ha N
Höstplöjning/Autumn ploughing/						
1987/88	137	4	1627	36	-	-
1988/89	982	18	3252	43	-	-
1989/90	1630	23	2752	22	-	-
1990/91	1564	22	2502	42	-	-
1991/92	1192	18	1980	34	-	-
Medeltal <i>Means</i>	1101	17	2423	36	-	-
Vårplöjning/Spring ploughing/						
1987/88	137	8	1844	40	-	-
1988/89	1006	21	3374	45	3099	56
1989/90	1811	26	2372	36	2604	51
1990/91	1001	13	2411	40	1084	29
1991/92	1143	16	2268	33	1674	34
Medeltal <i>Means</i>	1020	17	2454	39	2115 ^a	42 ^a

^a Medelvärdena avser åren 1988-92. /The means refer to 1988-92./

Rödkläverns tillväxt fram till gulmognad blev betydligt mindre än det italienska rajgrässets (tabell 11). Vårplöjning gav sämre etablering och tillväxt under sommaren. Rödklävern växte bra under hösten och ökade biomassan tre gånger i det höstplöjda ledet samt ökade sex gånger i det vårplöjda jämfört med biomassan vid gulmognad. Från gulmognad till provtagningen på senhösten ökade kväveinnehållet i klöverns ovanjordiska växtdelar med 30-40 kg N per ha. Rödklävern övervintrade mycket bra. Trots mindre mängd biomassa på hösten än i rajgräset var kvävemängden minst lika stor i rödklävern vid såväl höst- som vårprovtagningarna. Ogräsandelen var stor på höstarna under de senare åren.

Tabell 11. Ovanjordisk biomassa av rödklöver och ogräs (lufttorrt material, kg/ha) samt dess samlade kväveinnehåll, kg/ha N, vid olika årstider. Inom parentes anges andelen kväve i enbart ogräs

Table 11. Above-ground biomass of red clover and weeds (air-dried, kg/ha) and its total content, kg/ha N, in different seasons. The share of nitrogen in weeds is given in brackets

Bearbetning <i>Soil tillage</i> År/Year/	Gulmognad <i>Yellow ripeness</i> kg/ha kg/ha N		Sen höst <i>Late autumn</i> kg/ha kg/ha N		Tidig vår <i>Early spring</i> kg/ha kg/ha N	
	Höstplöjning/Autumn ploughing/					
1987/88	214	7 (1)	1179	41 (6)	-	-
1988/89	214	4	2032	62 (4)	-	-
1989/90	244	4 (1)	1417	41 (18)	-	-
1990/91	953	17 (4)	1157	38 (15)	-	-
1991/92	594	12 (9)	966	26 (14)	-	-
Medeltal <i>Means</i>	444	8	1350	42	-	-
Vårplöjning/Spring ploughing/						
1987/88	104	4	1408	42 (1)	-	-
1988/89	186	5	2339	76 (2)	2130	66
1989/90	143	4	1544	43 (16)	927	36 (2)
1990/91	316	8	933	26 (11)	781	32 (1)
1991/92	474	7 (2)	966	30 (7)	1010	36
Medeltal <i>Means</i>	245	6	1521	44	1212 ^a	43 ^a

^a Medelvärdena avser åren 1988-92. /The means refer to 1988-92./

Mängden ogräs vid gulmognad uppgick i leden med vitsenap till i storleksordningen 100 kg lufttorrt material per ha efter både höst- och vårplöjning (tabell 12), vilket överensstämde med mängden i ledet utan fånggröda. Ogräsförekomsten ökade med åren. Vitsenapen, som såddes (medeldatum: 11/9) efter skörd, fick en kort växtsäsong med liten tillväxt på hösten. På senhösten innehöll vitsenapens ovanjordiska växtdelar bara ca 10 kg N per ha vilket kan jämföras med ogräsets genomsnittliga kväveinnehåll på 6 kg N per ha. Till skillnad från rajgräset och klövern vissnade vitsenapen helt ned under vintern. Kvävemängden i övervintrade ogräs m.m. uppgick vid vårprovtagningen till i medeltal 7 kg N per ha.

Tabell 12. Ovanjordisk biomassa av vitsenap och ogräs (lufttorrt material, kg/ha) samt dess samlade kväveinnehåll, kg/ha N, vid olika årstider. Inom parentes anges andelen kväve i enbart ogräs vid provtagning på senhösten
Table 12. Above-ground biomass of white mustard and weeds (air-dried material, kg/ha) and its total content of nitrogen, kg/ha N, in different seasons. The share of nitrogen in weeds at sampling in late autumn is given in brackets

Jord- bearbetning <i>Soil tillage</i> År/Year/	Ogräs <i>Weeds</i>		Vitsenap+ogräs <i>Wh. mustard+weeds</i>		Ogräs <i>Weeds</i>	
	Gulmognad <i>Yellow ripeness</i> kg/ha	kg/ha N	Sen höst <i>Late autumn</i> kg/ha	kg/ha N	Tidig vår <i>Early spring</i> kg/ha	kg/ha N
Höstplöjning/Autumn ploughing/						
1987/88	45	1	96	6 (1)	-	-
1988/89	12	0	370	10(6)	-	-
1989/90	69	0	588	18(10)	-	-
1990/91	178	2	-	-	-	-
1991/92	192	2	377	7 (7)	-	-
Medeltal <i>Mean</i>	99	1	358	10(6)	-	-
Vårplöjning/Spring ploughing/						
1987/88	89	2	93	6 (2)	-	-
1988/89	40	1	495	14(7)	496	7
1989/90	158	1	621	19(4)	460	8
1990/91	246	3	-	-	260	7
1991/92	205	3	536	14(13)	406	5
Medeltal <i>Mean</i>	148	2	436	13(7)	406 ^a	7 ^a

^a Medelvärdena avser åren 1988-92. /The means refer to 1988-92./

De tre fånggrödornas ovanjordiska växtmaterial skilde sig även när det gäller totalkvävehalter. Rajgräsmaterialet var kvävefattigast. Vid provtagningarna under senhöstarna innehöll det i medeltal 1,7 % N (i torrsubstansen) med 1,3 och 2,2% som lägsta resp. högsta årliga medelvärden. Rödklöverns kvävehalt uppgick till 3,1% med variationer från 2,8 till 3,3% och vitsenapens till 3,5% med 2,3 och 5,6% som minsta och högsta årsvärden.

Mineralkväve i marken

Fånggrödornas och plöjningstidpunkternas inverkan på mineralkväveinnehållet i marken vid gulmognad samt under senhöst och tidig vår anges i tabell 13 som medelvärden för alla försöksår. Bokstäver efter medelvärdena i tabellen beskriver statistisk signifikans. Jämförelse mellan höst- och vårplöjning är här inte möjlig, på

grund av att dessa behandlingar ingår som storrutor i försökets split-plotplan. Provtagning gjordes i de N-gödslade delarna av rutorna.

Vid gulmognad fanns omkring 35-40 kg N per ha inom 0-90 cm djup. Det rådde inga större skillnader mellan leden. På hösten däremot gav fånggrödorna upphov till stora olikheter i mineralkväveinnehållet i marken. I leden utan fånggrödor ökade mängden mineralkväve från gulmognad till ca 53 kg N per ha på senhösten. Där italienskt rajgräs såddes in minskade däremot mängden mineralkväve till omkring 20 kg N per ha. Rödklövern minskade i mineralkväve i betydligt mindre grad än rajgräset och hade ingen signifikant effekt. Ej heller reducerade vitsenapen kväve-mängderna.

Tabell 13. Mineralkväve, kg/ha N i marken (0-90 cm) vid gulmognad, under sen höst och tidig vår: medelvärden beräknade som least square means och inom parentes variationer mellan åren i form av minsta och största årsvärden. Värdena för gulmognad och senhöst avser åren 1987-91 och för tidig vår 1988-92. Värden med samma bokstav är inte signifikant skilda ($p < 0,05$) på signifikansnivån 5%. Stora bokstäver skall jämföras vågrätt och små lodrätt, inom höst- respektive vårplöjningsleden

Table 13. Mineral nitrogen, kg/ha N in the soil (0-90 cm) at yellow ripeness, in late autumn, and in early spring: averages calculated as least square means and, in brackets, minimum and maximum annual values. The values for yellow ripeness and late autumn refer to 1987-91 and those for early spring 1988-92. Values with the same letters are not significantly different ($p < 0,05$) at the 5% significance level. Capital letters should be compared horizontally and small letters vertically, within the autumn and spring ploughing treatments in question

Provtagnings- tidpunkt	Utan fång- gröda <i>Without a catch crop</i>	It. rajgräs <i>It. rye grass</i>	Rödklöver <i>Red clover</i>	Vitsenap <i>White mustard</i>
<i>Sampling time</i>				
Höstplöjning/Autumn ploughing/				
Gulmognad ¹	36 ^{Aa} (32-54)	35 ^{Aa} (22-53)	37 ^{Aa} (25-48)	37 ^{Aa} (26-58)
Sen höst ²	54 ^{Ab} (30-85)	21 ^{Bb} (12-48)	32 ^{Ca} (24-46)	36 ^{Ca} (21-75)
Tidig vår ³	58 ^{Ab} (48-57)	54 ^{Ac} (34-64)	73 ^{Bb} (58-80)	58 ^{Ab} (43-62)
Vårplöjning/Spring ploughing/				
Gulmognad ¹	34 ^{Aa} (24-47)	35 ^{Aa} (23-51)	39 ^{Aa} (36-58)	34 ^{Aa} (23-53)
Sen höst ²	52 ^{Ab} (28-88)	20 ^{Bb} (12-39)	38 ^{Ca} (31-62)	42 ^{Cb} (27-53)
Tidig vår ³	48 ^{Ab} (39-48)	29 ^{Ba} (21-36)	45 ^{Aa} (33-54)	41 ^{Aab} (23-42)

¹ *Yellow ripeness.*

² *Late autumn.*

³ *Early spring.*

Från senhöstprovtagningen till tidig vår ökade mineralkvävemängderna i leden där fånggrödorna plöjts ned på hösten, medan förråden i allmänhet blev oförändrade i det höstplöjda ledet utan fånggröda. Där marken låg oplöjd fram till våren var

mängderna då i stort sett desamma som på senhösten utom i rajgräsledet, där något mer återfanns. De minsta förråden fanns ändå där rajgräset stod kvar till på våren.

Årlig variation i mineralkväve

I tabell 13 redovisas de årliga variationerna i mängderna mineralkväve i form av minsta och högsta årsvärden. Under de olika åren var förråden på senhösten mycket varierande i leden utan fånggröda och i leden med vitsenap, medan de blev ganska enhetliga i rajgräsleden. Rajgrässets kväveupptag från gulmognad till senhöst, som varierade från några få kg N per ha till ca 35 kg N per ha, hade härvid en utjämnande verkan beroende på större kväveupptag vid större kvävetillgång i marken under hösten (jämför tabell 10).

Även i rödklöverleden var mineralkväveförråden mer enhetliga på senhösten. Förändringarna från gulmognad till senhöst var alla år dock små, medan kväveinnehållet i rödklövers ovanjordiska delar ökade mycket olika under de skilda höstarna (jämför tabell 11). Skillnaderna kan bero på varierande kvävefixering.

Fram till våren hade skillnaderna mellan åren i leden utan fånggröda delvis jämnats ut, troligen främst till följd av kväveförluster. Samma gäller vitsenapsleden. Däremot rådde det ganska stora variationer mellan åren i mängderna mineralkväve på våren efter nedplöjning av rajgräs och även av rödklöver på hösten.

Dessa årsvariationer i markens mineralkväveinnehåll måste bero på olikheter i mineralisering, immobilisering, utlakning, gasformiga kväveförluster samt i huvud- och fånggrödornas N-upptag.

Kvävegödslingens inverkan på mineralkväveresterna i marken efter huvudgrödorna

Mängden mineralkväve inom markens rotzon då grödornas kväveupptagning avslutas kan betraktas som en outnyttbar rest under odlingsförhållandena i fråga (jmf. Lindén, 1981). Provtagningarna vid degmognad-gulmognad belyser detta (tabell 13 och 14). Medan fånggrödorna och plöjningstidpunkterna knappast hade någon inverkan, fanns som medeltal för alla led med och utan fånggröda (inkl. de båda plöjningstidpunkterna) 5 kg mer mineralkväve per ha inom 0-90 cm djup efter kvävegödsling under året i fråga än i ON-rutorna, som då ej tillförts kväve. Minst skillnad (+2 kg N per ha) fastställdes i rajgräsleden, medan det i genomsnitt fanns 5-7 kg mer i leden med rödklöver och vitsenap efter kvävegödsling än utan kvävetillförsel under det aktuella året.

Tabell 14. Mineralkväve, kg/ha N, inom 0-90 cm markdjup vid gulmognad dels i ON-rutorna (utan gödselkväve) och dels efter kvävegödsling under året i fråga. Medeltal för åren 1987-91

Table 14. Mineral nitrogen, kg/ha N, within the 0-90 cm soil layer at yellow ripeness in the ON plots (without fertilizer nitrogen) and after nitrogen fertilization during the year in question. Means for the years 1987-91

Jordbearbetning och kvävegödsling <i>Soil cultivation and nitrogen fertilization</i>	Utan fånggröda <i>Without a catch crop</i>	Italienskt rajgräs <i>Italian rye grass</i>	Rödklöver <i>Red clover</i>	Vitsenap <i>White mustard</i>
Höstplöjda led/Autumn ploughing/				
Utan gödselkväve ^a	35	36	36	36
Med gödselkväve ^{bc}	+8	+2	+5	+7
Vårplöjda led/Spring ploughing/				
Utan gödselkväve ^a	36	34	37	33
Med gödselkväve ^{bc}	+2	+2	+7	+5

^a Without fertilizer nitrogen and catch crops.

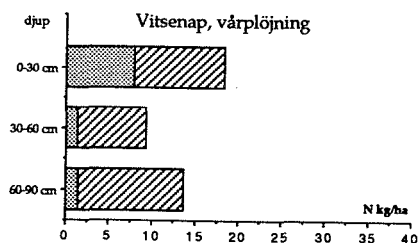
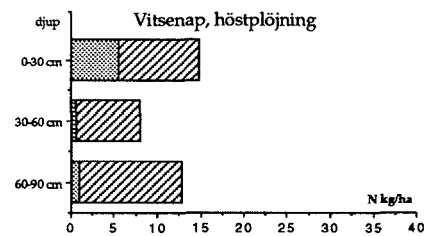
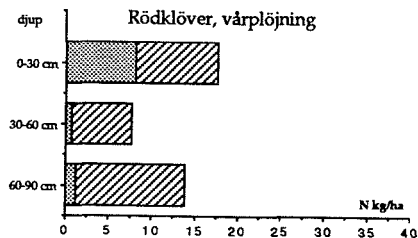
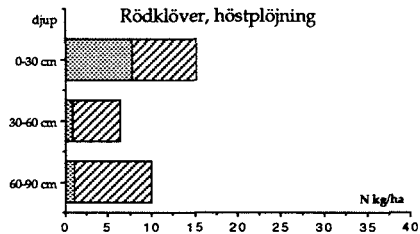
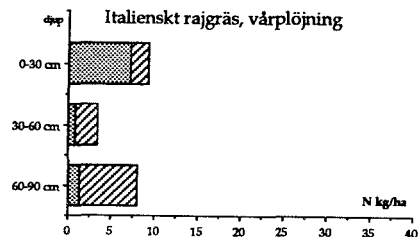
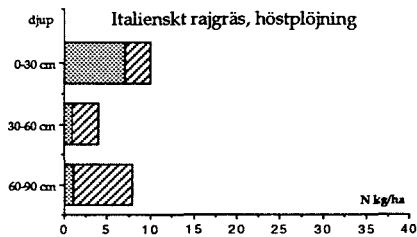
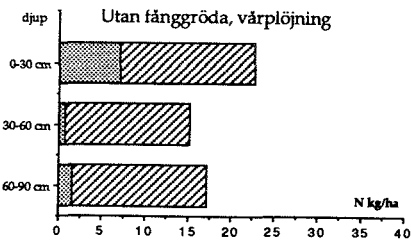
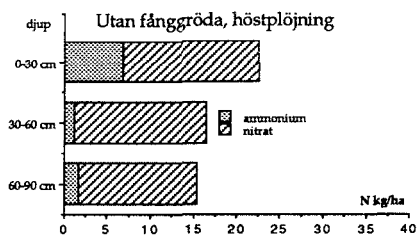
^b With fertilizer nitrogen.

^c Jämför tabell 13. /Compare with Table 13./

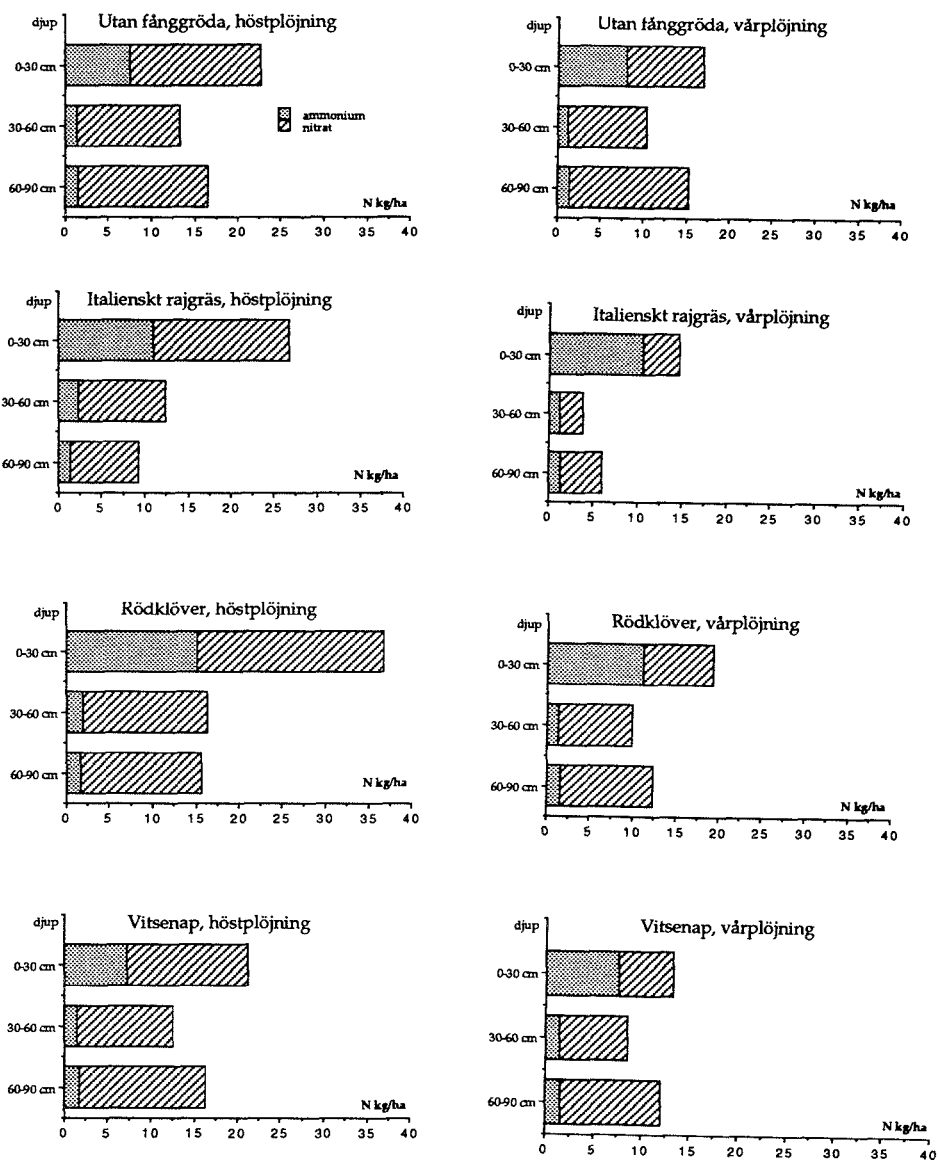
Mineralkvävet fördelning i markprofilen

Det fanns något NH₄-N i alven också men mest i matjorden. Från gulmognad till provtagningen under senhösten ökade nitratkvävemängderna i alla de tre provtagna markskikten (0-30, 30-60 och 60-90 cm) i leden utan fånggröda. Detta tyder på att kväve som mineraliserades i matjorden efter gulmognad transporterades ned i alvsiktet under hösten. Däremot innehöll alvsiktet i leden med rajgräs små mängder kväve på senhösten (figur 3). Förklaringen torde vara, att allteftersom kväve mineraliserades under hösten, togs det upp av rajgräset. De små mängderna mineralkväve i alven måste innebära minskad N-utlakningsrisk i rajgräsleden. I dessa avseenden verkar leden med rödklöver och vitsenap ha intagit en mellanställning.

Fram till vårprovtagningen förblev mineralkväveförråden i alven mindre i leden med rajgräs än i övriga led (figur 4). Detta gäller framför allt där rajgräset stod kvar till våren. Efter höstplöjning fanns på våren en tydligt större andel mineralkväve i matjorden än i alven i rödklöver- och rajgräsleden jämfört med ledet utan fånggröda och ledet med vitsenap. Detta tyder på att kvävetillskotten genom mineralisering i de förra leden i hög grad ägt rum först under senvintern och tidig vår. Denna fördelning kan också innebära, att nedbrytningen av de nedplöjda fånggrödorna och åtföljande kvävefrigörelse endast till en mindre del ägt rum under själva vintern, då utlakningsrisken var som störst.



Figur 3. Medelvärden för ammonium- och nitratkväve, kg/ha N, i olika markskikt under senhöstarna 1987-91.
 Figur 3. Means of ammonium and nitrate nitrogen, kg/ha N, in different soil layers in late autumn during 1987-91.



Figur 4. Medelvärden för ammonium- och nitratkväve, kg/ha N, i olika markskikt under tidig vår 1988-92.
 Figur 4. Means of ammonium and nitrate nitrogen, kg/ha N, in different soil layers in early spring during 1988-92.

Kväveefterverkan av fånggrödorna

Fånggrödornas inverkan på efterföljande stråsådesgrödornas kväveupptag, N_{gs} (inkl. rötter) i ON-rutorna fram till degmognad-gulmognad framgår av tabell 15. Som medeltal för åren 1988-92 utnyttjade grödorna 66 kg jordkväve per ha i ledet utan fånggröda och med höstplöjning. Differensen mellan huvudgrödans kväveinnehåll i leden med fånggröda jämfört med leden utan fånggröda benämns här kväveefterverkan. Efter rajgräs och rödklöver blev denna i medeltal 15 resp. 32 kg N per ha men uteblev efter vitsenap. I leden med rajgräs och rödklöver erhöles efter vårplöjning ungefär samma kväveefterverkan som efter höstplöjning. I leden utan fånggröda och med vitsenap syntes dock vårplöjning ge något sämre effekt.

Tabell 15. Kväve (N_{gs}), kg/ha N, i huvudgrödorna (inklusive uppskattad andel i rötterna) i ON-rutorna vid degmognad-gulmognad. Se sid. 14 och 15 för förklaringar. Fånggröda såddes ej i ON-rutorna men hade odlats under föregående år
Table 15. Nitrogen (N_{gs}), kg/ha N, in the main crops (including the estimated amount in the roots,) in the ON plots at dough ripeness-yellow ripeness. See page 14 and 15 for explanations. Catch crops were not sown in the ON plots but had been cultivated in the preceding year(s)

Led <i>Treatment</i>	1988 Korn <i>Spring barley</i>	1989 Havre <i>Oats</i>	1990 Vårvete <i>Spring wheat</i>	1991 Korn <i>Spring barley</i>	1992 Korn <i>Spring barley</i>	1988-92 Medeltal <i>Means</i>
Höstplöjning/Autumn ploughing/						
Utan fånggröda ^a	71	79	85	56	39	66
It. rajgräs ^b	84	76	103	101	42	81
Rödklöver ^c	117	116	130	78	48	98
Vitsenap ^d	71	73	87	59	41	66
Medeltal <i>Means</i>	86	86	101	74	42	78
Vårplöjning/Spring ploughing/						
Utan fånggröda ^a	72	69	80	55	29	61
It. rajgräs ^b	101	69	92	93	45	80
Rödklöver ^c	122	134	153	75	39	105
Vitsenap ^d	75	57	69	59	26	57
Medeltal <i>Means</i>	92	82	98	60	35	76

^a Without a catch crop.

^b Italian rye grass.

^c Red clover.

^d White mustard.

Man skulle kunna förmoda, att årligen återkommande odling av fånggrödor skulle leda till ökad kväveefterverkan med åren. Detta kan dock inte bekräftas av de erhållna resultaten, troligen beroende på att de enskilda årens väderbetingelser starkt påverkat kväveförhållandena i marken.

Kväveminaliseringsstillskottet, N_{net} , under växtsäsongen från tidig vår till gulmognad var större efter rödklöver och även efter rajgräs än efter vitsenap och utan fånggröda (tabell 16). Vidare var kväveminaliseringsstillskottet större efter vårplöjning, i vart fall i leden med rödklöver och rajgräs, än efter höstplöjning. Efter vårplöjning frigjordes i rajgräsledet i medeltal 36 kg N per ha och i rödklöverledet 47 kg N per ha mer än utan fånggröda.

Tabell 16. Beräknat kväveminaliseringsstillskott (N_{net}), kg/ha N, i ON-rutorna från tidig vår till degmognad-gulmognad. Se sid 14 och 15 för förklaringar. Fånggröda såddes ej i ON-rutorna man hade odlats under föregående år

Table 16. Calculated nitrogen (N_{net}), kg/ha N, in the ON-plots from early spring to yellow ripeness. See page 14 and 15 for explanations. Catch crops were not sown in the ON plots but had been cultivated in the preceding year(s)

Led <i>Treatment</i>	1987 <i>Winter rye</i>	1988 <i>Spring barley</i>	1989 <i>Oats</i>	1990 <i>Spring wheat</i>	1991 <i>Spring barley</i>	1992 <i>Spring barley</i>	1988-92 <i>Medeltal Means</i>
Höstplöjning/Autumn ploughing/							
Utan fånggröda ^a	52	69	43	74	28	29	49
It. rajgräs ^b	59	81	49	118	70	23	68
Rödklöver ^c	57	105	48	106	39	23	64
Vitsenap ^d	50	68	49	82	29	32	52
Medeltal <i>Means</i>	54	81	47	95	42	27	58
Vårplöjning/Spring ploughing/							
Utan fånggröda ^a	84	81	43	82	41	25	54
It. rajgräs ^b	78	122	68	113	85	61	90
Rödklöver ^c	68	131	104	15	60	56	101
Vitsenap ^d	77	92	35	77	48	30	56
Medeltal <i>Means</i>	77	106	62	107	58	43	75

^a Without a catch crop.

^b Italian rye grass.

^c Red clover.

^d White mustard.

DISKUSSION

Fånggrödornas och plöjningstidpunkternas inverkan på kärnskörden

I rajgräsleden blev kärnskörden 1987-91 ca 5 % lägre än i leden utan fånggröda (tabell 7). Detta torde vara en effekt av det italienska rajgräsets konkurrens med huvudgrödan om tillväxtbetingelserna. Italienskt rajgräs anses allmänt vara aggressivare i detta avseende än engelskt rajgräs. Mängden rajgräsutsäde var dessutom nästan alla år så hög som 18 kg/ha och insådden utvecklade sig de flesta åren kraftigt redan under växtsäsongen. Rajgräset producerade fram till stråsädesgrödornas degmognads-gulmognadsstadium 1000-1800 kg lufttorrt ovanjordiskt material per ha utom 1987, då insådden gjordes i höstråg på våren. Kvist (1992) fann, att 7-9 kg utsäde per ha, eller rentav mindre, var tillräckligt vid insädd av rajgräs som fånggröda och att nedsättningen av kärnskörden då i genomsnitt blev 110 kg kärna per ha eller 2,5 %. Detta gäller sådd av rajgräs samtidigt med huvudgrödan och odling av detta enbart ett år. Med mindre utsädesmängd borde skördereduktionen ha blivit mindre i det här redovisade försöket vid Mellby.

Rajgräset gav en kväveefterverkan, vilken som medeltal för åren 1988-92 var 15 kg N per ha större efter höstplöjning och 19 kg större efter vårplöjning än utan fånggröda. Detta kan ha motverkat skördenedsättningen. Denna efterverkan "ersatte" i stort sett den mängd kväve som rajgräset inlagrat i de ovanjordiska växtdelarna fram till stråsädens gulmognadsstadium och som således undandragits stråsädesgrödornas N-upptagning. De flesta åren synes emellertid konkurrensen om kvävet i marken ha varit till nackdel för huvudgrödorna (tabell 9). Under åren 1988-1991 var nämligen rajgräsets N-efterverkan mindre än insåddens kväveupptag utom 1991 (tabell 10 och 15).

Från och med 1991 uteblev den skördesänkande effekten av rajgräsinsådden. Detta kan som just antytts förklaras av ökad kväveefterverkan (tabell 15) beroende på förstärkt kväveminerisering under växtsäsongen (tabell 16). År 1992 torde sommartorkan ha varit orsaken till att svagare kväveefterverkan och mindre skördeutslag uppmättes, vilket även gäller rödklöverleden.

I leden med rödklöver erhöles under åren 1987-91 i stort sett samma stråsädes-skördar som i leden utan fånggröda. Rödklövern uppnådde betydligt mindre tillväxt under sommaren än rajgräset och konkurrerade således mindre med huvudgrödorna. Utsädesmängden var 10 kg/ha. En viss konkurrens kan fr.o.m. 1988 dock ha motverkats av klöverns kväveefterverkan. Denna uppgick till i medeltal 32 kg N per ha efter höstplöjning och 44 kg efter vårplöjning (tabell 15). Med avseende på stråsädes-skördarnas storlek synes det ha uppkommit en viss balans mellan konkurrensen om tillväxtbetingelserna och kväveefterverkan. Ett annat tecken på detta är att klöverns kväveefterverkan ej ledde till ökad liggsädesbildning.

I leden med vitsenap, vilken såddes efter skörden av stråsädesgrödorna, blev dess avkastning praktiskt taget lika stor som i leden utan fånggröda. Det beror uppenbarligen på dels utebliven konkurrens under växtsäsongen och dels att ingen mätbar kväveefterverkan av vitsenapen uppkom.

Huvudgrödans avkastning påverkas av ogräsförekomsten dels på sommaren under insäningsåret (Kvist, 1992) och dels mer långsiktigt till följd av ogräsets konkurrens med fånggrödan under höstarna och genom ändrade jordbearbetningsförhållan-

den vid odling av fånggrödor. I denna undersökning blev förekomsten av ettåriga ogräs jämförelsevis liten under sommaren i leden med rajgräs och klöver, uppenbarligen genom att de insådda fånggrödorna ökade konkurrensen om tillväxtbetingelserna. Med åren tilltog däremot ogräsmängden sommartid i leden med vitsenap som fånggröda. Vidare fastställdes ökad kvickrotsförekomst i leden med rajgräs och rödklöver. Orsaken torde vara att marken ej stubbearbetades på hösten. Fånggrödorna kunde tydligen inte konkurrera effektivt nog med kvickroten. Slutsatsen blir att man vid årligen återkommande odling av fånggrödor kan behöva sätta in särskilda bekämpningsåtgärder mot kvickrot såsom Roundup-behandling.

Utan fånggröda gav vårplöjning i medeltal 5 % lägre kärnskörd än höstplöjning. För fånggrödorna italienskt rajgräs, rödklöver och vitsenap blev stråsädesskördarna efter vårplöjning 3, 1 resp. 3 % mindre än efter plöjning på senhösten (tabell 7). Detta tyder på att vårplöjning i princip kan vara ett godtagbart alternativ till höstplöjning på lätta jordar under de klimatförhållanden som rådde på försöksplatsen.

Rödklöverns kväveefterverkan medförde högre totalkvävehalter i kärnskördarna, särskilt efter vårplöjning (tabell 8). Detta kvävetillskott innebär förbättrade skördeintäkter, om de högre råproteinhalterna kan åsättas ett ekonomiskt mervärde. Rajgräset gav däremot både en minskning vissa år och en ökning andra år i totalkväveinnehållet.

För att renodlat studera fånggrödornas efterverkan gjordes generellt inga insådder år 1992. Inga påtagliga positiva effekter kunde dock fastställas, vilket som tidigare nämnts torde bero på sommarens torka. Som framgått erhöles emellertid under de flesta åren dessförinnan tydligt ökad kväveefterverkan av både rajgräs och rödklöver. Skulle man i motsvarande situationer ej ha sått in fånggrödor, borde detta ha gett positiva skördeutslag och/eller inneburet, att N-gödslingen kunde ha minskats. Värdet av en sådan kväveefterverkan (i storleksordningen 15-20 kg N per ha efter rajgräset och 30-40 kg efter rödklöver) bör i viss mån kompensera kostnaderna för själva insådden och för skördebortfall orsakade av insåddernas konkurrens gentemot huvudgrödan. Som framgått förstärks kväveefterverkan, om baljväxter odlas som fånggrödor (jmf. Breland, 1989; Wallgren & Lindén, 1993).

Fånggrödornas kväveupptag och inverkan på mineralkvävemängderna i marken under vinterhalvåret

Både rajgräsets och rödklöverns ovanjordiska växtdelar innehöll vid provtagningen på senhösten i storleksordningen 40 kg N per ha, medan vitsenapens N-innehåll i allmänhet stannade vid ca 10 kg N per ha. Medeldatum för sådden av vitsenapen var den 11/9. Detta var uppenbarligen för sent för att ge tillfredsställande kväveupptag och minskning av N-utlakningsrisken under hösten. Hvelplund & Østergaard (1980) erhöles i en dansk undersökning visserligen kväveupptag på 30-40 kg N per ha efter sådd i augusti av vitsenap som fånggröda och vid god N-tillgång i marken betydligt mer än så, men rajgräs måste ändå anses som en effektivare fånggröda. Beroende på tillväxtbetingelser och kvävetillgång synes under nordiska förhållanden rajgräsets kväveupptag fram till senhösten variera mellan 20 och 100 kg N per ha (Jensen, 1991a; Breland, 1989; Lindén et al., 1993). Rajgräsets goda utlakningsbegränsande förmåga belyses också av att marken i rajgräsleden innehöll de minsta mineralkvävemängderna såväl på senhösten som på våren.

Sås rajgräs in på våren, har det av de här redovisade resultaten att döma redan vid huvudgrödans skörd etablerat ett bestånd, som står berett att ta upp mineraliserat kväve och förekommande outnyttjade N-mängder efter huvudgrödan. Efter hand som kväve sedan frigörs i marken under hösten, kan detta tas tillvara av rajgräset, så att nedtransport till djupare markskikt mer eller mindre förhindras (jmf. figur 3). Härigenom fungerar insatt rajgräs på ett effektivt sätt som utlakningsbegränsande gröda. Italienskt rajgräs som fånggröda reducerade mineralkväveinnehållet i markprofilen (0-90 cm) på senhösten med drygt hälften jämfört med ledet utan fånggröda. Det visade sig också att rajgräset tog upp mer kväve, om mineralkvävetillgången i marken ökade (jmf. Lindén et al., 1993). Sås däremot vitsenap som fånggröda efter skörden, kan en del kväve hinna mineraliseras och transporteras djupare ned i marken, innan kväveupptagningen kommit igång. Ju senare en höstsådd fånggröda såsom vitsenap sås, desto mindre hinner den utvecklas under hösten med sämre N-upptagning som följd (jmf. Torstensson et al., 1992). Av resultaten att döma synes sådd av vitsenap i september vara alltför sen för en effektiv minskning av N-utlakningsrisken. Det finns emellertid anledning att även etablera sådana eftersådda fånggrödor, om de sås tidigt och särskilt om den ordinarie grödans kväveutnyttjande varit nedsatt, exempelvis p.g.a. torka. Som nämnts fastställde Hvelplund & Østergaard (1980) god kväveupptagande förmåga hos vitsenap i en dansk undersökning, där vitsenapen såddes i mitten av augusti efter skörd av korn.

Rödkläverns fånggrödeeffekt var uppenbarligen sämre än rajgräsets, trots att dess ovanjordiska växtdelar innehöll minst lika mycket kväve. Det blev sämre "tömning" av mineralkväveförrådet i marken och mer kväve återstod inom 0-90 cm djup på senhösten än i rajgräsleden (tabell 13 och figur 3). Detta tyder på att det för klövern var gynnsammare att till en del basera kväveförsörjningen på N_2 -fixering än att så effektivt som rajgräset utnyttja befintligt mineralkväve i markprofilen. Istället för klöver i renbestånd synes enligt Wallgren & Lindén (1993) en blandning av vitklöver och rajgräs kunna rekommenderas. En sådan blandning hade god utlakningsbegränsande effekt, samtidigt som kväveefferverkan blev större än efter enbart rajgräs.

Plöjningstidpunktens inverkan på kväveutlakningsriskerna

Där fånggrödorna lämnades kvar över vintern blev mineralkvävemängderna i stort sett oförändrade från senhösten och fram till provtagningen tidigt på våren. Där- emot ökade förråden markant, där rajgräset och rödklävern plöjts ned på senhösten. I och med nedplöjningen upphörde naturligtvis fånggrödornas kväveupptag, och den fortsatta mineraliseringen av jordkväve kan då ha lett till att mineralkväve anhopades i marken. Vidare kan nedbrytningen av fånggrödematerialet ha medfört viss kvävefrigörelse redan före vårprovtagningen i vart fall i rödkläverledet. De milda vintrarna bör ha gjort detta möjligt.

När en mellangröda plöjts ned, påverkas nedbrytningen av växtmaterialets sammansättning, med N-immobilisering och N-mineralisering i varierande utsträckning som följd. Ett kväverikt växtmaterial, med 1,8-2,0 % kväve eller mer, kan förväntas medföra nettomineralisering av kväve relativt snart efter inbrukning i marken (Jenkinson, 1981). Rödkläverns totalkvävehalt var i storleksordningen 3,0 % och rajgräsets 1,7 % vid provtagningarna på senhösten. Detta tyder på att i vart fall

nedplöjningen av klövern på hösten kunde leda till ökad kväveminerisering i marken under de årstider, då utlakningsfara förelåg (jmf. Breland, 1989). I rajgräset torde nettofrigörelse av kväve ha uppkommit först framåt slutet av denna period och senare.

Förmodandet att denna frigörelse även efter klövern uppkommit först på ett relativt sent stadium styrks av att N-mineraliseringstillskottet i hög grad återfanns i matjorden på våren (figur 4) och att kvävet ännu ej transporterats djupare ned i marken. Detta tyder vidare på att denna kväveminerisering inte i någon större utsträckning bidragit till ökad N-utlakningsrisk, men risken kan inte uteslutas, i vart fall inte under tiden före vårprovtagningen.

Likaledes borde det även i leden där rajgräset och rödklövern plöjdes ned först på våren ha mineraliserats en del kväve under perioden mellan senhöst- och vårprovtagningarna. Även om mineralkväve kan ha förlorats under vintern, torde det dock vara möjligt att något kväve tagits upp av fånggrödorna under milda perioder eller i vart fall tidigt på våren. Detta kan vara en förklaring till att mineralkväveförråden var så pass små på våren i rajgräset. I ledet med vitsenap är däremot N-upptagning under dessa perioder utesluten, eftersom denna fånggröda frös bort genom kylan och började brytas ned under vintern.

Utformning av odlingssystem med vårsäd för förbättrad kvävehushållning

Såsom framgår av tabell 14, fanns det vid gultmognad, dvs. då huvudgrödornas N-upptagning ungefärligen upphört, 5 kg/ha mer mineralkväve inom 0-90 cm markdjup efter kvävegödsling under året i fråga än i ON-rutorna, som då ej tillförts gödselkväve. Detta är i överensstämmelse med resultat från andra undersökningar, där det visade sig att de outnyttjade mineralkväveresterna efter normal N-gödsling bara obetydligt översteg mängderna i jord som ej kvävegödslats under året i fråga (Lyngstad, 1975; Lindén, 1981; Lindén et al., 1992). De av gödslingen orsakade resterna tycks därför normalt endast i mindre utsträckning bidra till kväveutlakningen under vinterhalvåret (jmf. Macdonald et al., 1989). Istället synes det vara så, att den kväveminerisering som äger rum från avslutad N-upptagning fram till efterföljande vår alstrar mer mineralkväve, som kan utlakas under de kalla årstiderna. Under sydsvenska förhållanden fryser marken endast kortvarigt eller inte alls vintertid. Härigenom kan kvävemineriseringen normalt fortgå i stort sett oavbrutet från höst till vår. Torstensson et al. (1992) och Lindén et al. (1993) fann under sådana förhållanden, att mer än hälften av årsmineraliseringen i en växtföljd med nästan uteslutande vårsträsäd ägde rum från avslutad N-upptagning i augusti till tidigt på våren nästa år.

I det här redovisade försöket vid Mellby visade sig också anhopningen av mineraliserat kväve i marken under de kalla årstiderna var större än N-gödslingens ökning av på mineralkväveresterna vid gultmognad. I leden utan fånggröda ökade mineralkväveförråden från degmognad-gultmognad till senhösten med i storleksordningen 15 kg N per ha, men en del kväve kan dessutom ha gått förlorat under tiden, varför nettomineraliseringstillskottet av kväve bör ha varit större. Höstarna 1987 och 1988 var nettoökningen under hösten så stor som 30-40 kg N per ha. Som åtgärd mot N-utlakningen synes det under de odlingsförhållanden som här avses därför vara viktigast att motverka anhopningen av mineralkväve i marken till följd av kväve-

mineralisering efter det att grödornas N-upptagning avslutats. Detta kräver effektiva fånggrödor.

Med rajgräs som fånggröda minskade mineralkvävemängderna i marken mycket tydligt från degmognad-gulmognad till senhösten. Detta tyder på att rajgräsets N-upptagning inte bara motverkade anhopningen av mineraliserat kväve under hösten utan även tog tillvara kväve som lämnats kvar outnyttjat av stråsädesgrödorna.

Rajgräsets effektivitet i dessa avseenden har även belysts av Lindén et al. (1993), som fann att ett odlingssystem med normalt N-gödsblad vårstråsäd och med insått rajgräs som fånggröda medförde mindre kväveutlakning än ett motsvarande system utan N-gödsling men ej heller någon fånggröda. Rajgräs som fånggröda synes således vara en effektivare utlakningsbegränsande åtgärd än en reducering av normalt rekommenderade kvävegivor. Effekten tycks av denna undersökning att döma bli särskilt verkningsfull vid vårplöjning.

Vid provtagningarna på våren, vilka ägde rum en kort tid före vårplöjningen, var som nämnts mineralkväveförråden i leden med rajgräs och rödklöver mindre där marken ännu ej plöjts än efter höstplöjning. Detta innebär att det efter vårplöjning fanns mindre mängder mineralkväve, som kunde utnyttjas av den efterföljande huvudgrödan. Som framgår av tabell 15 blev dock kväveefterverkan efter dessa fånggrödor lika stor efter vår- som efter höstplöjning. Detta berodde på en kompenserande genom att mer kväve mineraliserades under den efterföljande växtsäsongen i leden med vårplöjning. Efter rajgräs uppgick denna ökning av mineraliseringen jämfört med höstplöjning till i medeltal 22 kg N per ha och efter rödklöver 37 kg.

I plöjningstidpunkten tycks man således ha ett medel att tidsmässigt styra nedbrytningen av fånggrödorna och därmed mineraliseringen av det bundna kvävet. Resultaten tyder på att om en fånggröda plöjs ned på hösten, så uppkommer det i vart fall om denna fånggröda utgöres av klöver en viss ökad kvävefrigörelse under vinterperioden jämfört med om marken lämnats oplöjd fram till våren. Även om denna frigörelse i hög grad skulle äga rum först under senintern eller tidigt på våren, kan ökade N-förluster genom utlakning och/eller denitrifikation under vinterperioden ej uteslutas. Plöjs marken först på våren, kommer nedbrytningen av växtmaterialet och kvävefrigörelsen i ökad utsträckning att äga rum under den efterföljande grödans tillväxttid, då det frigjorda kvävet kan utnyttjas (jmf. Lindén et al., 1993). Det är dock möjligt att denna ökade kvävemineralisering fortsätter efter avslutad kväveupptagning och då i högre grad efter vår- än efter höstplöjning. I så fall uppkommer ökad risk för förluster under efterföljande vinterhalvår, om inte en ny fånggröda etableras.

Som framgår av tabell 7, uppkom det efter vårplöjning jämfört med höstplöjning endast obetydliga minskningar av huvudgrödans skörd vid odling av rajgräs som fånggröda. Med rödklöver som fånggröda påverkades avkastningen knappast alls av plöjningstidpunkterna. Därför borde det kunna rekommenderas att marken vårplöjs på lätta jordar i Sydsverige med tanke på dels den troligen mindre utlakningsrisken, särskilt när det gäller rödklöver, och dels möjligheten att skjuta upp mer-mineraliseringen av kväve till den kommande växtsäsongen. Detta gäller åtminstone i områden med goda nederbördsförhållanden på våren, som underlättar grödans uppkomst och etablering. I vart fall när det gäller rajgräs, innebar fånggrödans N-upptag och efterverkan ökad cirkulation av kväve i systemet mark-växt. Kväve

som kunde ha gått förlorat under vinterhalvåret bands i biologiskt material fram till våren, varefter mineralisering av detta gav ett bidrag till den efterföljande grödans N-försörjning. De genom fånggrödan nedbringade N-förlusterna borde här i princip kunna leda till minskat behov av att genom gödsling ersätta kväve som förlorats från marken eller som förts bort med skördarna.

SUMMARY

In a field experiment on a sandy soil in Halland, south Sweden, the influence of catch crops and ploughing times on grain yields of the main crops (generally spring cereals) and on the accumulation of mineralized nitrogen (ammonium and nitrate N) in the 0-90 cm soil layer during the winter period were studied during 1987-92 and compared with effects without a catch crop. The catch crops were Italian rye grass and red clover, both undersown in spring, and white mustard sown after the cereal harvest. The seed rates generally were 18, 10 and 10 kg ha⁻¹, respectively.

Spring ploughing reduced cereal yields by 1-5 % compared with autumn ploughing. Irrespective of ploughing times, the rye grass decreased the yields by, on average, 5 % compared with treatments without a catch crop, due to competition between main and catch crop. Also the clover caused yield decreases in certain years. After the white mustard, yield levels generally were the same as without a catch crop. Only the clover caused clearly higher total N concentrations in the grain.

In November, the above-ground parts of the rye grass and red clover contained ca. 40 kg N ha⁻¹, whereas the white mustard had taken up only about 10 kg. At this time the amounts of mineral N within the 0-90 cm soil layer in the treatments with rye grass, red clover and white mustard, and ploughed later in the autumn, were 21, 32 and 36 kg N ha⁻¹, respectively, compared with 54 kg without a catch crop. Similar amounts were obtained in the treatments with spring ploughing.

With spring ploughing, mineral N remained largely unaltered from late autumn until early April in all treatments, with and without catch crops. By contrast, the amounts increased where the catch crops had been ploughed during autumn, especially after the clover. The low mineral N levels in the rye grass treatments as a whole indicate that this catch crop was the most effective against N leaching, especially when ploughed in spring. The effect of white mustard must have been insignificant and that of the autumn-ploughed clover questionable.

The rye grass increased the N supply to the cereal crops in 1988-92 by, on average, 15 and 19 kg N ha⁻¹ after autumn and spring ploughing, respectively, compared with corresponding treatments without a catch crop. The corresponding effect of the clover was 32 and 44 kg, whereas the white mustard had no positive influences in this respect. The effects were mainly due to increased N mineralization during the growing season, especially after spring ploughing.

Since spring ploughing only negligibly reduced grain yields of the main crops it should be possible on light soils in Sweden with sufficient spring precipitation to recommend that fields with a catch crop are ploughed in spring in order to achieve the greatest possible limiting effect on leaching, particularly if the catch crop is clover. In this way, the additional mineralization of nitrogen caused by the catch crop would mainly be delayed until the following growing period, which would result in better nitrogen economy and nitrogen utilization.

REFERENSER

- Alvenäs, G. & Marstorp, H. 1993. Effect of a ryegrass catch crop on soil inorganic-N content and simulated nitrate leaching. *Sw. J. agric. Res.* 23:3-14, 1993
- Andersson, R. 1986. Förluster av kväve och fosfor från åkermark i Sverige. Omfattning, orsaker och förslag till åtgärder. Doktors-avhandling. Institutionen för markvetenskap, Sveriges lantbruksuniversitet, Uppsala.
- Ahl, T. & Odén, S. 1975. Närsaltkällor - en översikt. Eutrofiering. Nordforsk, Miljövårdssekretariatet, publikation 1975:1, 99-133.
- Bergström, L. & Brink, N. 1986. Effects of differentiated applications of fertilizer N on leaching losses and distribution of organic N in the soil. *Plant and Soil*, 93, 333-345.
- Breland, T. A. 1989. Soil organic carbon and nitrogen dynamics in grain cropping: Effects of undersown catch crops and green manuring. Doctor scientiarum theses 1989:3, Mikrobiologisk institutt, Norges landbrukshøgskole, Ås.
- Breland, T. A. 1991. Fangvekstar og grøngjødsling. I: Håndbok for jordbruket (ed. S. Sken), 99. Årgang. Landbruksforlaget, Norge, 115-122.
- Brink, N. & och Gustavsson, A. 1984. Förluster av växtnäring från sandjord. *Ekohydrologi* 17, Avdelningen för vattenvårdslära, Sveriges lantbruksuniversitet, Uppsala, 15-29.
- Grip, H. 1982. Water chemistry and runoff in forest streams at Kloten. Uppsala universitet. UNGI, rapport nr 58. Uppsala.
- Gustafson, A. 1982. Växtnäringsförluster från åkermark i Sverige. *Ekohydrologi* 11, Avdelningen för vattenvårdslära, Sveriges lantbruksuniversitet, Uppsala, 19-27.
- Gustafson, A. 1987. Water discharge and leaching of nitrate. *Ekohydrologi* 22, Avdelningen för vattenvårdslära, Sveriges lantbruksuniversitet, Uppsala.
- Jansson, S.L. 1966. Vart tar gödselkvävet vägen? *Växtnäringsnytt* 22, 3:1-9.
- Hansson, A.-C., Petterson, R. and Paustian, K. 1987. Shoot and root production and nitrogen uptake in barley, with and without nitrogen fertilization. *Z. Acker Pflanzenb.* 158, 163-171.
- Hvelplund, E. & Østergaard, H. S. 1980. Efterafgrøders kvælstofudnyttelse i relation til gødskningsøkonomi og miljø. Landskontoret for Planteavl. Viby J., Danmark.
- Jenkinson, D. S. 1981. The fate of plant and animal residues in soil I: The chemistry of soil processes (ed. D. J. Greenland & M. H. B. Hayes. John Wiley & Sons.
- Jensen, E. S. 1991. Nitrogen accumulation and residual effects of nitrogen catch crops. *Acta Agric. Scand.* 41, 333-344.
- Jensen, E. S. 1992. The release and fate of nitrogen from catch crop materials decomposing under field conditions. *J. Soil Sci.* 43, 335-345.

- Kvist, M. 1992. Catch crops undersown in spring barley - competitive effects and cropping methods. Doktorsavhandling. Crop Production Science 15, Institutionen för växtodlingslära, Sveriges lantbruksuniversitet, Uppsala.
- Lindén, B. 1981. Sambandet mellan odlingsåtgärderna och markens mineralkväveförråd. Kungl. Skogs- och Lantbruksakademien, rapport nr 5, 67-123.
- Lindén, B., Lyngstad, I., Sippola, J., Søgaard, K. & Kjellerup, V. 1992. Nitrogen mineralization during the growing season. 2. Influence of soil organic matter content, and effect on optimum nitrogen fertilization of spring barley. Swedish J. agric. Res. 22, 49-60.
- Lindén, B., Gustafson, A., Torstensson, G., och Ekre, E. 1993. Mineralkvävedynamik och växtnäringsslakning på en grovmjord i södra Halland med handels- och stallgödslade odlingsystem med och utan fånggröda. Ekohydrologi 30, Avdelningen för vattenvårdslära, Sveriges lantbruksuniversitet, Uppsala.
- Lyngstad, I. 1975. Residual effects of fertilizer nitrogen in soil. Acta Agric. Scand. 25, 330-336.
- Macdonald, A. J., Powlson, D. S., Poulton, P. R. & Jenkinson, D. S. 1989. Unused fertilizer nitrogen in arable soils - its contribution to nitrate leaching. J. Sci. Food Agric. 6, 407-419.
- Martinez, J. & Guiraud, G. 1990. A lysimeter study of the effects of a ryegrass catch crop, during a winter wheat/maize rotation, on nitrate leaching and on the following crop. J. Soil Sci. 41, 5-16.
- Statens jordbruksverks författningssamling (SJVFS) 1991. Statens jordbruksverks föreskrifter om odling på höst- och vinterbevuxen åkermark. SJVFS 1991:72, sak nr U 170.
- Stokholm, E. 1979. Grøngødningens indflydelse på udbytte og jordstruktur. Tidsskrift for Planteavl 83, 543-549.
- Torstensson, G., Gustafson, A., Lindén, B. & Skyggesson, G. 1992. Mineralkvävedynamik och växtnäringsslakning på en grovmjord med handels- och stallgödslade odlingsystem i södra Halland. Ekohydrologi 28, Avdelningen för växtnäringsslära, Sveriges lantbruksuniversitet, Uppsala.
- Ulén, B. 1982. Växtnäringssluster från åker och skog i Södermanland. Ekohydrologi 10, Avdelningen för vattenvårdslära, Sveriges lantbruksuniversitet, Uppsala, 27-37.
- Wallgren, B. & Lindén, B. 1993. Fånggrödors och plöjningstidpunkternas inverkan på kväve mineralisering och kväveupptagning. Växtodling 45, Institutionen för växtodlingslära, Sveriges lantbruksuniversitet, 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.
Soil mineral nitrogen determination in long term experiment.
- 177 1989 Staffan Steineck, Knud Erik Larsen och Erkki Kemppainen: Stallgödsel - Växtnäringsbalans.
Manure spreading - Plant nutrient balance.
- 178 1990 Sigfús Bjarnason: Datorstödd gödslingsplanering.
Computer aided fertilizer planning.
- 179 1990 Lars Hylander, Subrata Ghoshal och Gyula Simán: Jämförande undersökning av olika extraktionsmetoder för manganbestämning i jord.
A comparison of different extraction methods for manganese determination in soil.
- 180 1991 Lennart Mattsson: Effekter av årlig halmtillförsel på mark och gröda.
Effects of annual straw application on soils and crops.
- 181 1991 Lars Gunnar Nilsson: Nitrifikationshämmare - flytgödsel.
Nitrification inhibitors - slurry.
- 182 1991 Lennart Mattsson: Nettomineralisering och rotproduktion vid odling av några vanliga lantbruksgrödor.
Nitrogen mineralization and root production in some common arable crops.
- 183 1991 Magnus Hahlin: Kaliumgödslingseffektens beroende av balansen mellan kalium och magnesium. II. Fältförsök, serie R3-8024.
Influence of K/Mg-ratios on the effect of potassium fertilization. Field experiments R3-8024.
- 184 1991 Käll Carlgren: Skördeeffekter och pH-inverkan av fem kvävegödselmedel studerade i ett långliggande fältförsök.
Influence on yield and soil pH-value from five nitrogen fertilizers studied in a long-term field trial.

- 185 1992 Enok Haak och Gyula Simán: Fältförsök med Øyeslagg.
Field experiments with Øyeslagg.
- 186 1992 Lennart Mattsson: Effekter av halm- och kvävetillförsel på 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 växtnäringslära och Fabrikspotatiskommittén.
Placed application of NPK fertilizer to starch potatoes. Results from field experiment project FK-1290.
- 192 1993 Enok Haak: Fältförsök med kalkning av fastmarksjordar i Norrland.
Field experiments with liming of mineral soils in North Sweden.
- 193 1994 Barbro Beck-Friis, Börje Lindén, Håkan Marstorp och Lennart 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.

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
