



Jämförelser mellan odlingssystem med konventionell och minimerad jordbearbetning, med och utan fånggrödor:

Växtproduktion, kväveförlustrisker och synpunkter på ekonomi

Resultat från undersökningar vid Östads säteri i Västergötland 1989-95



Börje Lindén, Johan Roland, Käll Carlgren, Lena Engström och Rolf Tunared

Institutionen för jordbruksvetenskap Skara
Department of Agricultural Research Skara

Serie B Mark och växter
Series B Crops and soils
Rapport 2
Report 2
Skara 1997
ISSN 1402-9561
ISBN 91-576-5383-6

FÖRORD

Det är ett samhällsintresse att kväveutlakningen från jordbruksmark hålls på låg nivå genom lämpliga odlingsåtgärder. Föreliggande rapport belyser, hur minimerad jordbearbetning, fånggrödor insådda i vårsäd och vårraps påverkar kväveutlakningsriskerna samt avkastningen av de odlade grödorna och kväveefterverkan. Vidare belyses de ekonomiska konsekvenserna i jordbruket av dessa åtgärder.

Undersökningarna utfördes under åren 1989-95 på en styv lerjord vid Östads säteri i Alingsås-trakten, dvs. under förhållanden som råder i de västligare delarna av nordvästra Götaland. Projektet bekostades med medel från Östadsstiftelsen. Försöksplanerna utformades 1988 i samverkan mellan Östadsstiftelsen och förre distriktsförsöksledaren i Västra jordbruksförsöksdistriktet Per Johan Persson, Lanna försöksstation, SLU samt dåvarande statsagronomen Lennart Henriksson vid Avdelningen för jordbearbetning, Institutionen för markvetenskap, SLU.

Försöksarbetet inkl. provtagning av jord och växtmaterial utfördes av försökspatrullen vid Lanna försöksstation under ledning av försökstekniker Rolf Tunared. Årlig statistisk bearbetning av de framkomna skörderesultaten gjordes av försökstekniker Sixten Gunnarsson vid Avdelningen för jordbearbetning, Institutionen för markvetenskap, SLU. En slutlig, övergripande statistisk behandling av datamaterialet med avseende på huvud- och fånggrödor har genomförts av agr. dr. Käll Carlgren, Avdelningen för växtnäringslära, Institutionen för markvetenskap, SLU. Analyserna av jord- och växtmaterial utfördes också vid Växtnäringsavdelningen.

Årliga rapporter med detaljerad redovisning av resultaten för vart och ett av åren har utarbetats. Dessa rapporter finns tillgängliga vid Avdelningen för mark-växter, Institutionen för jordbruksvetenskap Skara.

Östadsstiftelsen och alla medverkande i övrigt tackas för gott samarbete. Det är författarnas förhoppning, att resultaten från denna undersökning skall bidra till ett mer allsidigt beslutsunderlag när det gäller odling av fånggrödor och andra utlakningsbegränsande växtodlingsåtgärder i odlingsystem på lerjord med öppen växtodling såsom i denna undersökning.

Skara i november 1997

Författarna

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

	Sida
SAMMANFATTNING	5
INLEDNING	7
MATERIAL OCH METODER	9
Försöksplats	9
Försöksplan och skötsel av försöket	9
Skörd av huvudgrödorna och analys av skördeprodukterna	15
Provtagningar och analyser av växtmaterial och jord	16
Väderförhållanden	17
RESULTAT OCH DISKUSSION	18
Skördar av huvudgrödorna	18
Huvudgrödornas kväueupptag och kväueutnyttjande	21
Fånggrödornas tillväxt och kväueupptag under sommaren	23
Fånggrödornas tillväxt och kväueupptag under hösten	23
Ogräsförekomst	26
Tillväxt och kväueupptag under sommaren hos ogräs, som överlevt kemisk bekämpning, samt hos grodd spillsäd och höstvetebrodd på hösten	28
Mineralkväve i markprofilen	30
Kol-kväuekvoter i nedbrukat fånggrödematerial och mineralkväve i marken på våren	34
Kväuebalanser	34
Merkostnader för insådd av rajgräs och rödklöver	36
Kostnader vid minimerad jordbearbetning	38
ÖVERGRIPANDE DISKUSSION OCH SLUTSATSER	38
Skördar av huvudgrödorna	38
Huvudgrödornas kväueupptag och kväueutnyttjande	39
Fånggrödornas tillväxt och kväueupptag under sommaren och hösten	40
Tillväxt och kväueupptag på hösten i ogräs, grodd spillsäd och höstvetebrodd	40
Mineralkväve i markprofilen och kväueutlakningsrisker	41
Kol-kväuekvoter i nedbrukat fånggrödematerial - inverkan på kväueutlakningsriskerna	42
Kväuebalanser för vårsäd	43
Ekonomiska konsekvenser av fånggrödor och minimerad jordbearbetning	43
LITTERATUR	44

SAMMANFATTNING

Jämförelser mellan odlingssystem med konventionell och minimerad jordbearbetning, med och utan fånggrödor: växtproduktion, kväveförlustrisker och synpunkter på ekonomi

- I ett fältförsök på lerjord vid Östads säteri väster om Alingsås undersöktes under åren 1989-95 möjligheterna att minska kväveutlakningsrisken genom minimerad jordbearbetning och odling av insådda fånggrödor. I försöksplanen ingick led med olika kombinationer av tre skilda faktorer: 1) jordbearbetning (konventionell eller minimerad), 2) fånggrödor (utan fånggröda samt rajgräs eller rödklöver) och 3) kvävegödslingsnivå (normal N-giva eller 75 % därav, den senare bara i rödklöver). År 1989 infördes en växtföljd med grödsekvansen vårkorn (korn I), vårraps, havre, vårkorn (korn II), ärter och höstvet. Fånggrödorna såddes in i vårsåden och vårrapsen. Den minimerade bearbetningen innebar, att plöjning på senhösten byttes ut mot stubbearbetning och att grödorna direktsåddes utan föregående harvning. På hösten 1994 avbryts åtgärderna, varefter efterverkan studerades i korn 1995.
- Både minimerad jordbearbetning och odling av fånggrödor ledde till lägre skördar av i stort sett alla grödor under åren 1989-94. Vid konventionell jordbearbetning medförde insådd av rajgräs som fånggröda ett skördebortfall på 9 %. Minimerad jordbearbetning i kombination med fånggrödor gav ännu större avkastningsminskningar. Fånggrödorna kunde vid minimalbearbetning inte avdödas så lätt på senhösten genom den stubbearbetning som där ersatte plöjning. Överlevande fånggrödeplantor medförde kraftiga skördesänkningar i det efterföljande årets gröda. De mängder kväve som huvudgrödorna tog upp i de ovanjordiska växtdelarna var vid minimerad jordbearbetning, såväl med som utan fånggrödor, mindre än vid konventionell bearbetning och utan fånggröda. Jämfört med den sistnämnda kombinationen av behandlingar medförde dessa odlingsåtgärder inte någon positiv kväveefterverkan under åren 1989-94.
- Positiva skördeeffekter av både fånggrödorna och den minimerade jordbearbetningen erhöles dock under efterverkansåret 1995, efter det att marken plöjts i alla led hösten 1994. Det är troligt att kväveefterverkan av fånggrödorna och bättre markstruktur genom den minimerade jordbearbetningen ledde till detta.
- Rajgräset växte måttligt under sommaren och hösten i ledet med konventionell jordbearbetning. En genomsnittlig produktion av 800 kg ts/ha och ett upptag av 13 kg kväve per ha i de ovanjordiska växtdelarna fram till senhösten beräknades i detta led. I motsvarande led med rödklöver blev N-upptaget 26 kg N/ha. I leden med minimerad jordbearbetning växte övervinterrande fånggrödeplantor sig alltför kraftiga under sommaren och bildade ett svårt ogräs i huvudgrödan, särskilt i vårrapsen. Fånggrödornas biomassetillväxt under sommaren uppgick vid minimalbearbetning till i medeltal ca 1900 kg ts/ha. Slutsatsen är att plöjning fordras för effektiv avdödning av fånggrödorna.
- Förekomsten av ogräs varierade mellan år och grödor. Antalet örtogräs var i genomsnitt mindre i leden med minimerad bearbetning än med konventionell. Tendensen i förekomst var den motsatta för fleråriga ogräs i form av olika arter av tistel. Kvikrot utgjorde inte något problem i något försöksled under försöksperioden. Vid gradering av kvickrot i samband med skörden under efterverkansåret var dock förekomsten klart högre i leden med minimerad bearbetning än med konventionell.

- Ogräs och spillsädesgrönka, som växte efter höstvetete fram till nedplöjning eller stubbearbetning på senhösten, innehöll ett tiotal kg N/ha i de ovanjordiska växtdelarna. Höstvetete, som i genomsnitt såddes den 17 september, tog upp 3-11 kg N/ha i växtdelarna ovan jord. Som utlakningsbegränsande odlingsfaktorer förefaller ogräs, grodd spillsäd och höstvetete (sått vid normal tid på hösten) vara sämre än rajgräs som insådd fånggröda.
- Vid avslutad kväveupptagning under sensommaren var de outnyttjade mineralkväveförråden i marken i allmänhet små. Ett i ögonenfallande undantag konstaterades vid odling av höstvetete 1992, då bl.a. sen N-gödning följt av långvarig torra medförde nedsatt N-upptag och sämre skörd. Restkvävemängderna blev mycket stora. Detta belyser vikten, dels av nederbörd efter övergödning så att grödan förmår att maximalt ta tillvara kvävet i marken, dels av att så fånggrödor även efter höstvetete.
- Mängderna mineralkväve i marken på hösten blev större efter ärterna än efter stråsåden, trots sådd av höstvetete efter ärterna. Särskilt små mineralkvävemängder fastställdes på senhösten efter vårstråså, speciellt i leden med rajgräs som fånggröda. Någon egentlig skillnad i mängderna mineralkväve mellan jordbearbetningssystemen förelåg dock inte vare sig på senhösten eller tidigt på våren. Detta tyder på likartad inverkan på N-utlakningsrisken.
- Oavsett jordbearbetningsformer var mineralkvävemängderna små både på senhösten och på våren i jämförelse med många andra jordar. Detta tyder på svagt utbildad kväve mineraliseringsförmåga i jorden i Östadsförsöket. Innan försöket startades 1989, hade fältet använts för öppen växtodling i ett tiotal år utan tillförsel av stallgödsel. Det observerades aldrig några större mineralkvävemängder i de djupare markskikten vid provtagningarna vare sig på senhösten eller på våren. Denitrifikationsförluster kan i denna jord, som hade nedsatt genomsläpplighet, ha bidragit till de små mineralkvävemängderna. Dessa förhållanden borde tillsammans ha medfört mindre N-utlakningsrisk än annars.
- Kvävebalanser för korn och havre visar, att av de jord- och mineralgödselkvävemängder som stod till grödornas förfogande under växtsäsongen kunde uppskattningsvis 25-44 kg N/ha inte återfinnas som kväve upptaget i grödorna eller som kvarblivet mineralkväve i marken vid avslutad N-upptagning. N-immobilisering, denitrifikation och N-förluster från grödan under växtsäsongen är möjliga förklaringar men inte N-utlakning. Det kan förmodas att förbättring av markstrukturen skulle kunna leda till minskade denitrifikationsförluster och därmed bättre utnyttjande av befintligt kväve. Den minimerade bearbetningen kan ha minskat N-mineraliseringen, men knappast under höst och vinter utan snarare under växtsäsongen, vilket kan förklara de erhållna, mindre kväveskördarna än vid konventionell bearbetning.
- Ekonomiska beräkningar visar en merkostnad på ca 750 kr/ha genom ett skördebortfall vid konventionell bearbetning på 9 % enligt ovan till följd av rajgräs som fånggröda samt kostnader för sådd av denna och ett beräknat ökat behov av kemisk ogräsbekämpning på hösten. Minskas utsädesmängden till hälften och halveras skördebortfallet, återstår en beräknad merkostnad på ca 450 kr. Förutsätts höstplöjning (lerjord), utgår inget EU-stöd för fånggrödor. Med dessa konsekvenser kan man inte förvänta, att jordbrukarna etablerar rajgräs som fånggröda. Om det kalkyleras med minskade kväveförluster (utlakning och denitrifikation) av samma storlek som rajgräsets kväveupptag under själva hösten (ca 8 kg N/ha), blir miljöförbättringskostnaden 94 respektive 55 kr per kg ”räddat” kväve. Med den ringa kväveutlakningsrisken som uppenbarligen råder på en jord som på försöksplatsen vid Östad borde hektarkostnader av nämnda storlek för utlakningsbegränsande åtgärder i första hand läggas på jordar

med större utlakning. Minimerad jordbearbetning gav sämre ekonomi än konventionell bearbetning, även utan insådd av fånggrödor, men förbättringar syntes uppkomma med åren.

Stickord: konventionell jordbearbetning, minimerad jordbearbetning, fånggrödor, rajgräs, rödklöver, huvudgröda, strålsäd, vårraps, örter, kärnskörd, kväveskörd, kväveupptag, ogräsförekomst, kol-kväveknot, mineralkväve, kvävebalans, kväveutlakningsrisk, kostnader.

INLEDNING

Betydande mängder kväve kan mineraliseras från höst till vår i odlad jord. Tillsammans med det jord- och gödselkväve i mineralisk form som vid mognaden lämnats kvar i marken av grödorna, är det höst- och vintermineraliserade kvävet huvudorsak till N-förlusterna från åkermark under vinterhalvåret. Anhopning av sådant utlakningsbart kväve i marken kan motverkas med hjälp av höstväxande grödor, fånggrödor och annan vegetation som förmår att ta upp kväve under hösten.

I Sverige har det införts bestämmelser om höst- eller vinterbevuxen mark ("grön mark"), med krav att 60 eller 50 % av åkerarealen i södra Götaland (Blekinge, Kristianstads, Malmöhus och Hallands län) resp. övriga Götaland skall vara bevuxen på hösten med grödor som godkänts som grön mark. För att uppfylla kraven har jordbrukarna bl.a. ökat arealen vall och höstsådda grödor, medan fånggrödor endast kommit att utgöra en mycket obetydlig del av den höst- eller vinterbevuxna marken (Nilsson, 1995). Höstsäd och höstoljeväxter har emellertid ofta visat sig ha liten utlakningsbegränsande effekt (Torstensson et al., 1995; Aronsson, 1995a; Nilsson och Lindén, 1996), även om detta många gånger kunnat tillskrivas förfrukterna (såsom klöverrik vall) och den jordbearbetning som ägde rum före höstsådden (Torstensson et al., 1993; Lindén & Wallgren, 1993).

Den ringa odlingen av fånggrödor torde bl.a. bero på de ökade kostnader i jordbruket som sådd av sådana orsakar. EU-stöd för odling av fånggrödor utbetalas för närvarande endast, om de får stå kvar över vintern. Plöjning på hösten är emellertid vid odling av fånggrödor det enda realistiska alternativet på flertalet lerjordar p.g.a. odlingsproblem genom vårplöjning. Trots avsaknaden av stöd kan det vara angeläget att öka odlingen av fånggrödor även på lerjordar, särskilt om N-mineraliseringsförmågan i marken är stor, som på djurgårdar (Lindén, 1987). Den utlakningsbegränsande effekten av detta måste dock vägas dels mot de direkta kostnaderna för etableringen, dels mot de andra konsekvenser, positiva och/eller negativa, som odling av fånggrödor kan medföra.

Odling av rajgräs som insådd fånggröda i vårsäd har i en mångfald undersökningar visat sig vara en säker åtgärd för minskning av kväveutlakningen (se t.ex. Lewan, 1990; Lindén et al., 1993a; Hansen et al., 1995; Lyngstad & Breland, 1995; Aronsson, 1995a och b; Stenberg & Aronsson, 1995). Får rajgräset stå kvar över vintern, tycks man i Götaland generellt få i stort sett endast hälften så stor kväveutlakning som efter vårsäd, där marken stubbearbetats efter skörd (Nilsson & Lindén, 1996). Plöjs fånggrödan ned på senhösten, kan utlakningen anses bli reducerad med omkring en fjärdedel.

Frågan är om andra former av jordbearbetning på hösten kan vara ett alternativ till höstplöjning på lerjordar och minska kväveutlakningsrisken. Jordbearbetning tidigt på hösten har visat sig stimulera kvävemineraliseringen i marken senare under denna årstid, vilket kan leda till ökad kväveutlakning (Stenberg et al., 1995 och 1997). Å andra sidan synes utebliven jordbearbetning på hösten, såsom vid direktsådd (Lindén et al., 1993b), minska kvävemineraliseringen under vinterhalvåret. Att plöjning och annan kraftig jordbearbetning stimulerar N-mineraliseringen och att omvänt

minskad eller utebliven jordbearbetning medför nedsatt kvävefrigörelse, vilket i sin tur påverkar N-utlakningsrisken, framgår även av utländska undersökningar (Dowdell & Cannell, 1975; Adu & Oades, 1978; Dowdell et al., 1983; Fox & Bandel, 1986; Thomas & Frye, 1983; Nyborg & Malhi, 1989; Hansen, 1994). Frågan är då, om man även vid minimerad jordbearbetning på hösten, där stubbearbetning eller kultivering ersätter plöjning, kan minska risken för kväveutlakning.

Det kväve som binds biologiskt på hösten i fånggrödorna frigörs förr eller senare vid nedbrytning av växtmaterialet efter jordbearbetning. Rajgräs tycks emellertid ge svag eller osäker kväveefterverkan i jämförelse med olika klöverarter som insådda fånggrödor (Lindén et al., 1993b; Beck-Friis et al., 1994; Wallgren & Lindén, 1994). Fördelen av ökad kvävetillgång särskilt efter en baljväxtfånggröda måste emellertid vägas mot effekterna på kväveutlakningen. Medan rajgräs vid nedplöjning på senhösten i ett fältförsök på Lanna visade sig minska N-utlakningen efter vårsäd och våroljeväxter med ca 25 % i jämförelse med bar, stubbearbetad mark, medförde rödklöver ökade kväveförluster med dräneringsvattnet (Lindén et al., 1993b). Detta överensstämmer med de tilltagande kväveutlakningsrisker som fastställdes i andra undersökningar med klöverarter såväl i Sverige (t.ex. Beck-Friis et al., 1995 och Wallgren & Lindén, 1994) som i Finland (Känkänen, 1995) och Norge (Lyngstad & Breland, 1995). De svenska resultaten gäller försök där marken plöjts för nedbrukning av fånggrödorna. Frågan är hur utvecklingen i marken blir efter minimerad jordbearbetning.

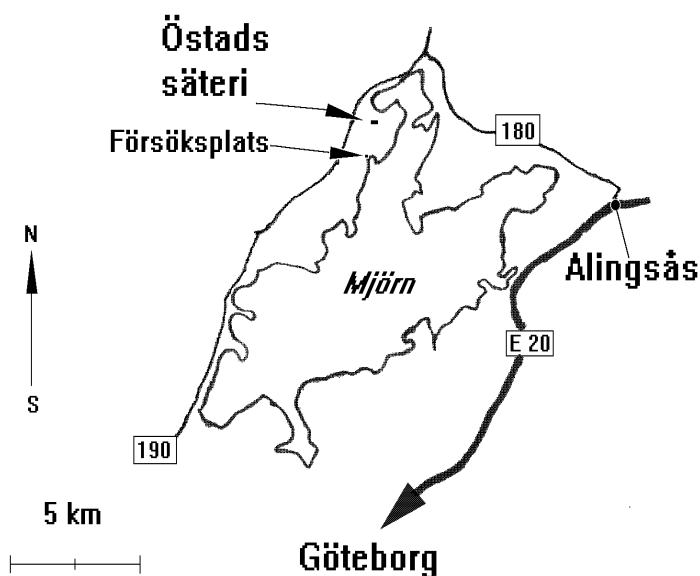
I syfte att få bättre erfarenheter av odling av fånggrödor på lerjord i nordvästra Götaland genomfördes ett fältförsök (R2-4023) under åren 1989-95 vid Östads säteri, beläget i Älvsborgs län nära Alingsås. I försöket jämfördes vidare minimerad jordbearbetning (stubbearbetning på senhösten och direktsådd av grödorna) med konventionell bearbetning (plöjning på senhösten och harvning före sådd). Projektets mål var att klarlägga följande:

- Belysa hur kväveutlakningsrisken påverkades av minimerad jordbearbetning i jämförelse med konventionell bearbetning på hösten, i kombination med årlig odling av rajgräs eller rödklöver som fånggrödor.
- Beskriva konkurrensen mellan huvudgrödor och fånggrödor i sådana odlingssystem.
- Beskriva hur dessa jordbearbetningsformer i kombination med fånggrödor med åren påverkade avkastningen av vanligt förekommande grödor i en typ av växtföljd som kunde passa på rena växtodlingsgårdar i regionen.
- Belysa inverkan av dessa olika odlingssystem på ogräsförekomsten.
- Bestämma kväveefterverkan av fånggrödorna.
- Belysa grödornas kvävetillgång och kväveutnyttjande i odlingssystem av dessa slag.
- Belysa den utlakningsbegränsande effekten, dels av sådd av höstsäd (höstvet), dels av höstväxande ogräs som alternativ till insådda fånggrödor.
- Belysa de ekonomiska konsekvenserna i jordbruket av fånggrödor och minimerad jordbearbetning under de förhållanden som rådde i försöket vid Östad.

MATERIAL OCH METODER

Försöksplats

Försöket var utlagt på ett fält omkring 2 km söder om brukningscentrum på Östads säteri, beläget vid sjön Mjörn, ca 9 km väster om Alingsås (figur 1). Fältet hade i ett tiotal år före försöksstarten använts för öppen växtodling utan vall och tillförsel av stallgödsel. Matjorden på försöksplatsen utgjordes av måttligt mullhaltig styv lera (ca 43 % ler), se tabell 1. Alven kännetecknades av ännu högre lerhalt (ca 58 % ler). Fosfortillståndet i matjorden var ganska svagt (P-AL-klass II). Kaliumtillgången motsvarade K-AL-klass III, vilket är ett ganska lågt värde för en styv lerjord. Matjordens pH-värde var 6,6. Fosfor- och kaliumständen såväl som pH-värdet var bättre i alven än i matjorden.



Figur 1. Försöksplats

Tabell 1. Mekanisk sammansättning (viktsprocent) och växtnäringstillstånd i matjord (0-20 cm) och alv (40-60 cm), provtagning vid försöksstarten hösten 1988. Medeltal av sex analyserade prover per markskikt

Skikt	Ler %	Mjäla %	Mo %	Sand %	Mull %	pH (H ₂ O)	P-AL mg* (klass)	P-HCL mg* (klass)	K-AL mg* (klass)	K-HCL mg* (klass)	Mg-AL mg*	Cu mg*
Matjord	43,0	29,8	17,5	5,5	4,4	6,6	3,0 (II)	50,0 (3)	14,2 (III)	323 (4)	39,5	13,6
Alv	57,5	26,3	14,3	1,3	-	6,7	8,1 (IV)	59,5 (3)	18,8 (IV)	614 (5)	-	-

*) mg/100 g lufttorr jord.

Försöksplan och skötsel av försöket

I försöksplanen ingick åtta led med olika kombinationer av tre skilda faktorer: 1) jordbearbetning (konventionell eller minimerad), 2) fånggrödor (utan fånggröda samt rajgräs eller rödklöver) och 3) kvävegödslingsnivå (normal N-giva eller 75 % därav), se tabell 2.

Tabell 2. Försöksplan

Led	Jordbearbetning	Fånggröda	Kvävegödning, % av normal N-giva
1	Konventionell bearbetning	Utan fånggröda	100
2	Minimerad bearbetning	Utan fånggröda	100
3	Konventionell bearbetning	Rajgräs	100
4	Minimerad bearbetning	Rajgräs	100
5	Konventionell bearbetning	Rödklöver	100
6	Konventionell bearbetning	Rödklöver	75
7	Minimerad bearbetning	Rödklöver	100
8	Minimerad bearbetning	Rödklöver	75

Tabell 3. Växtföljd: grödor i skilda omlopp under de olika försöksåren

1988	Omlopp	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995
Havre	A	Korn I*	Vårraps*	Havre*	Korn II*	Ärter	Höstvete	Korn (efterverkan)
Havre	B	Havre*	Korn II*	Ärter	Höstvete	Korn I*	Vårraps*	Korn (efterverkan)
Havre	C	Ärter	Höstvete	Korn I*	Vårraps*	Havre	Korn II*	Korn (efterverkan)

*) Fånggröda insådd (ej i ärter och höstvete).

Tabell 4. Försöksplan 1989

Led	Ruta	Gröda	Jordbearbetning	Fånggröda	Kvävegiva, %
A1	1	Korn I	Konventionell	-	100
A2	2	Korn I	Minimerad	-	100
A3	3	Korn I	Konventionell	Rajgräs	100
A4	4	Korn I	Minimerad	Rajgräs	100
A5	5	Korn I	Konventionell	Rödklöver	100
A6	6	Korn I	Konventionell	Rödklöver	75
A7	7	Korn I	Minimerad	Rödklöver	100
A8	8	Korn I	Minimerad	Rödklöver	75
B1	9	Havre	Konventionell	-	100
B2	10	Havre	Minimerad	-	100
B3	11	Havre	Konventionell	Rajgräs	100
B4	12	Havre	Minimerad	Rajgräs	100
B5	13	Havre	Konventionell	Rödklöver	100
B6	14	Havre	Konventionell	Rödklöver	75
B7	15	Havre	Minimerad	Rödklöver	100
B8	16	Havre	Minimerad	Rödklöver	75
C1	17	Ärter	Konventionell	-	0
C2	18	Ärter	Minimerad	-	0
C3	19	Ärter	Konventionell	-	0
C4	20	Ärter	Minimerad	-	0
C5	21	Ärter	Konventionell	-	0
C6	22	Ärter	Konventionell	-	0
C7	23	Ärter	Minimerad	-	0
C8	24	Ärter	Minimerad	-	0

Försöket startades 1989. Året innan odlades havre över hela försöksarealen. Fr.o.m. 1989 infördes en växtföljd med grödsekvansen vårkorn (korn I), vårraps, havre, vårkorn (korn II), ärter och höstvetete (tabell 3). Grödorna etablerades i tre omlopp (A, B och C), som startade i olika positioner i växtföljden. År 1989 såddes sålunda korn i omlopp A, havre i B och ärter i C (tabell 4).

Behandlingarna i leden 1-8 utfördes under vart och ett av åren 1989-94. De olika jordbearbetningsåtgärderna påbörjades hösten 1988, efter det att hela fältet behandlats med Roundup mot fleråriga ogräs. År 1995 utgjorde efterverkansår med en gemensam gröda över hela arealen (se tabell 3 och nedan). Under senhösten 1994 avbröts därför de behandlingar som angetts i tabell 2, och alla led plöjdes.

Fånggrödorna såddes in i vårsäd och vårraps antingen samma dag som huvudgrödan såddes eller dagen efter. Å 1989, 1990, 1993 och 1994 användes engelskt rajgräs, medan italienskt rajgräs såddes 1991 och 1992 (tabell 5). Utsädesmängerna uppgick till 10 eller 12 kg/ha. Av rödklöver såddes också 10 eller 12 kg utsäde per ha.

Som även framgår av tabell 6 tillfördes följande kvävemängder (kg N/ha) till grödorna:

Gödslingsnivå	Korn	Vårraps	Havre	Ärter	Höstvetete
Normal N-giva (100 %)	100	120	100	0	140
Reducerad N-giva (75 %)	75	90	75	0	105

Tabell 5. Huvudgrödor: sorter, sådatum och planttäthet. Fånggrödor: sorter, utsädesmängder och sådatum. Fånggrödor såddes ej in i ärter eller höstvet

År och omlopp	Huvudgrödor			Planttäthet hos huvudgrödan			Fånggrödor						
	Gröda	Sort	Så-datum	Konv. 0-100*	Min. 0-100*	Datum för bestämning	Rajgräs, sort och typ**	Utsäde, kg/ha	Så-datum	Rödklöver, sort	Utsäde, kg/ha	Så-datum	
1988	A-C	Havre											
1989	A	Korn I	Golf	20/4	99	99	1/6	Viris (eng)	12	20/4	Britta	10	20/4
	B	Havre	Vital	20/4	100	100	1/6	Viris (eng)	12	20/4	Britta	10	20/4
	C	Ärter	Timo	20/4	80	78	1/6						
1990	A	V-raps	Puma	25/4	68	36	18/5	Viris (eng)	12	25/4	Molly	10	25/4
	B	Korn II	Golf	25/4	100	94	18/5	Viris (eng)	12	25/4	Molly	10	25/4
	C	H-vete	Kosack	11/9	100	100	18/5						
1991	A	Havre	Vital	25/4	100	97	26/5	Imperial (it)	10	25/4	Molly + Hermes	10	25/4
	B	Ärter	Capella	25/4	100	77	26/5						
	C	Korn I	Golf	25/4	100	87	26/5	Imperial (it)	10	25/4	Molly + Hermes	10	25/4
1992	A	Korn II	Golf	21/5	95	58	19/6	Bofur (it)	10	21/5	Britta	12	21/5
	B	H-vete	Kosack	26/9	85	70	19/6						
	C	V-raps	Puma	21/5	69	17	19/6	Bofur (it)	10	21/5	Britta	12	21/5
1993	A	Ärter	Virgo	19/4	85	89	11/5						
	B	Korn 1	Golf	19/4	100	95	11/5	Gunne (eng)	10	20/4	Hermes II	10	20/4
	C	Havre	Vital	19/4	98	82	11/5	Gunne (eng)	10	20/4	Hermes II	10	20/4
1994	A	H-vete	Kosack	14/9	91	82	20/5						
	B	V-raps	Katarina	27/4	87	51	20/5	Tove (eng)	10	28/4	Hermes II	10	28/4
	C	Korn 2	Golf	27/4	100	85	20/5	Tove (eng)	10	28/4	Hermes II	10	28/4
1995	A	Korn	Etna	4/5	97	97	27/6						
	B	Korn	Etna	4/5	96	96	27/6						
	C	Korn	Etna	4/5	97	95	27/6						

*) 0 = inga uppkomna plantor, 100 = fullgod uppkomst. **) eng = engelskt rajgräs, it = italienskt rajgräs

Tabell 6. Odlingsåtgärder: gödsling och skörd

År och omlopp	Gröda	Mineralgödsel						Skördedatum	
		Kväve			Fosfor		Kalium		
		100 % kg/ha	75 % kg/ha	Sprid- nings- datum	kg/ha	Sprid- nings- datum	kg/ha		Sprid- nings- datum
1988									
A	Havre							31/8	
B	Havre								
C	Havre								
1989									
A	Korn I	100	75	11/5				22/8	
B	Havre	100	75	11/5				22/8	
C	Ärter	0	0	-				22/8	
1990									
A	V-raps	120	90	8/5	30	17/9		11/9	
B	Korn II	100	75	8/5	30	17/9		27/8	
C	H-vete	140	105	19/4	30	17/9		27/8	
1991									
A	Havre	100	75	22/5				26/8	
B	Ärter	0	0	-				20/8	
C	Korn I	100	75	22/5				26/8	
1992									
A	Korn II	100	75	3/6				23/9	
B	H-vete	140	105	13/5				12/8	
C	V-raps	120	90	3/6				1/10, 26/10	
1993									
A	Ärter	0	0	-	44	16/4	84	16/4	Ingen skörd
B	Korn I	100	75	11/5	44	16/4	84	16/4	8/9
C	Havre	100	75	11/5	44	16/4	84	16/4	8/9
1994									
A	H-vete	140	105	19/4				24/8	
B	V-raps	120	90	20/5				9/9	
C	Korn II	100	75	20/5				24/8	
1995									
A-C	Korn	0 och 80	0 och 80	24/5					

Tabell 7. Odlingsåtgärder: bekämpningar och jordbearbetning

År och omlopp	Gröda	Kemisk ogräsbekämpning		Växtskyddsbehandling		Stubbearbetning, konv. och minim.		Plöjning, konv. Med och utan fånggröda
		Medel	Datum	Medel	Datum	Utan fånggr.	Med fånggr.	
1988								
A	Havre	Roundup	e.sk.-88			5/10	25/10	
B	Havre	Roundup	e.sk.-88			5/10	25/10	
C	Havre	Roundup	e.sk.-88			5/10	25/10	
1989								
A	Korn I	Basagran M* Certrol + MCPA	6/6	Pirimor	30/6	11/9	6/11, 23/4	6/11
B	Havre	Basagran M* Certrol + MCPA	6/6	Pirimor	30/6	11/9	6/11, 23/4	6/11
C	Ärter	Basagran 480 + Bladex	6/6	Pirimor	30/6	-	-	11/9
1990								
A	V-raps			Decis	5/6, 11/6	19/9, 6/11	6/11	7/11
B	Korn II	Basagran M	5/6			19/9, 6/11	6/11	7/11
C	H-vete	Certrol	23/4			19/9, 7/11		8/11
1991								
A	Havre	Certrol Basagran M	18/6			18/9	30/10, 31/10	30/10
B	Ärter	Basagran 480 + Bladex	18/6			26/8, 18/9		18/9
C	Korn I	Certrol Basagran M	18/6			18/9	30/10, 31/10	30/10
1992								
A	Korn II	Basagran M	18/6	Decis	18/6, 1/7	1/10, 5/11	5/11	16/11
B	H-vete	MCPA + mecopr. Roundup	20/5 26/10					16/11
C	V-raps						5/11	16/11
1993								
A	Ärter	Basagran 480 + Stomp Expand plus + Kvicker	24/5 26/5			8/9		10/9
B	Korn I	Basagran M	24/5			9/9	3/11	3/11
C	Havre	Basagran M	24/5			9/9	3/11	3/11
1994								
A	H-vete	Glean + Starane				8/9, 13/10		8-9/11
B	V-raps			Decis	8/6, 27/6	8/9, 13/10		8-9/11
C	Korn II	Basagran M	9/6			8/9, 13/10		8-9/11
1995								
A-C	Korn	Express, 1tab. Roundup	27/6 11/10					

*) 1989 och 1991 användes Basagran M endast i leden med rödklöver som fånggröda. I övriga led spreds Certrol.. Alla andra år användes Basagran M i vårsäd.

Den reducerade N-givan (75 %) tillämpades i två av leden med rödklöver som fånggröda: led 6 och 8, med konventionell resp. minimerad bearbetning. Avsikten var att belysa, om rödklövern hade så pass god kväveefterverkan, att N-gödslingen kunde minskas. Mineralgödselkväve tillfördes i form av kalksalpeter, som övergödslades efter uppkomsten. Årterna erhöll inte något gödselkväve. Fosfor tillfördes genom förrådsgödsling vid två tillfällen: 30 kg P/ha hösten 1990 och 44 kg P/ha våren 1993 (tabell 6). Kalium spreds endast våren 1993, då 84 kg K/ha tillfördes.

I leden med konventionell jordbearbetning ingick höstplöjning. Efter vårsäd och vårraps utfördes denna i slutet av oktober eller i början av november, så att fånggrödorna skulle få växa och ta upp kväve så länge som möjligt på hösten (tabell 7). Efter harvning på våren utfördes sådden med en konventionell Nordsten-såmaskin med släpbillar.

I leden med minimerad jordbearbetning byttes plöjningen ut mot stubbearbetning med tallriksredskap eller kultivator två gånger till 8-10 cm djup samtidigt med höstplöjningen (tabell 7). Det eftersträvades att den översta delen av matjordslagret blev helt genomarbetat. Leden med minimerad bearbetning såddes med direktsåmaskin på våren utan föregående harvning eller med så lite harvning som möjligt. Även höstvetet direktsåddes.

Utöver bearbetningen på senhösten stubbearbetades leden utan fånggröda (led 1 med konventionell jordbearbetning och led 2 med minimerad bearbetning) vid ett tillfälle tidigare under hösten (tabell 7) bl.a. för att motverka tillväxt av ogräs och spillsädesgrönka. I leden med fånggrödor (led 3-8) bearbetades marken dock bara på senhösten, med plöjning i de konventionellt bearbetade leden och stubbearbetning i leden med minimalbearbetning. Under hela försöksperioden överlevde rajgräset och rödklövern i hög grad stubbearbetningen på senhösten i leden med minimerad bearbetning. Följden blev att fånggrödorna där bildade en ogräsvegetation som starkt konkurrerade med huvudgrödan. Effekten på fånggrödorna av bearbetningen på hösten var beroende av jordens vattenhalt vid tidpunkten för bearbetningen och av vädret under den efterföljande vintern. Normalt var jorden vattenmättad vid bearbetningen på senhösten. Milt väder under en tid efter bearbetningen medförde att plantorna delvis slog rot igen.

Som nämnts studerades år 1995 efterverkan av de olika behandlingarna, varvid vårkorn såddes i hela försöket. Hela försöksfältet hade plöjts i början av november hösten 1994. Mängderna utnyttjbart kväve från jorden under efterverkansåret förmodades ha påverkats av behandlingarna i de olika leden under de tidigare försöksåren. För att belysa detta delades försöksrutorna i två delar, som N-gödslades olika. Den ena delen tillfördes inte något gödselkväve, medan den andra gavs 80 kg N/ha i form av kalksalpeter övergödslad efter uppkomsten. Delrutorna utan kvävegödsling syftade till att renodlat studera kväveefterverkan av de olika behandlingarna, utan störande effekter av tillfört gödselkväve. Delrutorna med 80 kg N/ha avsåg att belysa, hur leveransen av kväve från marken påverkade avkastningen vid en mera normal kvävegödslingsnivå.

Skörd av huvudgrödorna och analys av skördeprodukterna

Avkastningen bestämdes genom parcellvis skördetröskning. Vid tröskningen uttogs ledvisa kärn- och fröprover. Utöver vattenhalt och renhet vid skörden fastställdes innehållet av totalkväve genom reguljär Kjeldahl-analys. Analysresultaten användes bl.a. till beräkning av bortförseln av kväve med de skördade produkterna (kväveskörd).

Provtagningar och analyser av växtmaterial och jord

Ogräs

För att få ett mått på de olika behandlingarnas inverkan på ogräsförekomsten räknades antalet ogräs varje år vid ett tillfälle. Detta utfördes efter ogräsbekämpningen och gjordes i rutor på 0,25 m², som var övertäckta vid sprutningen. Två sådana rutor per parcell räknades i de två upprepningarna, dvs. totalt 1 m² per försökled.

Kväve upptaget i huvud- och fånggrödor samt ogräs

Ovanjordiskt växtmaterial provtogs i följande avseenden:

- prov av huvudgrödorna på sensommaren-förhösten när deras kväveupptagning beräknades ha avslutats (se nedan),
- prov av fånggrödorna på sensommaren-förhösten när huvudgrödans kväveupptagning beräknades ha avslutats (i vissa fall även provtagning av ogräs i gröda utan fånggröda),
- prov av fånggrödorna på senhösten omedelbart före plöjning eller stubbearbetning,
- prov av ogräs och grodd spillsäd på senhösten omedelbart före plöjning eller stubbearbetning (endast efter höstvetete),
- prov av höstvetebrodd på senhösten.

Rutvisa prover av huvudgrödornas ovanjordiska växtmaterial togs ut genom avklippning av plantorna vid markytan. Varje delprov innehöll gröda från tre slumpmässigt fördelade, kvadratiska ytor om 0,25 m² inom rutan i fråga. Med två samrutor per led provtogs på detta sätt en total yta om 1,5 m² per led. Provtagningen av huvudgrödorna utfördes i följande stadier:

Stråsäd: vid sen degmognad (medeldatum: 15/8), motsvarande stadium DC 87 (Zadoks et al., 1974).

Vårraps: under frötvecklingen då de första fröna blivit bruna (medeldatum: 31/8), motsvarande ungefärligen stadium 81 enligt BBCH-skalan.

Ärter: vid begynnande mognad, när plantorna gulnat till hälften (medeldatum: 23/8), motsvarande stadium 10 (enligt Björkman).

Fånggrödorna provtogs på samma sätt dels vid nämnda tidpunkter under sensommaren eller förhösten och dels vid tiden för plöjningen på senhösten (medeldatum: 1/11). Förekommande ogräs togs med i proverna. För senhösten 1990 saknas dock analysvärden. Ogräs i ärtgrödan provtogs vid ett tillfälle (26/8 1993) samt ogräs och grodd spillsäd på stubbearbetad mark efter höstvetete den 2/11 1994. Höstvetete, som i genomsnitt såddes den 17 september, provtogs under tre höstar (medeldatum: 31/10).

Växtproverna torkades och vägdes, varefter totalkväveinnehållet bestämdes genom reguljär Kjeldahl-analys. Vidare bestämdes ts-halten för beräkning av torrsustansproduktionen. För beräkning av kol-kvävekvoten i det ovanjordiska växtmaterialet från fånggrödorna, som plöjdes eller stubbearbetades ned i jorden på senhösten, bestämdes även innehållet av totalkol. Detta gjordes maskinellt med en Leco CNS 2000 (Leco, S:t Joseph, Michigan, USA) och utfördes i material som provtogs senhöstarna 1992 (efter korn), 1993 (efter korn och havre) och 1994 (efter vårraps och korn). Under senhösten 1994 bestämdes även kol-kvävekvoterna i ogräs efter höstvetete.

Mineralkväve i marken

Markprofilens innehåll av mineralkväve (ammonium- och nitratkväve) bestämdes för att belysa följande förhållanden:

- huvud- och fånggrödornas utnyttjande av jord- och gödselkväve under sommaren och hösten,
- riskerna för kväveutlakningsförluster under vinterhalvåret,
- mängderna övervintrande mineralkväve i marken efterföljande vår.

För detta utfördes provtagningar vid följande tre tidpunkter: vid avslutad N-upptagning hos huvudgrödan (samtidigt med att prov av huvud- och fånggrödorna togs ut), omedelbart före plöjning eller stubbearbetning på senhösten (samtidigt med provtagning av fånggrödorna) och före vegetationsperiodens början på våren därefter.

Ledvisa jordprover togs härvid ut till 90 cm djup med indelning i tre skikt: 0-30, 30-60 och 60-90 cm djup. I matjorden gjordes 12 borrhstick per ruta med Trekanten-borr (Lindén, 1977) och i alven 5 stick med Ultuna-borr (Lindén, 1979). Delproverna slogs ihop till skiktvisa samlingsprov. Jordproverna djupfrystes och extraherades med 2 M KCl, varefter ammonium- och nitratkväve bestämdes kolorimetriskt med en autoanalysator (TRAACS 800). Analyserna omräknades till kilogram kväve per hektar med beaktande av volymvikter och aktuella vattenhalter.

Väderförhållanden

Uppgifter om temperatur och nederbörd under försöksåren 1989-95 har hämtats från SMHI:s meteorologiska station vid Vänersborg (se månadstidning från SMHI). Månadsmedeltemperaturen under alla vintrar utom 1993/94 var högre än medeltalet för jämförelseåren 1961-90 (tabell 8). Jorden måste ha varit frusen under kortare perioder än vanligt, vilket kan ha ökat både N-mineraliseringen och N-förlusterna under vintern. År 1989 var totalt sett nederbördsfattigare än normalt (tabell 9). Somrarna 1992 och 1994 var torrare än vanligt. Växtsäsongen under efterverkansåret 1995 blev mycket ogynnsam för grödan (korn), som gav mycket svag skörd (tabell 11). Nederbörden var detta år mycket hög under försommaren, samtidigt som vädret blev svalare än normalt. Detta medförde vattenskador på jord och gröda. Juli och augusti var varmare än annars, och augusti månad blev mycket nederbördsfattig under tiden före mognaden, vilket sammantaget gav upphov till torkskador.

Tabell 8. Månadsmedeltemperatur, °C (Vänersborg)

År Månad	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	Normaltemperatur 1961-90
Jan.	4,3	3,2	0	1,2	0,5	-0,9	-2,3	-2,3
Febr.	4,0	4,8	-2,8	1,2	-0,3	-7,3	1,6	-2,7
Mars	4,6	5,3	3,0	3,1	1,5	1,5	1,9	0,1
April	5,5	6,9	5,7	4,3	5,9	6,7	4,3	4,2
Maj	10,9	11,6	9,4	12,9	12,4	10,4	9,7	9,9
Juni	14,4	14,7	11,1	16,8	12,9	13,1	14,0	14,6
Juli	16,9	15,7	17,2	16,6	13,9	19,4	16,3	16,0
Aug.	14,2	15,7	16,0	14,9	12,7	16,7	17,1	15,2
Sept.	11,6	10,2	11,8	11,5	8,8	11,3	11,7	11,5
Okt.	7,8	7,3	6,8	3,7	5,6	5,8	9,8	7,8
Nov.	2,6	1,8	3,8	2,5	1,1	3,4	0,9	2,9
Dec.	0	0,9	2,0	0,8	-0,2	2,2	-3,9	-0,5

Tabell 9. Månadsnederbörd, mm (Vänersborg)

År Månad	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	Normalnederbörd 1961-90
Jan.	20	109	76	57	86	91	69	55
Febr.	82	136	37	48	34	36	86	37
Mars	67	34	29	46	11	83	69	45
April	33	47	23	100	28	27	46	39
Maj	41	34	21	19	36	3	59	48
Juni	22	75	135	14	50	72	105	56
Juli	66	60	70	51	119	2	76	67
Aug.	54	66	66	135	104	76	10	66
Sept.	37	123	69	36	73	201	129	77
Okt.	91	43	54	83	105	57	71	79
Nov.	20	52	109	95	26	51	72	81
Dec.	58	57	32	46	100	78	16	59
Summa	591	836	721	730	772	777	808	709
Årsmedeltal	49	70	60	61	64	65	67	59

RESULTAT OCH DISKUSSION

Skördar av huvudgrödorna

Kärn- och fröskördarna under åren 1989-94 framgår av tabell 10. Ledet med konventionell jordbearbetning och utan fånggröda (led 1) gav i de flesta fall störst avkastning. Skördarna av havre och korn II blev dock bäst med rödklöver som fånggröda och konventionell jordbearbetning (led 5). Generellt gav minimerad jordbearbetning signifikant sämre utbyte än konventionell bearbetning. En orsak kan vara något sämre N-tillgång bl.a. genom mindre N-mineralisering under växtsäsongen (se nedan). Vidare var bestånden glesare på våren vid minimerad bearbetning. Detta belyses av planttätheten på våren (tabell 5), som i medeltal för minimerad bearbetning blev 77 % av fullgod planttäthet, jämfört med 92 % vid konventionell bearbetning. Skillnaden blev störst i vårraps. Orsakerna kan vara sämre uppkomstförhållanden bl.a. genom direktsådden.

Skördebortfallet vid minimerad jordbearbetning blev störst i led 4, 7 och 8, där fånggrödor ingick under åren med vårsäd och vårraps. Orsaken synes vara fånggrödornas starka konkurrens gentemot huvudgrödorna. Denna orsakades primärt inte av årets insådd utan i högre grad genom att den minimerade jordbearbetningen på hösten inte dödade fånggrödorna fullt ut. Istället rotade sig plantorna i stor utsträckning och utvecklades till ogräs i den efterföljande huvudgrödan. Detta var särskilt påtagligt i vårrapsen 1990 och 1992, där missväxten blev total i de minimalbearbetade leden med fånggrödor (led 4, 7 och 8). Även under ärtåren uppstod det påtagliga skördesänkningar i leden med minimerad bearbetning och i mindre utsträckning även under åren med höstvete.

Tabell 10. Medelskördar (kg/ha, 15 % vattenhalt resp. 8 %) för hela försöksperioden 1989-1994. Värderna med samma bokstav är inte signifikant skilda ($p < 0,05$) på signifikansnivån 5 %. Små bokstäver ska jämföras lodrätt inom varje gröda

Led	Jordbear- betning	Fång- grödor	Kväve- gödsl., %	Korn I	Vårrens.	Havre	Korn II	Ärter**	Höstvete	Medel- tal, alla	Medel- tal, vårsäd
				<i>Rel.tal</i>						<i>Rel.tal</i>	
1	Konv.	Utan fånggr.	100	5330 = 100 ^a	1020 = 100 ^a	4570 = 100 ^{ab}	4540 = 100 ^a	2450 = 100 ^a	6280 = 100 ^a	4120 = 100 ^a	4810 = 100 ^a
2	Minim.	Utan fånggr.	100	81 ^{bc}	70 ^{bcd}	86 ^{cd}	80 ^b	63 ^a	81 ^c	80 ^e	82 ^{abc}
3	Konv.	Rajgräs	100	88 ^b	71 ^{bcd}	93 ^{bc}	93 ^a	97 ^a	92 ^{ab}	91 ^{bc}	91 ^{ab}
4	Minim.	Rajgräs	100	72 ^{cd}	52 ^{abc*}	73 ^e	53 ^c	74 ^a	90 ^{abc}	81 ^{de}	66 ^c
5	Konv.	Rödklöver	100	92 ^{ab}	93 ^{ab}	106 ^a	104 ^a	94 ^a	93 ^{ab}	97 ^{ab}	100 ^a
6	Konv.	Rödklöver	75	74 ^{cd}	80 ^{abc}	93 ^{bc}	96 ^a	83 ^a	90 ^{abc}	88 ^{cd}	87 ^{abc}
7	Minim.	Rödklöver	100	76 ^{cd}	58 ^{cd*}	93 ^{cd}	59 ^c	77 ^a	89 ^{bc}	85 ^{de}	73 ^{bc}
8	Minim.	Rödklöver	75	65 ^d	54 ^{cd*}	84 ^{de}	64 ^c	78 ^a	83 ^{bc}	81 ^{de}	69 ^{bc}
Jordbearbetning											
Konventionell				4740 ^a	870 ^a	4370 ^a	4040 ^a	2250 ^a	5880 ^a	3860 ^a	4380 ^a
Minimerad				3900 ^b	710 ^a	3780 ^b	3330 ^b	1810 ^a	5410 ^b	3410 ^b	3670 ^b
Fånggröda											
Utan fånggr.				4830 ^a	870 ^a	4260 ^a	4080 ^a	2000 ^a	5680 ^a	3710 ^{ab}	4390 ^a
Rajgräs				4270 ^b	680 ^a	3780 ^a	3320 ^a	2100 ^a	5720 ^a	3550 ^{ab}	3790 ^a
Rödklöver				4470 ^{ab}	870 ^a	4330 ^a	3700 ^a	2090 ^a	5710 ^a	3780 ^a	4170 ^a
Rödklöver				3700 ^c	760 ^a	3920 ^a	3650 ^a	1960 ^a	5460 ^a	3500 ^b	3760 ^a

*) Skördedata endast för 1994 p.g.a. missväxt 1990 och 1992.

***) Ärterna skördades försöksmässigt endast 1989 och 1991 p.g.a. att sprutskada uppkom 1993.

Med rajgräs som fånggröda erhöles skördesänkning även i det konventionellt bearbetade ledet (3) i jämförelse med motsvarande led (1) utan fånggröda. En orsak till den minskade avkastningen under åren med vårsäd och vårraps torde här vara att den insådda fånggrödan konkurrerade med huvudgrödan.

Rödklövern kunde förmodas ge positiv kväveefferverkan (jmf. Lindén et al., 1993b; Beck-Friis et al., 1994; Wallgren & Lindén, 1994) och därmed bättre skörd av efterföljande grödor. Att någon påtaglig positiv N-effekt ändå inte uppkom antyds av att de sänkta N-givorna (75 %) i led 6 och 8 gav lägre skördar än normalgödslingen (100 %) i led 5 och 7. Kväveefferverkan och andra möjliga positiva effekter av de båda fånggrödorna tycks i hög grad ha uteblivit under försöksåren t.o.m. 1994. Ett undantag var led 5 med normal N-gödsling och konventionell jordbearbetning, där positiv kväveefferverkan av rödklövern syntes uppkomma, som i hög grad kompenserade konkurrensen från det aktuella årets klöverinsådd.

De nedsatta skördarna i de flesta fallen i leden med fånggrödor i jämförelse med led 1 (utan fånggröda) kvarstod under åren med ärter och höstvete, trots att fånggrödor inte såddes in i dessa grödor. Orsaken till detta i leden med fånggrödor i kombination med minimerad bearbetning var också här, att fånggrödorna inte avdödades av stubbearbetningen på senhösten utan fanns kvar som ogräs även i ärterna och i viss mån också i höstvetet.

Tabell 11. Efterverkan i korn 1995: kärnskörd (kg/ha, 15 % vattenhalt) och totalkväve i kärnan (kg N/ha) vid gödsling med 0 och 80 kg N/ha till kornet

Led	Jordbearbetning	Fånggröda	Kväve- gödsling %	Kärnskörd		Totalkväve i kärnan					
				Gödsling med 0 kg N/ha		Gödsling med 80 kg N/ha		Gödsling med 0 kg N/ha		Gödsling med 80 kg N/ha	
				kg /ha	rel.tal	kg/ha	rel.tal	kg/ha	kg/ha		
1	Konventionell	Utan fånggr.	100	720	100	1400	100	10	16		
2	Minimerad	Utan fånggr.	100	980	136	1600	114	12	18		
3	Konventionell	Rajgräs	100	800	112	1440	103	11	16		
4	Minimerad	Rajgräs	100	1240	173	1950	140	15	22		
5	Konventionell	Rödklöver	100	1060	148	1770	127	14	20		
6	Konventionell	Rödklöver	75	840	117	1700	122	11	20		
7	Minimerad	Rödklöver	100	1340	186	2480	178	16	27		
8	Minimerad	Rödklöver	75	1310	182	2010	143	16	23		
			Medeltal:	1040		1790		13	20		

Tydlig positiv efterverkan av odlingsåtgärderna uppkom först 1995 (tabell 11), då emellertid både vatten- och torkskador satte ned skördarna i så stor utsträckning att det närmast blev missväxt. Medan minimerad jordbearbetning medförde sänkt skörd under den gångna sexårsperioden, erhöles nu totalt sett positiv efterverkan av denna behandling, efter det att marken i alla led plöjts hösten 1994. I medeltal för förfrukter, fånggrödor och årets N-gödslingsnivåer medförde den tidigare minimerade jordbearbetningen en skördeökning med 32 % jämfört med den konventionella bearbetningen. Vidare gav de led som hade haft fånggröda under den gångna sexårsperioden högre skörd under efterverkansåret 1995. I medeltal för tidigare års förfrukter och bearbetningsmetoder samt årets N-gödslingar erhöles bäst efterverkan efter rödklöver som fånggröda och med full kvävegiva (led 5 och 7). Skördeökningen blev 42 % jämfört med leden utan fånggröda (led 1 och 2). Rajgräs som fånggröda (led 3 och 4) ökade i medeltal årets kornskörd med 16 %.

Tabell 12. Kväveinnehåll (kg N/ha) i de ovanjordiska växtdelarna av huvudgrödorna, när kväueupptagningen beräknats vara avslutad på sensommaren. Medeltal för hela försöksperioden 1989-1994. Stråsådesgrödorna provtogs vid sen degmognad, stadium DC 87 (medeldatum: 15/8), vårrapsen i stadium 81, då de första fröna var bruna (medeldatum: 31/8), och ärterna vid begynnande mognad, stadium 10 (medeldatum: 23/8). Värden med samma bokstav är inte signifikant skilda ($p < 0,05$) på signifikansnivån 5 %. Små bokstäver ska jämföras lodrätt och stora vågrätt

Led	Jordbear- betning	Fång- grödor	Kväve- gödsl. %	Korn I	Vårraps	Havre	Korn II	Ärter**	H-vete	Medeltal (alla)	Medeltal (stråsåd)
1	Konv.	Utan fånggr.	100	87 ^a	67 ^{ab}	77 ^{ab}	88 ^a	134 ^a	144 ^a	98 ^a	100 ^a
2	Minim.	Utan fånggr.	100	77 ^{abc}	79 ^a	74 ^{ab}	71 ^{bcd}	88 ^b	125 ^{ab}	85 ^{bc}	87 ^b
3	Konv.	Rajgräs	100	70 ^{cd}	47 ^{ab}	70 ^{ab}	76 ^{abc}	121 ^{ab}	136 ^a	85 ^{bc}	88 ^b
4	Minim.	Rajgräs	100	59 ^{de}	53 ^{ab*}	68 ^b	55 ^d	119 ^{ab}	134 ^a	81 ^c	79 ^b
5	Konv.	Rödklöver	100	83 ^{ab}	54 ^{ab}	89 ^a	88 ^a	141 ^a	138 ^a	96 ^{ab}	99 ^a
6	Konv.	Rödklöver	75	63 ^{de}	43 ^b	74 ^{ab}	87 ^{ab}	145 ^a	108 ^b	83 ^c	83 ^b
7	Minim.	Rödklöver	100	71 ^{bcd}	38 ^{b*}	77 ^{ab}	54 ^d	110 ^{ab}	143 ^a	83 ^c	86 ^b
8	Minim.	Rödklöver	75	56 ^e	44 ^{ab*}	74 ^{ab}	64 ^{cd}	111 ^{ab}	109 ^b	76 ^c	76 ^b
		Medeltal:		71 ^B	54 ^C	75 ^B	73 ^B	121 ^A	129 ^A		
	Jordbearbetning										
	Konventionell									90 ^a	
	Minimerad									81 ^b	
	Fånggröda										
		Utan fånggr.	100							92 ^a	
		Rajgräs	100							83 ^b	
		Rödklöver	100							90 ^a	
		Rödklöver	75							80 ^b	

*) Skördedata endast för 1994 p.g.a. missväxt 1990 och 1992.

***) Ärterna provtogs endast 1991 och 1993. Under det senare året uppkom dock sprutskador i ärterna.

Huvudgrödornas kväueupptag och kväueutnyttjande

I medeltal för leden 1-8 och således oberoende av jordbearbetning, fånggrödor och N-gödslingsnivåer varierade huvudgrödornas innehåll av kväue i de ovanjordiska växtdelarna (tabell 12) från 54 kg N/ha i vårrapsen till som mest 129 kg N/ha i höstvetet, vilket också gav störst avkastning

(jmf. tabell 10). I jämförelse med den relativt kraftiga N-gödslingen till vårapsen (120 kg N/ha som full N-giva) blev gödselkvävet verkningsgrad således mycket låg i denna gröda. Ärternas kvävefixering möjliggjorde ett N-upptag i de ovanjordiska växtdelarna på i genomsnitt drygt 120 kg/ha, medan vårsäden innehöll drygt 70 kg N/ha.

Minimerad jordbearbetning medförde minskat kväveupptag hos huvudgrödorna i jämförelse med konventionell bearbetning (tabell 12). Likaså blev kväveupptaget sammantaget mindre där fånggrödor odlades (särskilt led 3, 4, 6, 7 och 8) än utan fånggröda (led 1 och 2). Endast i led 5 med rödklöver, full kvävegiva och konventionell jordbearbetning blev N-upptaget i nivå med led 1 (utan fånggröda och med konventionell jordbearbetning). Resultaten tyder på att fånggrödorna generellt inte hade någon positiv kväveeffekt på vårsädesgrödorna och vårapsen under perioden 1989-94.

Kväveskördarna, dvs. de mängder kväve som fördes bort med skördeprodukterna (kärna och frö), var förhållandevis små (tabell 13). Kväveutbytet (beräknat som kväveskörden i procent av N-gödslingen) blev litet. Sämst blev detta i vårapsen. Medan vårsädesgrödorna vid full N-giva tillfördes 100 kg N/ha och höstvetet 140 kg N/ha, blev kväveskördarna i medeltal för alla stråsädesgrödor i storleksordningen 50 kg N/ha men i allmänhet ännu mindre vid minimerad jordbearbetning. Med rajgräs som fånggröda och konventionell bearbetning (led 3) bortfördes med stråsädesgrödornas kärnskördar (inkl. höstvetet) i medeltal 9 kg N/ha mindre än utan fånggröda (led 1). I leden med klöver och konventionell bearbetning (led 5 och 6) blev dock N-skördarna i stort sett desamma som i led 1.

Tabell 13. Kväveskördar (kväve i skördad kärna eller frö, kg/ha) och kväveutbyte, beräknat som det procentuella förhållandet mellan kväve bortfört med skördeprodukterna och kväve tillfört med handelsgödsel. Medeltal för hela försöksperioden 1989-1994. Värden med samma bokstav är inte signifikant skilda ($p < 0,05$) på signifikansnivån 5 %. Bokstäverna skall jämföras lodrätt

Led	Jordbearbetning	Fånggrödor	Kvävegödsling %	Medeltal för alla grödor		Medeltal för alla stråsädesgrödor	
				Kväveskörd, kg N/ha	Kväveutbyte, %	Kväveskörd, kg N/ha	Kväveutbyte, %
1	Konv.	Utan fånggr.	100	52 ^a	56	55 ^a	50
2	Minim.	Utan fånggr.	100	42 ^{ab}	45	47 ^{ab}	43
3	Konv.	Rajgräs	100	44 ^{ab}	47	46 ^{ab}	42
4	Minim.	Rajgräs	100	38 ^b	41	37 ^b	34
5	Konv.	Rödklöver	100	51 ^a	55	53 ^a	48
6	Konv.	Rödklöver	75	50 ^a	71	55 ^a	67
7	Minim.	Rödklöver	100	43 ^{ab}	46	43 ^{ab}	39
8	Minim.	Rödklöver	75	50 ^a	71	52 ^a	63
Jordbearbetning							
Konventionell				47 ^a	54	49 ^a	48
Minimerad				45 ^a	52	48 ^b	47
Fånggröda							
Utan fånggr.				47 ^{ab}	51	51 ^{ab}	46
Rajgräs				40 ^b	43	42 ^b	38
Rödklöver				47 ^{ab}	51	48 ^{ab}	44
Rödklöver				50 ^a	71	54 ^a	66

Fånggrödornas tillväxt och kväveupptag under sommaren

Fånggrödornas tillväxt från insådden på våren till dess att huvudgrödornas kväveupptagning kan anses ha avslutats under sensommaren framgår av tabell 14a. Som ovan beskrivits provtogs fånggrödorna samtidigt med huvudgrödorna, vilket ägde rum vid sen degmognad hos stråsåden (medeldatum för provtagning: 15/8) och i motsvarande utvecklingsstadium hos vårrapsen (medeldatum för provtagning: 31/8). Vid provtagningen togs som nämnts förekommande ogräs med i fånggrödematerialet.

Fånggrödornas torrsubstansproduktion i vårsäd fram till sen degmognad hos vårsåden blev i storleksordningen 200-1000 kg/ha i de konventionellt jordbearbetade leden och 500-2700 kg/ha vid minimerad bearbetning. Vårrapsen konkurrerade sämst med fånggrödorna. Detta medförde en ts-produktion hos fånggrödorna fram till motsvarande tidpunkt under rapsåren på ca 1200 kg/ha som medeltal för alla konventionellt bearbetade led. Vid minimerad bearbetning producerade fånggrödorna i medeltal 3400 kg ts/ha, ofta med missväxt hos rapsgrödan som följd. Orsaken till den kraftiga tillväxten, särskilt i vårrapsen, är som tidigare nämnts, att höstbearbetningen i leden med minimerad jordbearbetning inte ledde till effektiv avdödning av fånggrödeplantorna, utan dessa rotade sig igen och utvecklades till ogräs i efterföljande års gröda.

Några betydande skillnader mellan rajgräs och rödklöver i torrsubstansproduktion uppkom inte. Dock kan det anmärkas, att klövern i leden med reducerad N-giva (75 %) utvecklades signifikant kraftigare än i de fullt N-gödslade leden. Med minskad N-gödsling till huvudgrödorna utvecklades dessa uppenbarligen svagare, vilket ökade fånggrödornas konkurrenskraft.

I bestånden av vårsäd innehöll rajgräsets ovanjordiska växtdelar i storleksordningen 5-6 kg N/ha vid konventionell jordbearbetning (led 3) och 10-21 kg vid minimerad bearbetning (led 4). Vid konventionell bearbetning och full N-giva (led 5) uppgick rödklöverns N-innehåll till 7-13 kg/ha, alltså inte mycket mer än rajgräsets. I leden med minimerad bearbetning hade klövern under åren med vårsäd ett N-innehåll på 9-43 kg N/ha, mest efter reducerad N-giva till huvudgrödan (led 7 och 8). Merupptaget av kväve i rödklövern i jämförelse med rajgräset torde ha utgjorts av kväve som fixerats genom N₂-bindning. I vårraps blev både rajgräsets och klöverns N-upptag betydligt större än i vårsädesgrödorna, uppenbarligen till följd av rapsens svagare konkurrensförmåga.

Fånggrödornas tillväxt och kväveupptag under hösten

Från sensommarprovtagningen och fram till provtagningen på senhösten (medeldatum: 1/11) nästan fördubblades rajgräsets ovanjordiska biomassa efter insådd i vårsäd i led 3 med konventionell bearbetning (jmf. tabell 14a med 14b). Även rödklövern i motsvarande led (5) växte till och tog upp mer kväve. I leden med minimerad jordbearbetning noterades dock såväl ökad som minskad mängd biomassa och mängd kväve i fånggrödorna under hösten. Minskningar av biomassan ägde främst rum i de fall där rajgräset och klövern var som kraftigast redan vid sensommarprovtagningen. Den reducerade tillväxten eller den rent av minskade mängden biomassa under hösten i leden med minimalbearbetning synes dock vara skenbar och bero på att skördetröskan klippte av de högre och kraftigare fånggrödebestånden. I vissa fall kunde inte nytillväxten under hösten kompensera det avklippta växtmaterialet. Vidare kan kvävebrist i marken ha hämmat mer påtaglig tillväxt under hösten (jmf. tabell 18).

I medeltal för vårsäd innehöll rajgräset vid provtagningen på senhösten 13 kg N/ha i de ovanjordiska växtdelarna i led 3 med konventionell jordbearbetning (tabell 14b). Detta är medelmåttiga mängder jämfört med kväveupptaget fram till senhösten i flera andra försök i Sverige under lik-

Tabell 14a. Ovanjordisk biomassa (kg ts/ha) av fånggrödor samt deras samlade kväveinnehåll (kg N/ha) vid *provtagning på sensommaren*. Provtagningen ägde rum vid sen degmognad hos stråsådesgrödorna (medeldatum: 15/8) och vid vårrapsens mognadsstadium 81 (medeldatum: 31/8). Förekommande ogräs sorterades inte bort utan ingår i materialet. Värden med samma bokstav är inte signifikant skilda ($p < 0,05$) på signifikansnivån 5 %. Bokstäverna skall jämföras lodrätt

Led	Jordbearbetning	Fånggröda	Kväve-gödsl. %	Korn		Vårraps		Havre		Korn II		Medeltal (alla)		Medeltal för vårsäd		
				kg ts/ha	kg N/ha	kg ts/ha	kg N/ha	kg ts/ha	kg N/ha	kg ts/ha	kg N/ha	kg ts/ha	kg N/ha	kg ts/ha	kg N/ha	
1	Konv.	Utan fånggröda	100													
2	Minim.	Utan fånggröda	100													
3	Konv.	Rajgräs	100	518 ^c	6 ^d	972 ^b	16 ^c	340 ^b	5 ^c	236 ^d	6 ^b	509 ^c	8 ^d	378 ^c	6 ^c	
4	Minim.	Rajgräs	100	766 ^{bc}	10 ^{cd}	3344 ^a	44 ^b	827 ^{ab}	11 ^{abc}	1523 ^{bc}	21 ^b	1615 ^b	21 ^b	1038 ^b	14 ^b	
5	Konv.	Rödklöver	100	514 ^c	13 ^{cd}	1035 ^b	23 ^{bc}	372 ^b	7 ^{bc}	490 ^{cd}	13 ^b	603 ^c	14 ^{cd}	489 ^c	11 ^b	
6	Konv.	Rödklöver	75	1030 ^{ab}	26 ^{ab}	3213 ^a	67 ^a	825 ^{ab}	16 ^{ab}	2675 ^a	52 ^a	1936 ^a	40 ^a	1510 ^a	32 ^a	
7	Minim.	Rödklöver	100	694 ^c	19 ^{bc}	1464 ^b	34 ^{bc}	521 ^{ab}	11 ^{abc}	333 ^d	9 ^b	753 ^c	18 ^{bc}	516 ^c	13 ^b	
8	Minim.	Rödklöver	75	1139 ^a	30 ^a	3720 ^a	75 ^a	1041 ^a	18 ^a	2230 ^{ab}	43 ^a	2032 ^a	42 ^a	1470 ^a	30 ^a	
		Medeltal:		777 ^C	18 ^{BC}	2329 ^A	44 ^A	654 ^C	11 ^C	1277 ^B	24 ^B					
	Jordbearbetning															
	Konventionell				575 ^b	13 ^b	1168 ^b	25 ^b	411 ^b	8 ^b	360 ^b	9 ^b	625 ^b	14 ^b	450 ^b	10 ^b
	Minimerad				978 ^a	23 ^a	3426 ^a	62 ^a	898 ^a	15 ^{ab}	2142 ^a	38 ^a	1861 ^a	34 ^a	1339 ^a	25 ^a
	Fånggröda															
		Rajgräs	100	642 ^b	8 ^b	2266 ^a	31 ^b	583 ^a	8 ^b	938 ^a	14 ^b	1088 ^a	15 ^b	715 ^a	10 ^b	
		Rödklöver	100	772 ^{ab}	20 ^a	2124 ^a	45 ^{ab}	599 ^a	12 ^{ab}	1582 ^a	33 ^a	1269 ^a	27 ^a	984 ^a	21 ^a	
		Rödklöver	75	916 ^a	25 ^a	2592 ^a	54 ^a	781 ^a	15 ^a	1281 ^a	26 ^{ab}	1392 ^a	30 ^a	993 ^a	22 ^a	

Tabell 14b. Ovanjordisk biomassa (kg ts/ha) av fånggrödor samt deras samlade kväveinnehåll (kg N/ha) vid *provtagning på senhösten*. Provtagningen utfördes omedelbart före plöjningen (medeldatum: 1/11). Förekommande ogräs sorterades inte bort utan ingår i materialet. Värden med samma bokstav är inte signifikant skilda ($p < 0,05$) på signifikansnivån 5 %. Bokstäverna skall jämföras lodrätt

Led	Jordbearbetning	Fånggröda	Kväve-gödsl. %	Korn I		Våraps		Havre		Korn II		Medeltal (alla)		Medeltal för vårsäd	
				kg ts/ha	kg N/ha	kg ts/ha	kg N/ha	kg ts/ha	kg N/ha	kg ts/ha	kg N/ha	kg ts/ha	kg N/ha	kg ts/ha	kg N/ha
1	Konv.	Utan fånggröda	100												
2	Minim.	Utan fånggröda	100												
3	Konv.	Rajgräs	100	922 ^c	14 ^c	1029 ^{abc}	20 ^{abc}	856 ^b	14 ^c	528 ^b	11 ^a	845 ^{bc}	15 ^d	799 ^c	13 ^e
4	Minim.	Rajgräs	100	1209 ^{abc}	18 ^{bc}	2864 ^a	50 ^{abc}	1253 ^a	20 ^{bc}	963 ^a	17 ^a	1504 ^a	25 ^{bc}	1164 ^a	18 ^d
5	Konv.	Rödklöver	100	1099 ^{bc}	34 ^{ab}	406 ^c	10 ^c	775 ^b	25 ^{abc}	551 ^{ab}	14 ^a	754 ^c	23 ^c	840 ^c	26 ^c
6	Konv.	Rödklöver	75	1568 ^{ab}	46 ^a	2696 ^a	53 ^a	1057 ^{ab}	32 ^a	837 ^{ab}	17 ^a	1494 ^a	37 ^a	1193 ^a	34 ^a
7	Minim.	Rödklöver	100	1398 ^{abc}	43 ^a	503 ^{bc}	12 ^{bc}	822 ^b	28 ^{ab}	645 ^{ab}	17 ^a	910 ^b	27 ^b	1012 ^b	31 ^b
8	Minim.	Rödklöver	75	1729 ^a	51 ^a	2428 ^{ab}	51 ^{ab}	1103 ^{ab}	33 ^a	675 ^{ab}	15 ^a	1470 ^a	39 ^a	1231 ^a	35 ^a
		Medeltal:		1321 ^A	34 ^A	1654 ^A	33 ^A	986 ^{BC}	26 ^A	700 ^C	15 ^B				
	Jordbearbetning														
		Konventionell		1139 ^b	30 ^a	646 ^b	14 ^b	834 ^b	23 ^a	575 ^b	14 ^a	836 ^b	22 ^b	884 ^b	23 ^b
		Minimerad		1502 ^a	38 ^a	2663 ^a	51 ^a	1138 ^a	28 ^a	825 ^a	16 ^a	1489 ^a	34 ^a	1196 ^a	29 ^a
	Fånggröda														
		Rajgräs	100	1066 ^b	16 ^b	1947 ^a	35 ^a	1055 ^a	17 ^b	745 ^a	14 ^a	1174 ^a	20 ^b	981 ^a	16 ^b
		Rödklöver	100	1333 ^{ab}	40 ^{ab}	1551 ^a	32 ^a	916 ^a	29 ^a	694 ^a	16 ^a	1124 ^a	30 ^a	1017 ^a	30 ^a
		Rödklöver	75	1563 ^a	47 ^a	1465 ^a	32 ^a	987 ^a	31 ^a	660 ^a	16 ^a	1190 ^a	33 ^a	1122 ^a	33 ^a

nande odlingsbetingelser och med konventionell jordbearbetning. Exempelvis fastställde Beck-Friis et al. (1994) på sandjord på en djurgård i södra Halland ett kväveinnehåll i de ovanjordiska växtdelarna på 35-40 kg N/ha hos italienskt rajgräs och 40-45 kg i rödklöver i vårsäd. Wallgren & Lindén (1994) konstaterade ett genomsnittligt innehåll på 24 kg N/ha på senhösten i rajgräs som insådd fånggröda, med variationer från 4 till 55 kg. I rödklöver erhöles i genomsnitt 26 kg N/ha med 3 kg som lägsta och 90 kg som högsta värde. Lindén et al. (1993b) fann däremot i medeltal bara 14 kg N/ha på senhösten i de ovanjordiska delarna i rajgräs insått i vårsäd i ett flerårigt försök på Lanna i Västergötland, där stallgödsel ej tillförts under mycket lång tid. Resultaten från Östad och Lanna antyder, att rajgräsets N-upptag kan bli mindre dels i nordligare delar av Götaland (genom kallare höstar än söderut) och dels på jordar på gårdar utan djur, där N-mineraliseringsförmågan generellt inte är så stor som på fält med mångårig tillförsel av stallgödsel.

Ogräsförekomst

Av tabell 15 framgår förekomsten av frögräs under de sex egentliga försöksåren och under efterverkansåret 1995. Ogräsförekomsten uppvisade en mycket stor variation mellan åren. Detta medför att det är svårt att dra några slutsatser om de olika grödornas inverkan på ogräsmängden, eftersom de flesta grödor odlats vartannat år. Siffrorna i tabell 15 som anger medeltalsvärden för de sex försöksåren måste därför läsas med stor försiktighet. Ogräsförekomsten tycks dock ha varit minst i höstvete, och även i vårrapsen var förekomsten mindre än i korn, havre och ärter.

Tabell 15. Förekomst av frögräs, antal per kvm

Behandling och grödor	1989	1990	1991	1992	1993	1994	Medeltal 1989-94	1995 (efterverkansår)*
Konventionell bearbetning								
korn	600	450	500	115	350	105	350	265
havre	800		600		300		565	
höstvete		130		20		80	75	330
vårraps		300		85		160	180	230
ärter	600		700		275		525	
Medeltal	670	290	600	75	310	115	340	275
Minimerad bearbetning								
korn	420	310	400	135	105	75	240	180
havre	560		780		290		545	
höstvete		70		20		40	45	295
vårraps		200		55		90	115	225
ärter	600		300		90		330	
Medeltal	525	170	495	70	160	70	255	235
Dominerande ogräsarter	våtarv åkersenap penningört målla spillraps	våtarv	våtarv lomme åker- senap	åker- senap fettistel	åker- senap	åker- senap	åker- senap dån våtarv	

*) Angiven gröda är förfrukt till 1995 års gröda.

Genomgående var förekomsten av fröogräs under alla år och i samtliga grödor, utom havre 1992, lägre eller klart lägre i leden med minimerad bearbetning än i leden med konventionell bearbetning. Resultaten av räkningar av enskilda ogräsarter tyder på att åkersenap och målla mest missgynnats av minimerad bearbetning, medan motsvarande gäller vårtarv i höstvetete.

Vid de räkningar som gjordes framkom inte något genomgående samband mellan ogräsförekomst (antal per ytenhet) och fånggrödor, varken rajgräs eller klöver.

Under efterverkansåret 1995 med korn i samtliga försöksled gjordes ogräsräkningar i de led som gödslats med 80 kg kväve per hektar. Som framgår av tabell 15 var antalet fröogräs är högst med höstvetete som förfrukt och lägst med vårraps som förfrukt oavsett bearbetningssystem. Förekomsten av fröogräs var i medeltal störst i de led som plöjts under försöksperioden.

Hela försöket sprutades mot kvickrot med Roundup efter skörden 1988 och inför starten av försöket. Under försöksperioden utgjorde inte kvickroten något påtagligt problem i något försöksled. I samband med skörden under efterverkansåret gjordes dock en gradering av kvickrotsförekomsten, vilken visade att förekomsten var minst med vårraps som förfrukt och störst efter höstvetete. En klar skillnad kunde noteras mellan de båda bearbetningssystemen. I genomsnitt för förfrukter och fånggrödor var förekomsten av kvickrot 4 procent i leden med konventionell bearbetning, medan den var 17 procent i leden med minimerad bearbetning.

Tabell 16. Förekomst av tistel, plantor per kvm

Behandling och grödor	1992	1993	1994	Medeltal 1992-1994	1995 (efterverkansår)*
Konventionell bearbetning					
korn		35	40	37	32
havre		35		35	
höstvetete	6		12	9	25
vårraps			15	15	17
ärter		75		75	
Medeltal	6	48	22	34	25
Minimerad bearbetning					
korn		40	22	31	9
havre		140		140	
höstvetete	17		8	13	19
vårraps			20	20	18
ärter		130		130	
Medeltal	17	124	17	66	15

*) Angiven gröda var förfrukt till 1995 års gröda.

Under försöksperioden ökade efter hand andelen fleråriga ogräs i form av olika arter av tistlar. I tabell 16 redovisas dessa separat under samlingsnamnet tistlar från och med 1992 till och med efterverkansåret 1995. Liksom fallet var med fröogräsen, blev variationen i tistelförekomst stor mellan åren, vilket tillsammans med skilda grödor under olika år gör att medeltalsberäkningarna blir mycket osäkra. Antalet tistlar föreföll dock vara mindre i höstvetete och i någon mån även i vårraps än i övriga grödor. I motsats till fröogräsen tycktes tendensen vara en något lägre före-

komst av tistel i leden med konventionell bearbetning än i leden med minimerad. Detta var tydligast 1993. Under efterverkansåret 1995 var dock förhållandet det motsatta med lägst förekomst av tistel i leden med minimerad bearbetning.

Tillväxt och kväveupptag under sommaren hos ogräs, som överlevt kemisk bekämpning, samt hos grodd spillsäd och höstvetebrodd påhösten

För att belysa hur ogräs, som överlevt den kemiska bekämpningen under sommaren, konkurrerade med ärterna provtogs mängden ogräs i denna gröda i augusti 1993, när beståndet närmade sig mognad. Mängden biomassa i ogräsets ovanjordiska delar utgjorde ca 140 kg ts/ha i led 1, med konventionell jordbearbetning och utan fånggröda under åren dessförinnan (tabell 17). Kväveinnehållet uppgick till 3 kg N/ha. Den ringa ogräsförekomsten kan, förutom av den gjorda kemiska bekämpningen i ärterna, bero på att marken hade stubbearbetats på höstarna under de föregående åren. I motsvarande led med minimerad jordbearbetning och således utan höstplöjning (led 2) fanns betydligt mer ogräs, med en ts-mängd på 625 kg/ha och ett kväveinnehåll på 12 kg/ha. I fånggrödorna kunde inte ogräset bekämpas som i led 1 och 2 genom stubbearbetning på hösten under de tidigare åren. Relativt mycket ogräs fanns därför i led 5-8 med klöver som fånggröda under de föregående åren, som mest omkring 760 kg i led 8 med minimerad jordbearbetning, rödklöver och reducerad N-giva under åren dessförinnan. I storleksordningen ett tiotal kg N/ha återfanns i ogräsets ovanjordiska växtdelar i dessa led. I leden med rajgräs under de tidigare åren blev dock ogräsmängden liten, troligen genom konkurrens mellan rajgräset och ogräset (jmf. Beck-Friis et al., 1994; Ohlander et al., 1996b).

Obearbetad mark på hösten och höstsäd godkänns i Sverige som grön mark, främst genom mindre höstmineralisering av kväve (jmf. Stenberg et al., 1995 och 1997). Ogräs och annan grön vegetation på stubbåker om hösten kan dock tänkas ha en effekt som liknar insådda fånggrödors genom ett visst kväveupptag. Redan vid skörden på sensommaren eller förhösten finns ogräsplantor, som kan växa vidare. Härtill gror spillsäd, som kan växa tills frosten kommer.

Vid provtagning av ogräs och spillsädesgrönka efter höstvete i Östadsförsöket i början av november 1994 i leden utan stubbearbetning (led 3-8) fastställdes 250-500 kg ts/ha i ovanjordisk biomassa med ett kväveinnehåll på 6-12 kg N/ha (tabell 17). Den utlakningsbegränsande effekten av denna vegetation synes dock ha varit sämre än den genomsnittliga effekten av rajgräs som fånggröda i led 3 (med konventionell jordbearbetning i form av höstplöjning), där som nämnts i medeltal 13 kg N/ha återfanns i de ovanjordiska växtdelarna efter insådd i vårsäd.

Höstvetets kväveupptag i de ovanjordiska växtdelarna fram till senhösten blev ännu mindre. Ett N-innehåll på 2-11 kg/ha fastställdes som medeltal för provtagningar under tre höstar. Mängden ovanjordisk biomassa varierade från ca 60 kg till 275 kg/ha. Medeldatum för sådden var den 17 september. Vid sådd, som i detta fall i normal tid på hösten, tycktes höstvete inte kunna ta upp lika mycket kväve som en måttligt väl utvecklad rajgräsfånggröda. Detta bekräftas av undersökningar publicerade av Torstensson et al. (1995) och Aronsson (1995a).

Som utlakningsbegränsande odlingsfaktorer utgör ogräs, grodd spillsäd och höstvete (sått i normal tid på hösten) således sämre alternativ än rajgräs som insådd fånggröda.

Tabell 17. Tillväxt (kg ts/ha) och kväueupptag (total-N, kg/ha) hos ogräs i ärtgröda vid ärternas gulmognad (datum för provtagning, 26/8 1993), hos ogräs på senhösten efter höstvetete (datum för provtagning: 2/11 1994) och hos höstvetebrodd på senhösten (medeldatum för 3 provtagningar: 31/10). Höstvetetet såddes i medeltal den 17 september. Värden med samma bokstav är inte signifikant skilda ($p < 0,05$) på signifikansnivån 5 %. Bokstäverna skall jämföras lodrätt

Led	Jordbearbetning	Fånggröda	Kväve- gödning %	Ogräs vid ärternas mognads- stadium 10, den 26/8		Ogräs på senhösten efter höstvetete, den 2/11		Höstvetebrodd på senhösten, den 31/10	
				kg ts/ha	kg N/ha	kg ts/ha	kg N/ha	kg ts/ha	kg N/ha
1	Konventionell	Utan fånggröda	100	137 ^a	3 ^a	-	-	168 ^b	7 ^b
2	Minimerad	Utan fånggröda	100	625 ^a	12 ^a	-	-	275 ^a	11 ^a
3	Konventionell	Rajgräs	100	170 ^a	3 ^a	253 ^a	6 ^a	63 ^c	2 ^c
4	Minimerad	Rajgräs	100	246 ^a	5 ^a	314 ^a	9 ^a	100 ^{bc}	4 ^c
5	Konventionell	Rödklöver	100	344 ^a	8 ^a	364 ^a	10 ^a	63 ^c	3 ^c
6	Konventionell	Rödklöver	75	594 ^a	12 ^a	492 ^a	12 ^a	114 ^{bc}	5 ^{bc}
7	Minimerad	Rödklöver	100	346 ^a	7 ^a	251 ^a	7 ^a	66 ^c	3 ^c
8	Minimerad	Rödklöver	75	762 ^a	14 ^a	391 ^a	10 ^a	110 ^{bc}	4 ^c
Jordbearbetning									
Konventionell				249 ^a	5 ^a	290 ^a	8 ^a	99 ^b	4 ^b
Minimerad				557 ^a	11 ^a	399 ^a	10 ^a	164 ^a	6 ^a
Fånggröda									
Utan fånggröda				381 ^a	8 ^a	-	-	222 ^a	9 ^a
Rajgräs				208 ^a	4 ^a	284 ^a	8 ^a	82 ^b	3 ^b
Rödklöver				469 ^a	10 ^a	428 ^a	11 ^a	88 ^b	4 ^b
Rödklöver				554 ^a	10 ^a	321 ^a	9 ^a	88 ^b	3 ^b

Mineralkväve i markprofilen

De mängder mineralkväve som fanns i marken vid den tidpunkt på sensommaren då grödornas N-upptagning avslutades avspeglar de mängder utlakningsbart kväve som lämnades kvar av grödan. Av tabell 18 framgår att de utnyttjade mineralkväveförråden (0-90 cm djup) vid avslutad N-upptagning varierade från 13 till 48 kg N/ha. Några klara skillnader mellan led med och utan fånggröda och mellan de använda jordbearbetningsmetoderna kan knappast utläsas vid denna tidpunkt. I de båda leden utan fånggröda återstod dock mer mineralkväve vid minimerad jordbearbetning än med konventionell bearbetning. Orsaken kan vara sämre utnyttjande av tillfört gödselkväve vid minimalbearbetning till följd av lägre skördar. Vidare fanns det en tendens till mer mineralkväve i led 7 och 8 med rödklöver och minimerad jordbearbetning. Dessa båda led uppvisade i genomsnitt också de sämsta skördarna (tabell 10).

Av figur 2 framgår att mineralkväveresterna vid odling av höstvetete 1992 var mycket stora vid avslutad kväveupptagning, uppenbarligen till följd av låg skörd av denna gröda. Våren var våt och kall, varför N-gödslingen utfördes sent. Därefter kom det inte nederbörd förrän efter sju veckor, vilket kan ha hämmat kvävetillsättningen och därmed N-upptagning och tillväxt. Kväveutnyttjandet 1992 blev sämre än för höstvetetet 1990 och 1994 (figur 2). Under hösten 1992 minskade kvävemängderna i marken mycket påtagligt. Minskningarna förklaras knappast av ogräsets och spillsädesgrönskans kväveupptag på hösten, varför immobilisering i halm och andra växtrester och/eller kväveförluster återstår som förklaringar. Nederbörden efter provtagningen vid avslutad N-upptagning och fram till senhösten blev mycket stor (drygt 250 mm vid Vänersborg). Betydande N-förluster kan därför ha uppkommit.

Fram till senhösten ökade mängderna mineralkväve generellt något efter ärterna (tabell 18), trots att höstvetete såtts. Det är uppenbart att höstvetets ringa kväveupptag under hösten efter sådd i normal tid (tabell 17) inte kunde motverka den anhopning av mineraliserat kväve som ärterna uppenbarligen gav upphov till (jmf. Lindén, 1984). Dessa förhållanden torde ha ökat kväveutlakningsrisken. Mängderna mineralkväve i marken efter ärterna minskade från hösten till våren (tabell 18), vilket också tyder på kväveförluster.

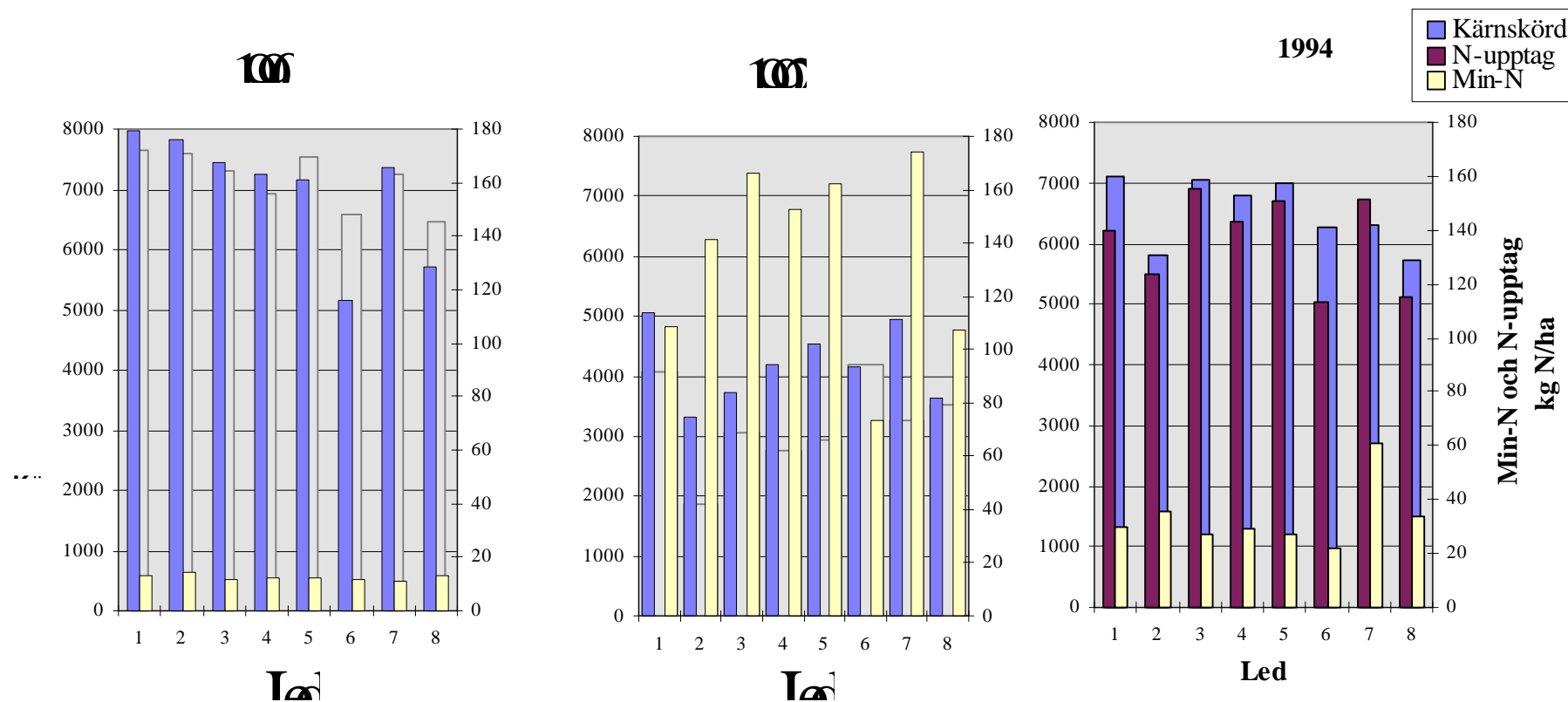
Kväveförråden på hösten efter ärterna blev större än efter vårsädesgrödorna (se även figur 3). Efter korn och havre minskade mineralkvävemängderna generellt något från provtagningen på sensommaren till senhösten utom i led 1 (med stubbearbetning under den tidigare delen av hösten men utan fånggröda). Särskilt små mängder återfanns på senhösten i leden med rajgräs, men även i klöverleden reducerades mineralkväveförråden något. Det är troligt att fånggrödornas höstillväxt här motverkat anhopning av mineraliserat kväve i marken under hösten. Någon tydlig skillnad i inverkan av konventionell och minimerad jordbearbetning på mineralkvävet i marken och därmed på kväveutlakningsrisken kunde däremot inte iakttagas på senhösten och ej heller under våren därefter. Före mineralkväveprovtagningen på senhösten rådde det ju ej heller någon olikhet mellan konventionell och minimerad bearbetning i fråga om bearbetningsåtgärder. Skillnader uppkom först senare under hösten, efter det att marken plöjts respektive stubbearbetats. Att förhållandena endast ändrades i mycket liten utsträckning fram till våren torde bero på att kväveomsättningarna i marken endast pågick långsamt p.g.a. de lägre marktemperaturerna under vintern.

Fram till våren ökade emellertid mineralkvävemängderna generellt efter stråsådesgrödorna och vårrapsen (tabell 18). Ökningarna var störst efter vårrapsen, vilket antyder att denna gröda medgav större N-leverans i detta avseende än stråsåden. Det är troligt att en del av kvävetillskottet ägde rum först på våren, då marktemperaturen börjat stiga igen.

Tabell 18. Mineralkväve (kg N/ha) inom 0-90 cm markdjup vid sen degmognad hos stråsåden och motsvarande utvecklingsstadier hos vårraps och ärter (medeldatum: 18/8) samt på senhösten (medeldatum:28/10) och tidigt på våren året efter (medeldatum: 12/4). Medeltal för hela försöksperioden 1989-1994

Led	Jordbearbetning	Fånggröda	Kväve-gödsl., %	Tidpunkt för jordprovtaning	Korn I	Vårraps	Havre	Korn II	Ärter	H-vete	Medeltal för alla grödor	Medeltal för vårsäd
Sen degmognad o.l.												
1	Konv.	Utan fånggr.	100		17	22	14	23	21	21*	20	18
2	Minim.	Utan fånggr.	100		25	29	14	34	23	25*	25	24
3	Konv.	Rajgräs	100		16	22	13	23	23	20*	19	17
4	Minim.	Rajgräs	100		15	34	13	25	24	21*	22	18
5	Konv.	Rödklöver	100		20	24	13	25	22	20*	21	19
6	Konv.	Rödklöver	75		14	22	13	24	26	17*	19	17
7	Minim.	Rödklöver	100		16	39	14	48	24	36*	29	26
8	Minim.	Rödklöver	75		16	35	16	36	21	23*	24	22
Senhöst												
1	Konv.	Utan fånggr.	100		20	20	16	17	25	25	21	18
2	Minim.	Utan fånggr.	100		17	19	16	18	24	24	20	17
3	Konv.	Rajgräs	100		12	13	12	13	22	22	16	12
4	Minim.	Rajgräs	100		13	16	11	15	26	20	17	13
5	Konv.	Rödklöver	100		14	18	15	17	31	29	21	15
6	Konv.	Rödklöver	75		14	20	15	17	34	21	20	15
7	Minim.	Rödklöver	100		16	23	16	22	35	23	23	18
8	Minim.	Rödklöver	75		15	25	18	22	31	24	22	18
Tidig vår												
1	Konv.	Utan fånggr.	100		18	41	19	28	22	30	27	22
2	Minim.	Utan fånggr.	100		20	41	18	28	20	30	26	22
3	Konv.	Rajgräs	100		21	29	17	30	18	26	24	23
4	Minim.	Rajgräs	100		21	31	16	30	18	25	23	22
5	Konv.	Rödklöver	100		26	39	22	40	23	29	30	29
6	Konv.	Rödklöver	75		24	32	22	31	21	26	26	26
7	Minim.	Rödklöver	100		21	38	24	33	21	23	27	26
8	Minim.	Rödklöver	75		25	42	27	42	23	27	31	31

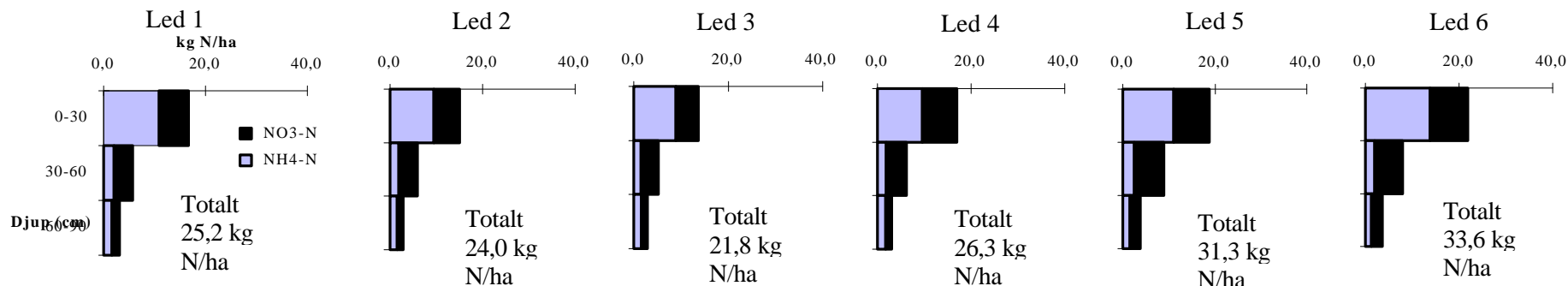
*) Medeltal för åren 1990 och 1994. Resultaten från den torra sommaren 1992 redovisas i figur 2.



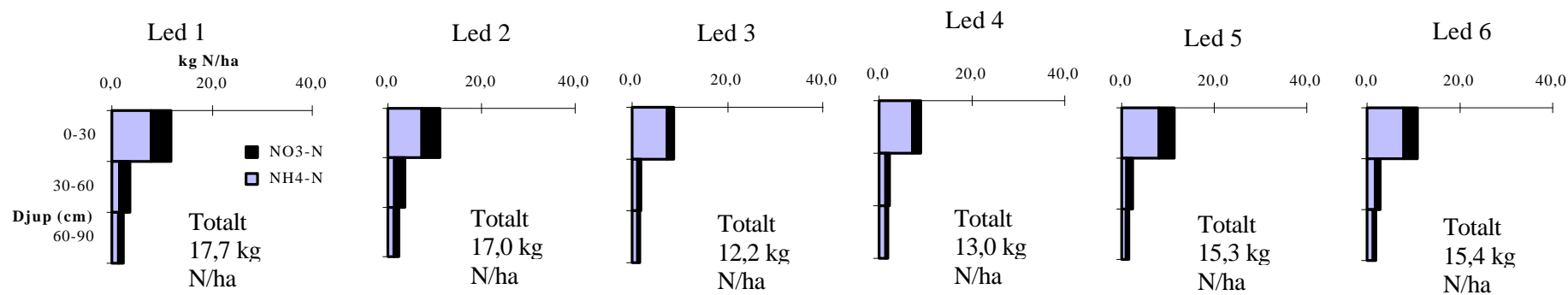
Figur 2. Kärnskördar (kg/ha, 15% vattenhalt), kväve i de ovanjordiska delarna av höstvetete (N-upptag, kg N/ha) och mineralkväve (min-N, kg N/ha) i marken (0-90 cm) vid avslutad N-upptagning på sensommaren i led med höstvetete 1990,1992 och 1994.

Led	Jordbearbetning	Fånggrödor	Kväve-gödsling, %
1	Konv.	Ej fånggr.	100
2	Minim.	Ej fånggr.	100
3	Konv.	Rajgräs	100
4	Minim.	Rajgräs	100
5	Konv.	Rödklöver	100
6	Konv.	Rödklöver	75
7	Minim.	Rödklöver	100
8	Minim.	Rödklöver	75

Efter ärter och ingen fånggröda sådd.



Efter vårsäd med insädd av fånggröda i led 3-6.



Led	Jordbear- betning	Fång- grödor	Kväve- gödsl. %
1	Konv.	Ej fånggr.	100
2	Minim.	Ej fånggr.	100
3	Konv.	Rajgräs	100
4	Minim.	Rajgräs	100
5	Konv.	Rödklöver	100
6	Konv.	Rödklöver	75

Figur 3. Mineralkväve i marken på senhösten efter ärter och vårsäd. Medeltal för hela försöksperioden 1989-1994.

Kol-kvävekvoter i nedbrukat fånggrödmaterial och mineralkväve i marken på våren

I det fånggrödmaterial som provtogs höstarna 1992-94 erhöles vid analys kol-kvävekvoter i intervallet 11-24 utan påtagligare skillnader mellan rajgräs och klöver (tabell 19). Rajgräs efter stråsäd hade dock något högre genomsnittskvot än klöver. Resultaten tyder på att nettomineralisering kan ha ägt rum inom relativt kort tid efter nedbrukningen av klövermen även efter rajgräset (se nedan). Mineralkvävemängderna i marken (0-90 cm djup) efter rajgräset ökade i överensstämmelse härmed något från senhösten till tidig vår, från i medeltal mindre mängder på senhösten än i andra led till i nivå med leden utan fånggröda men mindre än efter rödklöver (tabell 18). Mest mineralkväve tidigt på våren erhöles således efter rödklövern. Man hade också kunnat väntat sig tilltagande N-frigörelse efter nedbrukningen av klövermen (jmf. Beck-Friis et al., 1994).

Tabell 19. Kol-kvävekvoter (C/N) i de ovanjordiska delarna av fånggrödor och ogräs. Analyserna avser dels fånggrödor provtagna före nedbrukning på senhöstarna 1992, 1993 och 1994 (medeldatum för provtagning: 1/11) och dels ogräs och grodd spillsädd provtagna den 2/11 1994 efter höstveten. Värderna med samma bokstav är inte signifikant skilda ($p < 0,05$) på signifikansnivån 5 %. Bokstäverna skall jämföras lodrätt

Led	Jordbearbetning	Fånggröda	Kväve-gödsling %	Fånggröda efter korn I, korn II och havre	Fånggröda efter vårraps	Ogräs och grodd spillsädd efter höstveten
1	Konventionell	Utan fånggr.	100	-	-	-
2	Minimerad	Utan fånggr.	100	-	-	-
3	Konventionell	Rajgräs	100	21 ^a	17 ^{ab}	15 ^{ab}
4	Minimerad	Rajgräs	100	24 ^a	11 ^c	14 ^b
5	Konventionell	Rödklöver	100	15 ^c	16 ^b	14 ^b
6	Konventionell	Rödklöver	75	19 ^{bc}	18 ^a	16 ^a
7	Minimerad	Rödklöver	100	15 ^c	16 ^b	14 ^b
8	Minimerad	Rödklöver	75	18 ^{bc}	17 ^{ab}	15 ^{ab}
Jordbearbetning						
				Konventionell	17 ^b	16 ^a
				Minimerad	20 ^a	16 ^a
		Fånggröda	N-gödsl. %			
		Utan fånggr.	100	-	-	-
		Rajgräs	100	23 ^a	14 ^a	15 ^a
		Rödklöver	100	17 ^b	17 ^a	15 ^a
		Rödklöver	75	17 ^b	14 ^a	15 ^a

Kvävebalanser

De jämförelsevis ringa kväveutbytena med avseende på kvävemängderna i skördeprodukterna (tabell 13) i relation till tillförseln av gödselkväve väcker frågan, vart det kväve som grödorna hade till förfogande tog vägen. Detta belyses för vårsäd (korn I och havre) i kvävebalanser i tabell 20. Beräkningarna inskränks till led 1-3. I led 3 ingick rajgräs som fånggröda (tabell 2).

I balanserna belyses hur mycket kväve som grödorna hade till förfogande: mineralkväve i marken på våren (i mitten av april, se tabell 18), tillförsel av gödselkväve (tabell 6) och beräknat kväve

neraliseringstillskott under växtsäsongen (från tidig vår till avslutad N-upptagning vid sen degmognad). Värden på nettofrigörelsen av kväve har hämtats från Lindén et al. (1992), varigenom ett N-mineraliseringstillskott på 40 kg N/ha uppskattats med avseende på led 1 (konventionell jordbearbetning och utan fånggröda) vid den mullhalt (drygt 4 %) som rådde i jorden på försöksplatsen vid Östad. För led 2 med minimerad jordbearbetning har med ledning av uppgifter från Lindén et al. (1993b) en N-frigörelse på 90 % av mängden i led 1 beräknats. I led 3 med fånggröda (rajgräs) och konventionell bearbetning har samma N-mineralisering som i led 1 antagits på basis av uppgifter från Lindén et al. (1993b) och Wallgren & Lindén (1994).

Tabell 20. Kvävebalanser (kg N/ha) avseende odling av vårkorn (korn I) och havre i tre led:

- Led 1: Konventionell bearbetning, utan fånggröda
 Led 2: Minimerad bearbetning, utan fånggröda
 Led 3: Konventionell bearbetning, rajgräs som fånggröda

Kväveslag	Korn I			Havre		
	Led 1	Led 2	Led 3	Led 1	Led 2	Led 3
<u>Kväve till förfogande för grödorna</u>						
Mineralkväve (0-90 cm) i marken på våren	18	20	21	19	18	17
Tillfört mineralgödselkväve	100	100	100	100	100	100
Beräknat N-mineraliseringstillskott	40	36	40	40	36	40
Summa kväve till förfogande	158	156	161	159	154	157
<u>Kväve återfunnet vid sen degmognad</u>						
Kväve upptaget i huvudgröda och i fånggröda	116	103	101	103	99	100
Mineralkväverest (0-90 cm)	17	25	16	14	14	13
Summa återfunnet kväve	133	128	117	117	113	113
Differens = ej återfunnet kväve	25	28	44	42	41	44

I balanserna redovisas vidare kväve återfunnet vid sen degmognad dels som överblivet mineralkväve i marken (tabell 18) och dels som kväve i gröda (tabell 12) och fånggröda (tabell 13a), varvid det antagits att kvävemängden i rötterna utgjorde 25 % av N-innehållet i hela stråsädesgrödan (jmf. Jansson, 1966; Hansson et al., 1987). Samma antogs för fånggrödan (jmf. Jensen, 1991).

Av balanserna framgår, att av de mängder kväve som stod till grödornas förfogande kunde 25-44 kg N/ha inte återfinnas. Om man antar att ingen utlakning av kväve ägde rum från våren (i mitten av april) till sen degmognad (i mitten av augusti), måste det ej redovisade kvävet hänföras till N-immobilisering, gasformiga förluster från marken eller förluster av kväve från grödan. Då vårrapporten generellt uppvisade mindre kväveinnehåll än vårsäden trots större N-gödsling, torde de ej återfunna N-mängderna ha varit ännu större vid odling av denna gröda. Den antagna N-frigörelsen under växtsäsongen motsvarar medelförhållanden på gårdar utan djur (Lindén, 1987). Fältet på försöksplatsen kan hänföras till sådana odlingsbetingelser. Sätts N-mineraliseringen ännu lägre, blir de ej återfunna kvävemängderna emellertid mindre.

Merkostnader för insådd av rajgräs och rödklöver

Den utlagningsbegränsande förmågan hos rajgräs som insådd fånggröda måste vägas mot de ekonomiska konsekvenserna. Detta belyses i tabell 21, där en kostnadskalkyl redovisas på basis av förhållandena i led 3 (tabell 2) med rajgräs som fånggröda och konventionell jordbearbetning. Som framgår av tabell 10 uppgick den skördesänkande effekten av rajgräset i led 3 till i medeltal 9 % av avkastningen vid odling av vårsäd.

Tabell 21. Kostnader för insådd av fånggrödor i vårsäd vid konventionell bearbetning. Drivmedels- och arbetskostnader avser sådd och vältning av fånggröda. En sprutning med Roundup vart fjärde år (mot rotogräs) antas ersätta stubbearbetning, eftersom man inte kan stubbearbeta efter skörden pga fånggrödan. Sprutningen tas därför inte upp som merkostnad. Skördeminskningen vid insådd av rajgräs baseras på fastställt medeltal för vårsädesleden under hela försöksperioden 1989-1994

Rajgräs:

	Kvantitet	à pris	Kronor
Skördeminskning (9%), kg/ha	430	0,96	413
Utsäde, kg/ha	10	20,90	209
Drivmedel, 12 lit/tim, 0,7 tim	8,4	4,75	40
Arbete, tim/ha	0,7	130,00	91
		Summa:	753

Rödklöver:

	Kvantitet	à pris	Kronor
Skördeminskning, kg/ha	0	-	-
Utsäde, kg/ha	10	46,80	468
Drivmedel, 12 lit/tim, 0,7 tim	8,4	4,75	40
Arbete, tim/ha	0,7	130,00	91
Basagran MCPA, liter/ha	3,5	102,00	233*
		Summa:	832

*) Endast merkostnader utöver ogräsbekämpning i vårsäd utan klöverinsådd.

I beräkningarna i tabell 21 har spannmålspriset satts till 0,96 kr per kg kärna. Skördebortfallet har beräknats utifrån en avkastning på 4800 kg kärna per ha vid årlig insådd av rajgräs i vårsäd (tabell 10). Vidare har det för god etablering räknats med en utsädesmängd på 10 kg/ha, dvs. som i Östadsförsöket, även om 3-8 kg rekommenderas för rajgräs (Ohlander et al., 1996b). Sås fånggrödorna in genom separat sådd, uppkommer kostnader för drivmedel och arbete, vilka också beaktats. Övriga maskinkostnader (underhåll, fasta maskinkostnader och ränta på rörelsekapital) har inte tagits med i kalkylen. För att motverka ökad förekomst av rotogräs, genom att stubbearbetning inte kan utföras i befintlig fånggröda, kan det behövas en behandling med Roundup på hösten vart fjärde år. Kostnaden för denna antas dock motsvara kostnaden för stubbearbetning, som skulle ha utförts i vart fall under vissa av åren om ingen fånggröda såtts. Någon kostnad för Roundup-behandling tas därför inte med i kalkylen. Det förutsätts vidare att jorden är en mellanlera, varför marken plöjs på hösten. Eftersom EU-bidrag till fånggrödor för närvarande endast utgår om dessa plöjs ned på våren, kan sådant stöd inte tas med som intäkt.

Av tabell 21 framgår att de samlade merkostnaderna för rajgräs som fånggröda i detta fall skulle uppgå till 753 kr/ha. Minskas utsädesmängden till 5 kg/ha, reduceras kostnaderna till 649 kr/ha, förutsatt att skördeminskningen förblir densamma. Halveras sedan i sin tur skördebortfallet, återstår en total kostnad på ca 443 kr/ha.

Skall klöverarter godkännas som grön mark, måste de stå kvar över vintern. I Östadsförsöket plöjdes fånggrödorna ned på senhösten. Rödklöverinsådden får då betraktas som en slags mellangröda sådd i grüngödslingssyfte. En kalkyl för etablering av rödklöver som mellangröda redovisas i tabell 21 på basis av förhållandena i led 5 (tabell 2) med konventionell jordbearbetning och med samma skörd av huvudgrödan (vårsäd) som utan fånggröda (tabell 10). I beräkningarna ingår för båda fånggrödorna kostnader för drivmedel och arbete vid sådd och vältning. Då det är vanligt i Västsverige att inte välta vid sådd av vårsäd, har det i kalkylen antagits att vältning endast utförs efter insådd av fånggröda. Kemisk ogräsbekämpning avses ske i både rajgräs och rödklöver, men eftersom bekämpningen blir dyrare i rödklöver genom användning av Basagran MCPA, har det i detta fall räknats med en merkostnad utöver bekämpningen i rajgräs (med Express).

Beräkningarna i tabell 21 visar, att merkostnaderna för etablering av rödklöver som grüngödsling mellangröda skulle uppgå till 832 kr/ha. Halveras utsädesmängden minskas kostnaderna till 598 kr. Skall åtgärderna bli lönsamma, fordras att rödklövern får som efterverkan skördestegringar på minst 867 resp. 623 kg kärna per ha vid ett spannmålspris på 0,96 kr/kg. I försöket på Östad erhöles tydliga positiva skördeeffekter först efter sex år.

Vid odling av rajgräs och rödklöver som fånggrödor kombinerade med minimerad jordbearbetning blev skördebortfallet i Östadsförsöket (tabell 10) ännu större än i beräkningarna ovan, varför denna kombination får betraktas som ekonomiskt orealistisk i det praktiska jordbruket.

Tabell 22. Arbets- och drivmedelskostnader för konventionell och minimerad jordbearbetning vid sådd av vårsäd. Kostnad för kemisk bekämpning (vart fjärde år) har även tagits med för den minimerade jordbearbetningen pga risken för uppförökning av roto-gräs. Den uppskattade bränsleförbrukningen och arbetsinsatsen bygger på en traktorstorlek på 120-140 hk

Konventionell jordbearbetning	Tim/ha	Liter/ha	à pris	Kronor
Stubbearbetning	0,3			
Plöjning	1,2			
Harvning, 3 st à 0,25 tim	0,75			
Sådd, konventionell	0,4			
Totalt arbetsbehov	2,65		130	345
Drivmedel		57	4,75	269
			Summa:	614
Minimerad jordbearbetning				
Stubbearbetning, 2 st	0,6			
Harvning	0,25			
Direktsådd (Rapid)	0,5			
Sprutning (Roundup vart 4:e år)	0,05			
Totalt arbetsbehov	1,4		130	182
Roundup (vart 4:e år)		3,5	79	69
Drivmedel		30,2	4,75	143
			Summa:	394*

*) Kostnaden för den minimerade jordbearbetningen utgör 64 % av den konventionella.

Kostnader vid minimerad jordbearbetning

Frågan är om minimerad jordbearbetning, utan odling av fånggrödor, kan ge godtagbar ekonomi genom lägre kostnader trots skördesänkningar, som i Östadsförsöken uppgick till i medeltal 18 % för vårsäd under åren 1989-94 (se led 2, tabell 10). I tabell 22 visas kostnaderna för konventionell jordbearbetning (motsvarande led 1) i jämförelse med minimerad bearbetning (led 2) för etablering av vårsäd. I det konventionella systemet har det räknats med stubbearbetning en gång under hösten, plöjning på senhösten, harvningar tre gånger under vårbruket och sådd med konventionell såmaskin (ej kombisådd). Detta ger här en total kostnad på 614 kr/ha. I minimalbearbetningen ingår tvåstubbearbetningar, som utföres istället för plöjning sent på hösten, harvning en gång i vårbruket och därefter direktsådd. För att motverka risken för uppförökning av rotagräs har det räknats med kemisk bekämpning på hösten med Roundup vart fjärde år. De samlade kostnaderna blir då i systemet med minimerad bearbetning 394 kr/ha. Detta motsvarar 64 % av kostnaderna vid konventionell bearbetning eller en minskning med 220 kr/ha.

ÖVERGRIPANDE DISKUSSION OCH SLUTSATSER

Skördar av huvudgrödorna

Den minimerade jordbearbetningen medförde lägre skördar av alla grödor under åren 1989-94 (tabell 10) än konventionell bearbetning utan odling av fånggröda (led 1). En orsak synes vara att stubbearbetningen på senhösten och direktsådden medförde ojämnare uppkomstförhållanden än konventionell jordbearbetning och sådd, vilket visade sig genom mindre planttäthet på våren (tabell 5). I leden med fånggröda i kombination med minimerad bearbetning blev planttätheten som sämst, uppenbarligen genom att ofullständigt nedbrukade och avdödade fånggrödeplantor försämrade gröningsbetingelserna. Vårapsen drabbades värst. Även i höstvetet blev planttätheten i medeltal mindre vid minimerad bearbetning. Däremot synes inte ogräsförekomsten ha skilt sig så mycket mellan konventionell och minimerad jordbearbetning (tabell 15 och 16), att skördarna nämnvärt påverkats.

Även odlingen av fånggrödor gav skördesänkningar, utom insådd av klöver i vårsäd i kombination med normal N-gödsling till huvudgrödan och konventionell jordbearbetning (led 3). I leden med minimerad jordbearbetning berodde detta som nämnts på att fånggrödorna inte så lätt kunde avdödas på senhösten. Orsaken var bl.a. att stubbearbetningen på senhösten kom att utföras när jorden var blöt och vädret fuktigt. Överlevande fånggrödeplantor i leden med minimerad jordbearbetning medförde sedan kraftiga skördesänkningar i efterföljande års gröda. Slutsatsen är att plöjning är mest effektiv för avdödning av fånggrödorna. Ett alternativ vid minimerad jordbearbetning kunde vara att döda fånggrödorna tillsammans med ogräs genom kemisk bekämpning på hösten. Detta hade troligtvis också förbättrat odlingsekonomin.

Oavsett möjlig N-efterverkan av rajgräset med åren sänkte detta vårsädens avkastning med i medeltal 9 % vid konventionell jordbearbetning (led 3), där skördebortfallet dock inte blev så stort som i motsvarande led med minimerad bearbetning (led 4), se tabell 10. Det angivna värdet överensstämmer med resultat från ett flerårigt försök på lerjord vid Lanna i Västergötland (Lindén et al., 1993b), där skördeminskningarna vid odling av rajgräs som fånggröda uppgick till 7-14 %. Det är emellertid mer än som redovisats i undersökningar med ettåriga försök i Sverige, där man i allmänhet uppmätt skördeförluster på 0-6 % efter sådd av fånggrödorna samma dag som huvudgrödan eller högst tre dagar senare (Kvist, 1992; Wallgren & Lindén, 1994; Ohlander et al.

1996a). Liknande resultat har erhållits för röd- och vitklöver. Børresen (1995) i Norge konstaterade smärre skördesänkningar vid årligen återkommande odling av rajgräs som fånggröda insådd i vårsäd, men i ett försök där rajgräs såddes in vart annat år erhöles i medeltal samma skördar som utan fånggröda. Slutsatsen är att man utöver kostnaderna att så in fånggrödor måste räkna med ett varierande intäktsbortfall genom skördesänkning, även om viss kväveefterverkan av återkommande insådd av klöver kan kompensera dess konkurrens gentemot huvudgrödan. Man måste vidare av ekonomiska skäl avråda från insådd av fånggrödor i vårraps, genom att denna gröda uppenbarligen konkurrerar sämre med insådderna.

Positiva skördeeffekter av både fånggrödorna och av den minimerade jordbearbetningen erhöles emellertid under efterverkansåret 1995, även om skördenivåerna på grund av både vatten- och torkskador under denna sommar starkt nedsatte skördarna. Inga fånggrödor såddes in 1995 och marken hade plöjts i alla led hösten 1994. En möjlig orsak till de gynnsamma effekterna kan vara ökad N-leverans från jorden. Detta motsägs dock av att kväveskördarna (dvs. totalkvävemängderna i kärnskördarna) inte blev större än i ledet med konventionell bearbetning och utan fånggröda. En annan möjlighet är positiva struktureffekter på marken genom den minimerade bearbetningen och kanske även av fånggrödorna, vilket kom till uttryck i samband med vätan försommaren 1995. Att den minimerade bearbetningen förbättrat markstrukturen märktes även vid plöjningen hösten 1994. Eftersom den negativa skördeeffekten av minimerad jordbearbetning bröts 1995, kan det vara plöjningen i dessa led på hösten 1994 som utlöste positiva effekter.

Huvudgrödornas kväveupptag och kväveutnyttjande

De mängder kväve som huvudgrödorna tog upp i de ovanjordiska växtdelarna var mindre i leden med minimerad jordbearbetning och fånggrödor än vid konventionell bearbetning och utan fånggröda (tabell 12). Detta tyder på att dessa odlingsåtgärder inte medförde någon positiv kväveefterverkan under åren fram till 1994, med undantag av klövern i led 5 med normal N-giva till huvudgrödan och konventionell bearbetning. De uppnådda värdena på kväveupptaget torde dock avspegla en balans mellan å ena sidan en möjlig positiv effekt genom kväveleverans från nedplöjt fånggrödematerial och å andra sidan konkurrens från fånggrödorna, som även under växtsäsongen tagit upp kväve från marken, troligtvis också klövern (jmf. tabell 14a).

Fånggrödorna medförde mot förväntan ej heller ökade kväveskördar i kärna och frö hos huvudgrödorna, se tabell 13. Även detta tyder på huvudsakligen utebliven kväveefterverkan fram t.o.m. 1994. Kväveutbytet eller gödslingseffektiviteten beräknad som det procentuella förhållandet mellan kväve i skördeprodukterna och kväve tillfört med mineralgödsel uppgick endast till ca 50 %. I ett försök vid Mellby i Halland fastställde Lindén et al. (1993a) kväveutbyten på i medeltal 82 % vid odling av vårsäd och 68 % efter insådd av rajgräs som fånggröda i vårsäden. Vid Lanna fastställdes i motsvarande behandlingar N-utbyten på 81 resp. 75 % (Lindén et al., 1993b).

Kväveupptaget blev minst vid minimerad jordbearbetning. Detta kan tolkas som att gödselkvävet utnyttjats sämre av grödan särskilt där fånggrödorna konkurrerade om kvävet. Förklaringen kan dock också vara att den minimerade bearbetningen under både hösten (stubbearbetning på senhösten) och våren (direktsådd) medförde mindre kväveminalisering under växtsäsongen.

För spannmålsgrödorna sammanhänger det ringa kväveutbytet i Östadsförsöket inte i så hög grad med liten avkastning (tabell 10) som med generellt sett låga totalkvävehalter i kärnskördarna. Resultaten tyder vidare på denitrifikationsförluster särskilt under fuktigare vår- och försommarperi-

oder, troligtvis i kombination med liten kväve mineraliserande förmåga hos marken. Jorden på denna plats var blötare på våren än på andra fält i trakten, vilket tyder på sämre dränering. En annan orsak till större denitrifikation kan vara den ensidiga öppna växtodlingen som bedrivits under ett tiotal år med ökad markpackning som följd. Frågan vart kvävet tagit vägen diskuteras ytterligare nedan i avsnittet med kvävebalanser.

Fånggrödornas tillväxt och kväveupptag under sommaren och hösten

Rajgräset växte till måttligt under sommaren och hösten i led 3 med konventionell jordbearbetning och innehöll där i medeltal 13 kg N/ha i de ovanjordiska delarna vid tiden för plöjningen på senhösten (tabell 14a och 14b). Om det antas att rötterna innehöll 25 % av den totalt upptagna kvävemängden (jmf. Jensen, 1991), blir det samlade kväveupptaget 17 kg N/ha. I motsvarande led med rödklöver innehöll de ovanjordiska delarna 26 kg N/ha.

I leden med minimerad jordbearbetning växte fånggrödorna sig som nämnts alltför kraftiga under sommaren, genom att fånggrödeplantor övervintrat och bildade ett kraftigt ogräs i huvudgrödan, särskilt i vårrapsen. Fånggrödornas biomassetillväxt under sommaren uppgick vid minimerad jordbearbetning till i medeltal ca 1900 kg ts/ha, med enskilda värden upp till 3700 kg. Kväveinnehållet i de ovanjordiska växtdelarna varierade från 10 till 75 kg/ha, mest där de odlades i vårraps.

I de konventionellt jordbearbetade leden tycks fånggrödorna inte ha utövat någon större konkurrens gentemot huvudgrödorna, när dessa utgjordes av stråsåd. Däremot synes vårraps som ovan framgått inte vara lika väl lämpad som huvudgröda att så in i. Vårrapsen är senare i utvecklingen än korn och havre och utsätts därmed för större konkurrens från fånggrödorna. Följden blir sämre tillgång på bl.a. kväve för vårrapsen, och förmodligen även vatten under torrare förhållanden. Generellt sett synes inte minimerad jordbearbetning och odling av fånggrödor passa ihop p.g.a. risken för övervintrande fånggrödeplantor, som blir till ogräs och konkurrerar med huvudgrödan om bl.a. kvävet i marken. För att avdöda fånggrödeplantorna effektivt skulle uppenbarligen en mycket intensiv stubbearbetning ha behövts, varför jordbearbetningen i praktiken knappast skulle förbli minimerad. När marken som så ofta på senhösten dessutom är mycket våt, är det dock svårt att stubbearbeta kraftigt och få god verkan därav.

Tillväxt och kväveupptag på hösten i ogräs, grodd spillsäd och höstvetebrodd

Ogräs och spillsädesgrönska, som växte på hösten efter höstvetet fram till nedplöjning eller inarbetning i marken genom stubbearbetning på senhösten, innehöll ett tiotal kg N/ha i de ovanjordiska växtdelarna. Härtill kommer att obearbetad mark som ovan nämnts synes medföra mindre kväve mineralisering (Stenberg et al., 1995 och 1997). Denna effekt tillsammans med ogräsets och spillsädesgrönskans kväveupptag kan tänkas minska risken för N-utlakning under hösten och vintern (Stenberg et al., 1997), särskilt på jordar med liten kväve mineraliserande förmåga såsom på gårdar utan djurhållning och med liten anhopning av mineraliserat kväve i marken på hösten (Lindén, 1987). Rajgräs som fånggröda tycks dock vara effektivare genom större N-upptag, samtidigt som marken då ej heller bearbetas förrän på senhösten. Höstvetet, som i genomsnitt såddes den 17 september, producerade fram till senhösten ca 60-275 kg ovanjordisk biomassa, som innehöll 3-11 kg N/ha. Vetet såddes efter ärter, där mer mineralkväve återfanns inom 90 cm markdjup på senhösten än vid tiden för ärternas mognad (tabell 18). Mängderna efter ärterna var

på senhösten 8-20 kg N/ha större än efter vårsäd med insådd av fånggrödor. Höstvetet förmådde således inte motverka effekten av den ökade N-mineralisering som uppkom efter ärterna. Även om höstvetete som sås i normal tid skulle ta upp ett tiotal kg N/ha (inkl. rötter) under hösten, kan uppenbarligen jordbearbetningen (plöjning och harvning) före sådden medföra så pass stor anhopning av höstmineraliserat kväve i marken fram till senhösten, att kväveutlakningen inte minskas i jämförelse med obesådd mark (jmf. Torstensson et al., 1995; Nilsson & Lindén, 1996). Som utlakningsbegränsande odlingsåtgärd synes således sådd av höstvetete i normal tid på hösten (i mitten av september i norra Götaland) vara ett sämre alternativ än rajgräs som insådd fånggröda, dels genom att höstsådden ej hinner växa till tillräckligt mycket på hösten och dels genom att den tidiga plöjningen stimulerar höstmineraliseringen mer än sen höstplöjning (jmf. Stenberg et al., 1995 och 1997). Tidigare sådd kan dock vara ett sätt att uppnå större kväveupptag under hösten.

Mineralkväve i markprofilen och kväveutlakningsrisker

Vid avslutad kväveupptagning under sensommaren var de kvarvarande, outnyttjade mineralkväveförråden i allmänhet små (tabell 18). Ett påfallande undantag konstaterades vid odling av höstvetete 1992, då sen N-gödsling följt av en torr sommar medförde nedsatt N-upptag och därmed sämre skörd (figur 2). Restkvävemängderna blev då mycket stora. Kvävet tycktes dessvärre i hög grad gå förlorat under den efterföljande hösten (tabell 18). Detta belyser vikten, dels av nederbörd efter övergödsling så att grödan förmår att maximalt ta tillvara kvävet i marken, dels av att så fånggrödor som kan minska risken för N-förluster under hösten och vintern, när huvudgrödans N-upptag sviktat. Behovet av fånggrödor gäller även efter höstvetete.

Mängderna mineralkväve i leden med minimerad jordbearbetning var av samma storlek både på senhösten och på våren som i de konventionellt bearbetade leden. Bearbetningsåtgärderna vid minimerad och konventionell jordbearbetning skilde sig åt först på senhösten, då stubbearbetningen eller kultiveringen respektive plöjningen utfördes samtidigt. Eftersom mineralkväveprovtagningen också ägde rum vid denna tidpunkt, visar analysvärdena enbart utgångsläget, då kväveomsättningarna kunde börja påverkas av bearbetningarna. Det är med hänsyn till de låga marktemperaturerna under tiden härefter och fram till våren troligt, att större skillnader i mängderna mineraliserat kväve inte hann uppkomma fram till provtagningen tidigt på våren. De likartade mineralkvävevärdena på våren i leden med konventionell och minimerad jordbearbetning tyder på detta. Därmed torde ej heller kväveutlakningsriskerna under hösten och vintern i leden med minimerad bearbetning ha skilt sig nämnvärt från leden med konventionell jordbearbetning. Det är som tidigare diskuterats troligt att det uppstod påtagligare skillnader mellan bearbetningssystemen i fråga om kväveomsättningarna i marken först under den efterföljande växtsäsongen, med mindre N-leverans från jorden i leden med minimerad jordbearbetning. Det mindre N-upptaget i grödorna vid minimalbearbetning tyder som nämnts på detta.

Mycket små mineralkvävemängder och därigenom små kväveutlakningsrisker fastställdes på senhösten efter vårstråsäd, speciellt i leden med rajgräs som fånggröda. Medan de ovan nämnda, relativt stora mineralkvävemängderna efter ärterna minskade under vintern, troligtvis med ökade N-förluster som följd, ökade förråden fram till våren efter stråsådesgrödorna och efter vårrapsen. Denna ökning ägde troligtvis rum efter vintern, då marken började värmas upp igen. Fördelningen av mineralkvävet i markprofilen tyder på detta. De största mängderna återfanns i skiktet 0-30 cm. Kvävemineralisering vid denna tidpunkt torde inte medföra påtagligt ökad N-utlakningsrisk.

De generellt små mineralkvävemängderna i marken på senhösten efter stråsäd (11-22 kg N/ha inom 90 cm djup) och på våren (16-42 kg N/ha) i jämförelse med många andra jordförhållanden (se t.ex. Lindén et al., 1993a; Beck-Friis et al., 1994; Wallgren & Lindén, 1994) tyder på svagt utbildad kväve mineraliseringsförmåga. Som ett allmänt värde för 90 cm markdjup kan man räkna med i storleksordningen 55 kg N/ha på djurgårdar och 40 kg på gårdar utan djur under senhösten och mer än så tidigt på våren (Lindén, 1987). Innan försöket vid Östad startades 1989, hade fältet som nämnts använts för öppen växtodling i ett tiotal år utan tillförsel av stallgödsel. Jorden kan ha lidit av en viss biologisk tröghet i form av nedsatt mikrobiell aktivitet, som visade sig i att någon ökning av kväve mineraliseringsförmågan genom odling av fånggrödor knappast alls ägde rum under försöksåren 1989-94. Sådana effekter gav sig till känna först under efterverkansåret 1995. Detta kan också ha inneburit mindre N-utlakningsrisker. Några större mineralkvävemängder observerades aldrig i de djupare markskikten vid provtagningarna på senhösten (jmf. figur 3) eller på våren. Även detta tyder på liten utlakningsrisk i jorden i Östadsförsöket. Denitrifikationsförluster kan också ha bidragit till de små mineralkvävemängderna.

Kol-kvävekvor i nedbrukat fånggrödematerial - inverkan på kväveutlakningsriskerna

Av kol-kväveknoten (C/N) i växtrester som inarbetas i marken kan slutsatser dras, i vilken utsträckning nettoimmobilisering av kväve eller nettomineralisering är att vänta under tiden närmast efter nedmyllningen. Kol-kvävekvor över ca 25 anses medföra N-immobilisering, medan lägre kvoter leder till nettofrigörelse av kväve inom en ganska kort tid. Vinther (1995) fann under danska höst- och vintertemperaturförhållanden en kritisk kol-kväveknot lika med 24, vid vilken varken mineralisering eller immobilisering ägde rum under loppet av fyra månader. Om nedplöjda fånggrödor däremot innehåller material med låga kol-kvävekvor, kan nedbrytningen av materialet enligt Vinther (1995) leda till ökning av nitrathalterna i marken inom loppet av några veckor vid temperaturer mellan 5 och 10 °C, vilket ökar N-utlakningsrisken.

De relativt låga kol-kväveknoterna i de ovanjordiska delarna av både rödköver och rajgräs (C/N = 11-24 utan påtagligare skillnader mellan rajgräs och klöver, se tabell 19) tyder på att en relativ snar nettomineralisering av kväve kunde vara möjlig efter nedbrukningen av dessa fånggrödor på hösten. Det uppkom också öknings av mineralkvävemängderna i marken fram till tidig vår, särskilt efter nedbrukning av rödklövern, men dessa öknings var högst måttliga. Vissa utlakningsförluster är inte uteslutna. Vidare kan en viss temporär N-immobilisering ha inträffat efter nedbrukningen av rajgräset (jmf. Breland, 1996). Ökad denitrifikationsaktivitet efter nedbrukning av fånggrödematerial kan vara ytterligare en orsak (Vinther, 1995), som bidrar till att förklara den synbarligen måttliga ökningen av kvävefrigörelsen i marken efter rödklövern. Fånggrödorna hade som nämnts ej heller någon positiv kväveefterverkan under åren 1989-94.

Vidare beskriver resultaten troligtvis ett slags medelvärde av olika C/N-kvoter för växtdelar med mycket skilda kvävehalter, från kvävefattigare strån och stjälkar av rajgräs resp. klöver till kväverikare unga plantdelar. Härtill blandades fånggrödematerialet med halm och stubb vid nedbrukningen. När detta blandade material plöjts eller stubbearbetats ned, kan kväve som frigjorts tidigt från mer lättnedbrytbara växtdelar tänkas ha blivit immobiliserat igen, när kvävefattigare växtdelar omsattes. Detta kan ha bidragit till de jämförelsevis små mineralkväveförråden på våren och därmed minskat kväveutlakningsrisken.

Kvävebalanser för vårsäd

Kvävebalanserna för vårkorn (korn I) och havre i tabell 20 visar, att av de mängder kväve som stod till grödornas förfogande kunde uppskattningsvis 25-44 kg N/ha inte återfinnas. Av uppgifter från Lanna försöksstation på ca 7 mils avstånd kan slutsatser dras, att kväveutlakningsförlusterna under vårarna och somrarna 1989-94 måste ha varit obefintliga eller obetydliga. Kväveimmobilisering kan då vara en av förklaringarna till de oredovisade N-mängderna. Vidare kan kväve som tagits upp av grödan förloras från plantdelar under växtsäsongen (Schjørring et al., 1989). Denitrifikationen kan ha varit jämförelsevis stor särskilt under fuktigare vårar och försomrar. I danska undersökningar har denitrifikationsförluster i storleksordningen 15-50 kg N/ha redovisats under växtsäsongen vid odling av stråsäd (Vinther, 1984). Eftersom jorden på försöksfältet under en längre tid använts för öppen växtodling, kan oönskad markpackning ha uppkommit. Marken tycks också ha haft nedsatt genomsläpplighet. Det kan förmodas att förbättring av markstrukturen skulle kunna leda till minskade denitrifikationsförluster (jmf. von Rheinbaben, 1990) och därmed bättre utnyttjande av befintligt kväve.

Ekonomiska konsekvenser av fånggrödor och minimerad jordbearbetning

Den ekonomiska kalkylen i tabell 21 visar en merkostnad på 753 kr/ha genom ett skördebortfall på 9 % till följd av rajgräs som fånggröda samt kostnader för sådd av denna och ett beräknat ökat behov av kemisk ogräsbekämpning på hösten. Minskas utsädesmängden till hälften och halveras skördebortfallet, återstår en merkostnad på 443 kr/ha. I kalkylen förutsätts att jorden är en mellanlera som i försöket vid Östad, varför plöjning om hösten blir nödvändig. EU-stöd för fånggröda utgår därför inte.

Med en skörd av vårsäd på 4800 kg kärna per ha och med arealstöd kan ett täckningsbidrag TB 1 (= intäkter minus rörliga produktionskostnader) på ca 4000 kr/ha beräknas. Antas sedan arbete och fasta maskinkostnader uppgå till 2000 kr/ha, erhålles ett täckningsbidrag TB 2 på ca 2000 kr. Dras från detta en kostnad för rajgräs som fånggröda enligt ovan på avrundat 750 alternativt 450 kr/ha, återstår av täckningsbidraget (TB 2) 1250 resp. 1550 kr. Med dessa ekonomiska förhållanden kan man ändå inte vänta sig, att jordbrukarna utan ekonomiskt stöd etablerar rajgräs som fånggröda.

Om det kalkyleras med minskade kväveförluster (utlakning och denitrifikation) av samma storlek som rajgräsets kväveupptag under själva hösten (ca 8 kg N/ha beräknat på basis av tabell 14a och 14b), blir miljöförbättringskostnaden för de båda nämnda alternativen 94 respektive 55 kr per kg "räddat" kväve. Med den ringa kväveutlakningsrisk som uppenbarligen råder på en jord som på försöksplatsen vid Östad borde hektarkostnader av nämnda storlek för utlakningsbegränsande åtgärder i första hand läggas på jordar med större utlakning.

Den minimerade jordbearbetningen orsakade ett skördebortfall vid odling av vårsäd på 18 % i led 2 (utan fånggröda) och i betydligt större omfattning i kombination med insädd av fånggrödor (tabell 10). Skördeminskningen i led 2 uppgick till ca 870 kg kärna per ha. Detta innebär ett intäktsbortfall på ca 830 kr/ha vid ett spannmålspris på 0,96 kr/kg. För att uppväga detta fordras minskning av kostnaderna för jordbearbetning i samma utsträckning.

Av tabell 22 framgår att vid jämförelse mellan de jordbearbetningsåtgärder som ingick i led 1 (konventionell jordbearbetning) och led 2 (minimerad bearbetning), båda utan insädd av fång-

gröda, skulle de samlade kostnaderna reduceras med 220 kr/ha genom minimerad jordbearbetning. Detta uppväger inte intäktsminskningen till följd av det redovisade skördebortfallet. Skall minimerad jordbearbetning under förhållanden som på försöksplatsen vid Östad ge minst samma ekonomiska nettoutbyte som konventionell bearbetning krävs, att skördarna på längre sikt förbättras, vilket kan ske genom positiv inverkan på markstrukturen. Detta gav sig ju också tillkänna i Östadsförsöket vid plöjningen i de minimalbearbetade leden hösten 1994 och under det efterföljande efterverkansåret. Slutsatsen är att man kan få räkna med sämre ekonomiskt utbyte av minimerad jordbearbetning under ett antal år, innan positiva effekter börjar göra sig gällande.

En möjlighet att vid minimerad jordbearbetning komma till rätta med övervintrande fånggrödeplanter, som bildar ogräs i efterföljande gröda, är att avdöda fånggrödorna och förekommande ogräs genom kemisk bekämpning på hösten. På detta vis kunde förmodligen bättre skördar uppnås, med bättre ekonomi som följd. Den utlakningsbegränsande effekten av fånggrödorna finge då ur miljösynpunkt vägas mot ökad förbrukning av kemiska bekämpningsmedel.

LITTERATUR

- Adu, J. K. & Oades, J.M. 1978. Physical factors influencing decomposition of organic materials in aggregated soils. *Soil Biol. Biochem.* 10, 109-115.
- Aronsson, H. 1995a. Växtföljder - fånggrödor - utlakning. Resultat av två försöksår på morän-
lera i Skåne. Teknisk rapport 13. Avdelningen för vattenvårdslära, Sveriges lantbruksuni-
versitet, Uppsala.
- Aronsson, H. 1995b. Flytgödsel - fånggrödor - utlakning. Resultat från två försöksår på sandjord i
Västergötland. Teknisk rapport 15. Avdelningen för vattenvårdslära, Sveriges lant-
bruksuniversitet, Uppsala.
- Beck-Friis, B., Lindén, B., Marstorp, H. & Henriksson, L. 1994. Kväve i mark och grödor i od-
lingssystem med fånggrödor. Undersökningar på en sandjord i södra Halland. Rapport
193. Avdelningen för växtnäringslära, Sveriges lantbruksuniversitet, Uppsala.
- 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.
- Breland, T. A. 1996. Green manuring with clover and ryegrass catch crops undersown in small
grains: Effects on soil mineral nitrogen in field and laboratory experiments. *Acta Agric.
Scand. Sect. B, Soil and Plant Sci.* 46, 178-185.
- Børresen, T. 1995. Ryegrass and white clover undersown in small grains at three nitrogen levels
and four tillage treatments: effects on grain and undercrop yields. I: NJF-utred-
ning/rapport nr. 99. Proceedings of NJF-seminar no. 245 "The Use of Catch or Cover
Crops to Reduce Leaching and Erosion", Knivsta, Sverige den 3-4 oktober 1994, 25-32.
- Dowdell, R. J. & Cannell, R. Q. 1975. Effect of ploughing and direct drilling on soil nitrate con-
tent. *J. Soil Sci.* 26, 53-61.

- Dowdell, R. J., Crees, R. & Cannell, R. Q. 1983. A field study of effects of contrasting methods of cultivation on soil nitrate content during autumn, winter and spring. *J. Soil Sci.* 34, 367-379.
- Fox, R. H. & Bandel, V. A. 1986. Nitrogen utilization with no-tillage. I: Sprague, M. A. & Triplett, G. B. (ed.): No-tillage and surface-tillage agriculture, 1117-148.
- Hansen, E. M. 1994. Effect of soil tillage and ryegrass catch crop on nitrate leaching from a coarse sandy soil and a sandy loam. I: Soil Tillage for Crop Production and Protection of the Environment. International Soil Tillage Research Organization. Proceedings of 13th International Conference, Aalborg 1994, 195-200.
- Hansen, E. M., Djurhuus, J. & Simmelsgaard, S. E. 1995. Effects of catch crops on nitrate leaching. An outline of some field experiments performed by the Danish Institute of Plant and Soil Science. I: NJF-utredning/rapport nr. 99. Proceedings of NJF-seminar no. 245 "The Use of Catch or Cover Crops to Reduce Leaching and Erosion", Knivsta, Sverige den 3-4 oktober 1994, 67-78.
- Hansson, A.-C., Pettersson, R. & Paustian, K. 1987. Shoot and root production and nitrogen uptake in barley, with and without nitrogen fertilization. *Z. Acker Pflanzenb.* 158, 163-171.
- Jansson, S. L. 1966. Vart tar gödselkvävet vägen? *Växtnäringsnytt* 22, 3:1-9.
- Jensen, E. S. 1991. Nitrogen accumulation and residual effects of nitrogen catch crops. *Acta Agric. Scand.* 41, 333-344.
- Kvist, M. 1992. Catch crops undersown in spring barley - comparative effects and cropping methods. Doctoral thesis. Swedish University of Agricultural Sciences, Department of Crop Production Science, Crop Production Science 15. Uppsala.
- Känkänen, H. 1995. The effect of undersown clover and grass on the nitrogen leaching risk during autumn and winter. I: NJF-utredning/rapport nr. 99. Proceedings of NJF-seminar no. 245 "The Use of Catch or Cover Crops to Reduce Leaching and Erosion", Knivsta, Sverige den 3-4 oktober 1994, 79-86.
- Lewan, L. 1990. Insådd fånggröda: Effekter på utlakningen av näringsämnen. Försök med italienskt rajgräs på en sandjord i södra Sverige. *Ekologi* 27. Avdelningen för vatten- och jordbruksvetenskap, Sveriges lantbruksuniversitet, Uppsala.
- Lindén, B. 1977. Utrustning för jordprovtagning i åkermark. Rapporter från Avdelningen för växtnäringslära, Lantbrukshögskolan, nr 112.
- Lindén, B. 1979. Alvprovtagning med "Ultuna-borren" - för markkartering och framtida N-prognoser. Rapporter från Avdelningen för växtnäringslära, Lantbrukshögskolan, nr 120.
- Lindén, B. 1984. Ärternas inverkan på mineralkvävetillgången i marken och efterföljande grödas gödselkvävebehov. NJF-seminarium nr 62 "Årtodling", 11-12 april 1984. NJF-utredning/rapport nr 15, 23:1-8.

- Lindén, B. 1987. Kvävemineralisering vid olika driftsformer - djurhållningens och stallgödslens betydelse. NJF-seminarium nr 113 "Husdyrgjødslas virkninger på jord og avling", NJF-utredning/rapport nr 39, 78-94.
- Lindén, B., Lyngstad, I., Sippola, J. Sjøgaard, 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. & Ekre, E. 1993a. Mineralkvävedynamik och växt-näringsutlakning på en grovmojord i södra Halland med handels- och stallgödslade odlingssystem med och utan insådd fånggröda. Ekohydrogi 30. Avdelningen för vatten-vårdslära, Sveriges lantbruksuniversitet, Uppsala.
- Lindén, B., Aronsson, H., Gustafson, A. & Torstensson, G. 1993b. Fånggrödor, direktsådd och delad kvävegiva - studier av kväveverkan och utlakning i olika odlingssystem i ett lersjordsförsök i Västergötland. Ekohydrologi 33. Avdelningen för vatten-vårdslära, Sveriges lantbruksuniversitet, Uppsala.
- Lindén, B. & Wallgren, B. 1993. Nitrogen mineralization after leys ploughed in early or late autumn. Swedish J. agric. Res. 23, 77-89.
- Lyngstad, I & Breland, T. A., 1995. Ryegrass and white clover undersown in small grains at three N levels and four tillage treatments: effects on soil mineral N. I: NJF-utredning/rapport nr. 99. Proceedings of NJF-seminar no. 245 "The Use of Catch or Cover Crops to Reduce Leaching and Erosion", Knivsta, Sverige den 3-4 oktober 1994, 87-92.
- Nilsson, H. 1995. Förslag till nya regler för grön mark. I: Rapport från Växtodlings- och försöks-dagar i Växjö den 11 och 12 december 1995. Meddelande från Södra Jordbruksförsöks-distriktet, nr 46, 26:1-5.
- Nilsson, H. & Lindén, B. 1996. Förslag till nya regler för grön mark. Föredrag vid Regional växt-odlings- och växtskyddskonferens i Uddevalla den 10-11 jan. 1996 anordnad av Västra Jordbruksförsöksdistriktet, Sveriges lantbruksuniversitet, 6 s.
- Nyborg, M. & Malhi, S. S. 1989. Effect of zero and conventional tillage on barley yield and nitrate nitrogen content, moisture and temperature of soil in North-Central Alberta. Soil Tillage Research 15, 1-9.
- Ohlander, L., Bergkvist, G., Stendahl, F. & Kvist, M. 1996a. Yield of catch crops and spring barley as affected by time of undersowing. Acta Agric. Scand. Sect. B, Soil and Plant Sci. 46, 186-191.
- Ohlander, L., Olsson, A., Bergkvist, G. & Nilsson-Linde, N. 1996b. Odlingsteknik för mellan-grödor i stråsäd. Fakta Mark/växter, nr 14, 1996. Sveriges lantbruksuniversitet, Uppsala.
- von Rheinbaben, W. 1990. Nitrogen losses from agricultural soils through denitrification - a critical evaluation. Z. Pflanzenernähr. Bodenk. 153, 157-166.

- Schjørring, J. K., Nielsen, N. E., Jensen, H. E. & Gottschau, A. 1989. Nitrogen losses from field-grown spring barley plants as affected by rate of nitrogen application. *Plant and Soil* 116, 167-175.
- SMHI. Väder och vatten. Månadstidning från SMHI 1989-95.
- Stenberg, M. & Aronsson, H. 1995. Jordbearbetning - kväveutlakning. Fältförsök i Halland 1993-1995. Teknisk rapport 17. Avdelningen för vattenvårdslära, Sveriges lantbruksuniversitet, Uppsala.
- Stenberg, M., Aronsson, H., Lindén, B., Rydberg, T. & Gustafson, A. 1997. Nitrogen leaching in different tillage systems. International Soil Tillage Research Organization. Proceedings of the 14th International Conference, Pulawy, Poland, 1997. *Fragmenta Agronomica* 2B/97: 605-608.
- Thomas, G. W. & Frye, W. W. 1984. Fertilization and liming. I: Philips, R. E. & Phillips, S. H. (ed.): *No-tillage agriculture, principles and practices*, 87-126.
- Torstensson, G., Gustafson, A. Aronsson, H. & Granstedt, A. 1993. Ekologisk odling - utlakningsrisker och kväveomsättning. *Ekohydrogi* 34. Avdelningen för vattenvårdslära, Sveriges lantbruksuniversitet, Uppsala.
- Torstensson, G., Aronsson, H. & Lindén, B. 1995. Winter crops as green cover crops - nitrogen uptake capacity and effects on nitrate leaching. I: NJF-utredning/rapport nr. 99. Proceedings of NJF-seminar no. 245 "The Use of Catch or Cover Crops to Reduce Leaching and Erosion", Knivsta, Sverige den 3-4 oktober 1994, 257-263.
- Wallgren, B. & Lindén, B. 1994. Effects of catch crops and ploughing times on soil mineral nitrogen. *Swedish J. agric. Res.* 24, 67-75.
- Vinther, F. P. 1984. Total denitrification and the ratio between N₂O and N₂ during the growth of spring barley. *Plant and Soil* 76, 227-232.
- Vinther, F. P. 1995. N-mineralization and denitrification after incorporation of catch crops and plant residues. I: NJF-utredning/rapport nr. 99. Proceedings of NJF-seminar no. 245 "The Use of Catch or Cover Crops to Reduce Leaching and Erosion", Knivsta, Sverige den 3-4 oktober 1994, 105-114.
- Zadoks, J. C., Chang, T. T. & Konzak, C. F. 1974. A decimal code for the growth stages of cereals. *Weed Res.* 14, 415-421.

Institutionen för jordbruksvetenskap Skara bildades den 1 januari 1997 genom sammanslagning av Västra husdjursförsöksdistriktet och Västra jordbruksförsöksdistriktet, SLU. I institutionen ingår **Avdelningen för husdjursproduktion** och **Avdelningen för mark-växter**. Verksamheten har som mål att åt jordbruket utveckla metoder, system och hjälpmedel, som förbättrar möjligheterna att med god lönsamhet producera grödor och animalier under miljö- och djurvänliga produktionsformer. Forskning, utbildning och information präglas av helhetssyn och sker i nära samarbete med näringsliv, myndigheter och rådgivning.

Forsknings- och försöksresultat från institutionen publiceras i två rapportserier, som främst riktar sig till svenska och nordiska läsare:

Serie A Husdjursproduktion

Serie B Mark och växter

Rapporterna kan beställas från institutionen, se nedan. Förteckning över samtliga publikationer i båda serierna erhålles kostnadsfritt.

Research results from the Department of Agricultural Research Skara are published in two report series:

Series A Animal Production

Series B Crops and Soils

The reports are available at the department and can be ordered from there, see below. A list of all publications in both series can be obtained free of charge.

Distribution:

Sveriges lantbruksuniversitet

Institutionen för jordbruksvetenskap Skara

Box 234

532 23 Skara

Tel. 0511-670 00, fax 0511-67134, e-post: Lena.Ljunggren@jvsk.slu.se

Internet: <http://www.jvsk.slu.se>

Pris: 50:- (exkl. moms)

Price: 50:- SEK (excl. V.A.T.)