



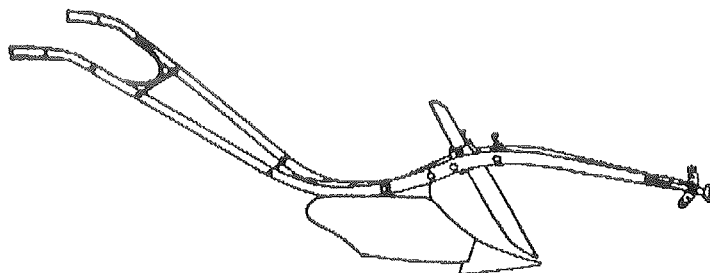
Institutionen för
Markvetenskap
Uppsala

MEDDELANDEN FRÅN --- --- JORDBEARBETNINGSAVDELNINGEN

Swedish University of Agricultural Sciences,
S-750 07 Uppsala.

Department of Soil Sciences,

Bulletins from the Division of Soil Management



Nr 29

1999

Maria Stenberg, Helena Aronsson, Tomas
Rydberg, Börje Lindén och Arne Gustafson

**Inverkan av olika bearbetningstidpunkter
på kvävemineriseringen under
vinterhalvåret och på kväveutlakningen i
odlingssystem med och utan fånggröda**

*Influence of early or late autumn tillage on
N-mineralization and N-leaching in cropping
systems with and without a catch crop*

ISSN 1102-6995

ISRN SLU-JB-M--29--SE

Sveriges lantbruksuniversitet
Institutionen för markvetenskap
Avdelningen för jordbearbetning

Meddelanden från jordbearbetnings-
avdelningen. Nr 29, 1999
ISSN 1102-6995
ISRN SLU-JB-M--29--SE

Maria Stenberg, Helena Aronsson, Tomas Rydberg, Börje Lindén och Arne Gustafson

**INVERKAN AV OLIKA BEARBETNINGSTIDPUNKTER PÅ KVÄVE-
MINERALISERINGEN UNDER VINTERHALVÅRET OCH PÅ
KVÄVEUTLAKNINGEN I ODLINGSSYSTEM MED OCH UTAN
FÅNGGRÖDA**

Resultat 1993-1999 från fältförsök R2-8405 i Halland

Influence of early or late autumn tillage on nitrogen mineralization and nitrogen leaching in cropping systems with and without a catch crop

Detta meddelande utgör en redovisning av resultat 1993-1999 från det av Jordbruksverket stödda projektet. Projektet genomfördes som ett fältförsök på Mellby i Halland. Försöket har skötts av personal vid Hallands läns hushållningssällskap under ledning av Erik Ekre.

Författarna arbetar vid SLU. Maria Stenberg och Tomas Rydberg vid institutionen för markvetenskap, avdelningen för jordbearbetning, Helena Aronsson och Arne Gustafson vid institutionen för markvetenskap, avdelningen för vattenvårdslära och Börje Lindén vid institutionen för jordbruksvetenskap Skara.

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

Inledning	1
Mål	2
Material och metoder	2
Resultat och diskussion	5
<i>Skörd</i>	5
<i>Tillväxt och kväveinnehåll i fånggrödor, ogräs och grodd spillsäd</i>	6
<i>Kväve i jord</i>	10
<i>Utlakning av nitratkväve</i>	13
<i>Mineralisering av kväve</i>	15
Sammanfattning	16
Slutsatser	16
Framtida forskningsbehov	16
Referenser	17

Inverkan av olika bearbetningstidpunkter på kvävemineralseringen under vinterhalvåret och på kväveutlakningen i odlingssystem med och utan fånggröda

Resultat 1993-1999 från fältförsök R2-8405 i Halland

Maria Stenberg¹, Helena Aronsson², Tomas Rydberg¹, Börje Lindén³ och Arne Gustafson²

¹Inst. för markvetenskap, SLU, Avdelningen för jordbearbetning, Box 7014, 750 07 Uppsala

²Inst. för markvetenskap, SLU, Avdelningen för vattenvårdslära, Box 7072, 750 07 Uppsala

³Institutionen för jordbruksvetenskap Skara, SLU, Box 234, 532 23 Skara

Inledning

Höst- och vinterbevuxen mark har betydelse som åtgärd för att minska utlakningen av kväve från jordbruksmark. Detta har visats i ett flertal studier utförda i fältförsök i Sverige under de senaste åren (till exempel Aronsson et al., 1994; Lewan, 1994; Torstensson, 1998; Aronsson & Torstensson, 1998; Hessel et al., 1999). Även studier i andra länder har visat på minskningar av kväveutlakning vid odling av fånggröda (till exempel Hansen & Djurhuus, 1997a). Rajgräs som insådd fånggröda har haft den tydligaste effekten i dessa studier. Fånggrödan tillväxer och tar upp kväve under hösten och andra perioder då någon ordinarie gröda ej finns. Under höst och vinter är vattenavrinningen från marken som störst, och därmed även risken för utlakning av kväve.

Minskningen av utlakningen av kväve från mark med en växande fånggröda har oftast ställts i relation till konventionellt brukad mark som stubbearbetas efter skörden och sedan plöjs tidigt eller sent på hösten. Det kan antas att även jordbearbetningsmetod samt tidpunkt för och intensitet i bearbetningen spelar en stor roll för risken för kväveläckage. I det här fältförsöket studeras hur tidpunkten för plöjning på hösten eller på våren påverkar kväveutlakningen. Detta jämförs även med effekten av en fånggröda. En intressant fråga är vilken verkan fånggrödan i sig själv har och vilken effekten är av utebliven stubbearbetning, senarelagd höstplöjning eller vårplöjning. En viktig fråga är också vilken utlakningsbegränsande verkan grodd spillsäd och ogräs under hösten och vintern kan ha i jämförelse med insådd fånggröda.

I försöket undersöks vidare om nedbrukning av halm har betydelse för storleken på kväveutlakningen jämfört med när halmen förs bort. Med extremt tidig vårsådd får man en gröda som börjar växa och ta upp växtnäring så kort tid efter vårplöjningen som möjligt, vilket ytterligare kan reducera storleken på kväveutlakningen. Dessutom utnyttjas längden på odlingssäsongen bättre.

Alla dessa faktorer kan ha olikartad betydelse på kort respektive lång sikt och effekterna av dem kan även ackumuleras med tiden. Det är därför av stor vikt att belysa dessa frågor under en längre tidsperiod.

I denna rapport redovisas resultat till och med skörden av huvudgrödan 1999. Utvärderingar av resultaten från försöket under åren 1993-1998 har tidigare redovisats i Aronsson et al. (1994), Lindén (1994), Stenberg (1998), Stenberg & Aronsson (1995, 1996), Stenberg et al. (1995, 1997, 1998, 1999).

Mål

Med detta projekt vill vi öka kunskapen om olika bearbetningsåtgärders effekter på omsättningen av kväve i marken och på utlakningen av kväve. Kunskapen om dessa effekter har tidigare varit bristfällig. Hittills har resultat från detta försök gett nya banbrytande kunskaper och också legat till grund för regelverket om Grön mark.

Vi är övertygade om att ytterligare värdefull information går att erhålla från detta projekt. Vi vill ytterligare studera hur vi med hjälp av rätt jordbearbetningsåtgärd vid rätt tidpunkt kan styra mineraliseringen på ett mycket effektivare sätt än idag. Det finns i dagsläget ej tillräckligt väl registrerat vilka effekterna är av halmbehandling i kombination med de olika bearbetningstidpunkterna. Detsamma gäller även hur växande ogräs och spillsäd påverkar omsättning och utlakning.

Försöket skall även framöver kunna utgöra en möjlighet att kontrollera effekter av nya regler för höst- och vinterbevuxen mark i vilka inverkan på kväveutlakning av jordbearbetnings-tidpunkt och -intensitet beaktas.

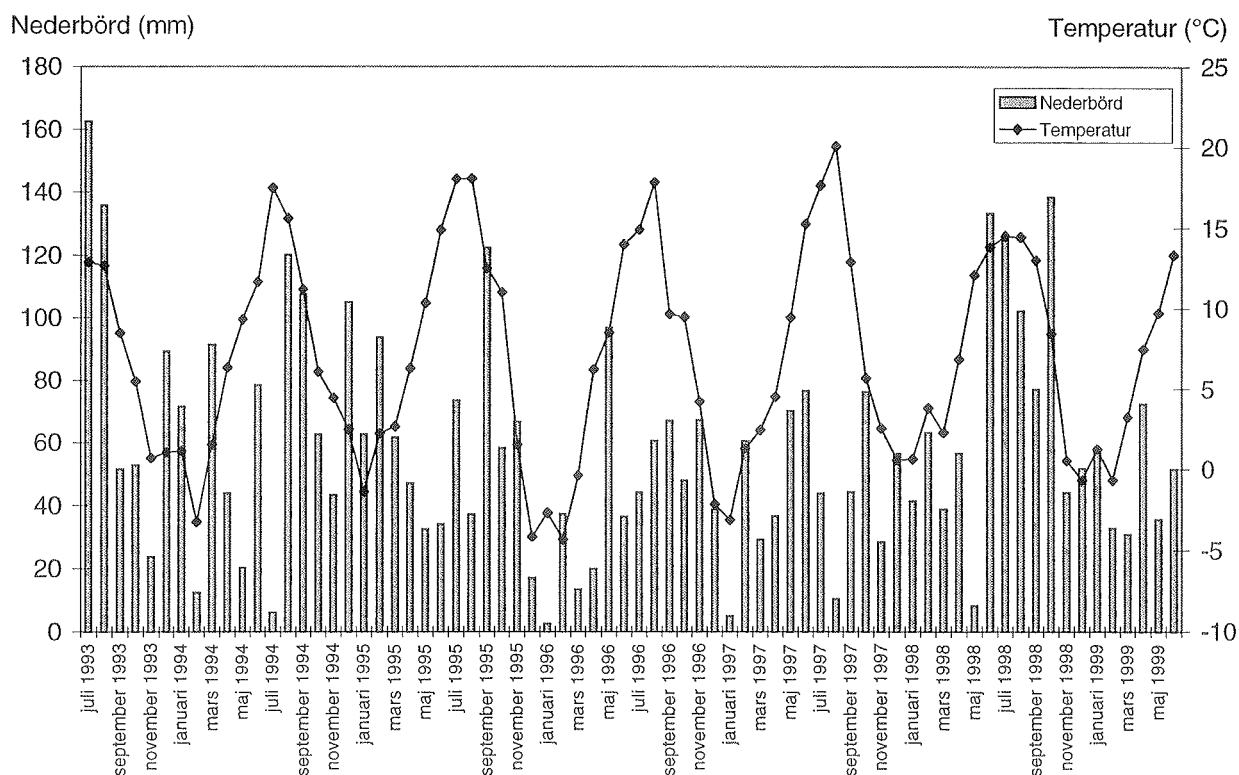
Material och metoder

Fältförsöket startades 1993 och är placerat på en sandig grovmo (mmh I sa Mo) i Mellby, Halland. Leden (A-H) som jämförs i försöket visas i tabell 1. De första jordbearbetningsåtgärderna enligt försöksplanen utfördes i september 1993. Rutorna är 20 m x 9 m och leden upprepas i tre block. I försöket har endast vårsäd odlats 1993-1999. Försöket har skördats rutvis varje år. Rajgräs sås in i huvudgrödan i led E och F med en utsädesmängd på 7 kg per ha i båda leden omedelbart efter sådd av huvudgrödan. I försöket har vårkorn och havre gödslats med 90 kg kväve ha⁻¹ och vårvete med 110 kg kväve. Fosfor och kalium har tillförts med 18 respektive 63 kg per år. I de led där halmen bortförts (B, D och F) utförs kompletteringsgödslning av P och K vid behov. Månadsvis nederbörd och temperatur under försöksperioden (juli 1993 till juni 1999) visas i figur 1.

Tabell 1. Försöksplan för försök R2-8405 i Mellby, Halland

Led	Plöjningstidpunkt	Övrigt	Fånggröda	Halmbehandling
A	1:a veckan i sept.	-	-	Nedbrukas
B	1:a veckan i sept.	-	-	Bortföres
C	1:a veckan i nov.	-	-	Nedbrukas
D	1:a veckan i nov.	-	-	Bortföres
E	1:a veckan i nov.	-	Eng. rajgräs	Nedbrukas
F	1:a veckan i nov.	-	Eng. rajgräs	Bortföres
G	1:a veckan i nov.	Stubbearbetning 1 gång tidig höst	-	Nedbrukas
H	Vår	Extremt tidig vårsådd	-	Nedbrukas

Gröda, fånggröda, spillsäd, ogräs, växtrester och jord har provtagits och analyserats flera gånger från sensommaren till tidig vår för att belysa inverkan på kväveutlakningsrisken av mineraliseringen av kväve i marken och av växternas upptag av kväve (tabell 2). Växtproverna analyserades på innehållet av torrsubstanshalt, totalkol och totalkväve medan jordproverna analyserades på innehållet av ammonium- och nitratkväve. Jordproverna togs ut inom 0-30, 30-60 och 60-90 cm djup.



Figur 1. Månadsvis nederbörd och temperatur på Mellby från och med juli 1993 till och med juni 1999.

Under hösten 1992 installerades tre keramiska sugceller för provtagning av markvattnet på 90 cm djup i alla rutor enligt en metod beskriven av Djurhuus (1990) och Hansen (1991). Under det första försöksåret var variationen i nitrathalt stor mellan olika mätidpunkter och ledskillnaderna mycket diffusa. Då det fanns anledning att misstänka att grundvattenflöde underifrån kunde störa mätningarna gjordes 1994 en komplettering med ytterligare tre sugceller per ruta på 60 cm djup. Från sugcellerna provtas markvattnet varannan vecka för analys av nitratkväve. Dessa bestämningar ligger sedan till grund för beräkningar av nitratutlakningen från försöksrutorna. Vid dessa beräkningar används avrinningen från ett intilliggande fältförsök med separat dränerade rutor. För att förfina beräkningarna av utlakningens storlek har markvattenhalten mätts i försöket. Vattenhalten mättes rutvis varannan vecka när marken var otjälad till och med december 1996 på nivåerna 0-30 och 50 cm med time-domain reflectometry (TDR) vilken är en icke destruktiv metod. I två av försöksrutorna mättes dessutom vattenhalten varannan timme året runt.

Tabell 2. Provtagningstidpunkter för växtmaterial och jord

Tidpunkt	Fånggröda/ogräs	Jord
Gulmognad	x	x
Före tidig höstplöjning	x	x
Före sen höstplöjning	x	x
December		x ¹
Före vårplöjning	x ²	x

¹ Fr.o.m. december 1995 slopades denna provtagning.

² Endast led H.

Vi har beräknat nettomineraliseringen av kväve i marken under hösten (från och med augusti till och med oktober) respektive vintern (från och med november till och med mars) utifrån provtagningarna av jord och grödor (fånggröda, ogräs och spillsäd) och bestämningarna av kväveutlakningen från försöket. För att beräkna nettomineraliseringen under växtsäsongen krävs ogödslade rutor i försöket, s.k. 0N-rutor, vilket vi ej haft möjlighet att anlägga i försöket hittills. Nettomineraliseringen av kväve för respektive period är beräknad enligt följande formel:

$$N_{\text{net}} = N_{\text{g}} + N_{\text{ms}} - N_{\text{mb}} + N_{\text{u}}$$

Där

- N_{net} = Beräknad nettomineralisering av kväve under perioden
- N_{g} = Kväve upptaget i ogräs, spillsäd och fånggröda under perioden
- N_{ms} = Mineralkväve i marken vid periodens slut
- N_{mb} = Mineralkväve i marken vid periodens början
- N_{u} = Beräknad utlakning av nitratkväve under perioden

Tabell 3. Kärnskördar (kg ha⁻¹, 85 % ts) 1994-1999 i försök R2-8405, Mellby. Led A=100

Led	Havre 1994	Vårkorn 1995	Vårvete 1996 ³	Vårkorn 1997	Havre 1998	Vårvete 1999 ⁵	Medel 1994-1999
A ¹	3120	4780	4710	4390	5670	5030	100
B	100	91	94	105	108	117	103
C	94	99	55	97	92	116	92
D	82	100	55	98	106	120	94
E	87	100	76	102	106	116	98
F	99	107	81	102	104	123	103
G	100	104	82	97	99	118	100
H	94	104	65	41 ^{2,4}	92	80	79
Sign.	n.s.	n.s.	*	***	**	*	-

¹ Ledbeteckningar, se tabell 1.

² Tidig vårsådd.

³ Kraftig infektion av kvickrot 1996, speciellt i led C, D och H. Även 1998 i led H.

⁴ Skadat av kråkfåglar vid uppkomst p.g.a. den tidiga sådden.

⁵ Preliminära data.

Resultat och diskussion

Skörd

Kärnskördarna i försöket 1994-1999 och grödor respektive år visas i tabell 3 och halmskördarna i tabell 4. I tabell 5 redovisas innehållet av totalkväve i kärnskörderna i procent. Den stora skillnaden i skörd mellan leden 1996 berodde på stor förekomst av kvickrot i led med senarelagd plöjning. Bekämpning av kvickroten, som utfördes i oktober 1996, verkar ha haft godtagbar effekt skördemässigt. I det vårplöjda ledet har dock kvickroten återkommit vilket resulterade i sänkt skörd även 1998. Kvikrotsbekämpningen upprepades därför hösten 1998 men den utfördes mycket sent p.g.a. väderleken och effekten uteblev. Därför har bekämpningen upprepats i alla led även hösten 1999 vid optimal tidpunkt. Noteras bör att i leden med fånggröda har inte kvickrot uppförökats nämnvärt trots sen plöjning.

Det vårplöjda ledet såddes 30 mars 1999 medan övriga led såddes 24 april. Detta år täcktes de tidigt sådda rutorna med nät så uppkomsten skyddades mot kråkfåglar vilka orsakade en katastrofal uppkomst 1997. Ledet såddes om men under sämre betingelser än övriga led vilket gav en kraftig skördeminskning detta år. Skördeminskningen i led H 1999 beror troligtvis på den kraftiga kvickrotsinfektionen detta år liksom 1996.

Tabell 4. Halmskördar, kg ts/ha, i led A-H i försök R2-8405, Mellby

Led	Havre 1994	Vårkorn 1995 ¹	Vårvete 1996	Vårkorn 1997	Havre 1998	Vårvete 1999 ^{1,2}	Medel 1994-1999
A	-	3748	3095	-	2681	5270	3699
B	2194	3215	3229	2598	2607	5960	3300
C	-	4381	4039	-	2852	4330	3900
D	2372	4098	3172	2212	2571	5000	3237
E	-	3898	2902	-	2937	4870	3652
F	2501	4498	3440	2484	3202	5090	3536
G	-	3815	2569	-	2731	5660	3694
H	-	4298	4165	-	3485	4270	4055

¹ Råskörd.

² Preliminära data.

I andra studier där vårplöjning har utvärderats har vårplöjning hävdats sig bra mot höstplöjning avkastningsmässigt. I försök med höst- och vårplöjning på lätta jordar i Halland åren 1988-1996 har vårplöjning i genomsnitt avkastat 3 % högre än höstplöjning (Arvidsson, 1997). I Danmark har studier av effekten av olika jordbearbetningsåtgärder visat att skördeutfallet efter vårplöjning jämfört med höstplöjning ej varit nämnvärt lägre vare sig på en grovsand eller en lerig sand (Hansen & Djurhuus, 1997b).

Tabell 5. Totalkväve, % av ts, i kärnskördarna, i led A-H i försök R2-8405, Mellby

Led	Havre 1994	Vårkorn 1995	Vårvete 1996	Vårkorn 1997	Havre 1998	Medel 1994-1998
A	1,89	1,61	2,32	1,69	1,62	1,83
B	1,82	1,63	2,41	1,57	1,52	1,79
C	1,85	1,77	2,40	1,60	1,70	1,86
D	1,87	1,78	2,54	1,64	1,71	1,91
E	1,84	1,73	2,51	1,47	1,67	1,84
F	1,98	1,77	2,44	1,55	1,31	1,81
G	1,80	1,67	2,49	1,56	1,45	1,79
H	1,76	1,66	2,36	2,46	1,78	2,00

Tillväxt och kväveinnehåll i fånggrödor, ogräs och grodd spillsäd

Ovanjordisk biomassa och kväveinnehåll har i genomsnitt för 1993-1999 varit större i leden med insådd fånggröda än i leden med enbart växande ogräs och spillsäd (tabell 6 och 7). Första året med fånggröda (1993) var gynnsamt både för etablering under våren och för tillväxten under sommar och höst. Under flera av de följande åren har etableringen av rajgräset varit dålig eller tillväxtbetingelserna ogynnsamma. Dock har kväveinnehållet i rajgräset på senhösten i medeltal varit i samma storleksordning som i rajgräset i intilliggande fältförsök, ca 20 kg N ha⁻¹.

Upptaget av kväve i ogräs har varit betydande de år då kvickrot varit ett dominerande ogräs i försöket. Detta kväveupptag har troligen haft en viss betydelse för den minskade kväveutlakningen förutom den lägre mineralisering av kväve i de under hösten obearbetade leden. Det relativt ringa kväveupptaget i ogräs och spillsäd i ledet med stubbearbetning synes dock ha varit helt otillräckligt för att motverka den stimulering av kvävemineraliseringen som stubbearbetningen uppenbarligen medförde, med större kväveutlakning som följd.

Hösten 1996 utfördes en kemisk bekämpning mot kvickrot i försöket. Dock uppförökades kvickroten återigen och hösten 1998 upprepades den. Bekämpningen misslyckades dock då den utfördes först 20 oktober på grund av otjänlig väderlek och 1999 bekämpades alla led i september under gynnsamma förhållanden. På grund av kemisk bekämpning mot kvickrot i försöket 1998 och 1999 har provtagningen av rajgräs och ogräs på senhösten och våren uteblivit 1998 och 1999.

Hösten 1998, då den sena provtagningen av gröda uteblev, var tillväxten troligen god både för rajgräs och kvickrot och kväveinnehållet kan ha varit betydande när behandlingen utfördes. Kväveinnehållet i rajgräset i november var 20 kg ha⁻¹ i ett intilliggande försök. Man kan anta att även ogräset i övriga obearbetade led tagit upp en del kväve fram till den sena bekämpningen. Detta resonemang styrks av innehållet av mineralkväve i marken i november 1998 (tabell 8).

Tabell 6. Ovanjordisk biomassa (kg torrs substans ha⁻¹) av fånggröda, ogräs och grodd spillsäd (led E och F) samt ogräs och grodd spillsäd (led A, B, C, D, G och H) vid olika provtagningstillfällen 1993-99: vid huvudgrödans gulmognadsstadium, tidigt på hösten (före stubbearbetning, utförd i led G), på senhösten samt tidigt på våren därefter. Tidig höst = första veckan i september. Senhöst = första veckan i november

Led	A	B	C	D	E	F	G	H
Stubbearbetning	-	-	-	-	-	-	Tid.höst	-
Plöjning	Tidig höst	Tidig höst	Senhöst	Senhöst	Senhöst	Senhöst	Senhöst	Tidig vår
Fånggröda	Utan	Utan	Utan	Utan	Med	Med	Utan	Utan
Halmhantering	Nedbr.	Bortf.	Nedbr.	Bortf.	Nedbr.	Bortf.	Nedbr.	Nedbr.
Vid gulmognad								
1993	67	67	54	92	268	403	88	59
1994	38	25	174	114	55	17	26	126
1995	241	233	290	182	118	211	76	418
1996	315	93	1269	1113	322	843	148	1086
1997	153	32	81	51	228	221	64	691
1998	411	314	513	398	276	399	165	1941
Medel 1993-98	204	127	397	325	211	349	95	720
Före stubbearbetning och före tidig höstplöjning								
1993	-	-	-	-	939	873	-	-
1994	-	-	-	-	55	55	-	-
1995	-	-	-	-	58	45	-	-
1996	-	-	-	-	384	312	-	-
1997	-	-	-	-	437	464	-	-
1998	-	-	-	-	372	635	-	-
Medel 1993-98	-	-	-	-	374	397	-	-
Senhöst (före sen höstplöjning)								
1993	-	-	-	-	1575 ¹	1458 ¹	-	-
1994	-	-	372	560	586	717	67	454
1995	-	-	442	378	755	740	287	375
1996	-	-	833	430	594	295	69	398
1997	-	-	1012	799	1207	1345	267	775
1998 ²	-	-	-	-	-	-	-	-
Medel 1993-98	-	-	665	542	943	911	173	501
Tidig vår (före vårplöjning)								
1994	-	-	-	-	-	-	-	303
1995	-	-	-	-	-	-	-	282
1996	-	-	-	-	-	-	-	140
1997 ²	-	-	-	-	-	-	-	-
1998	-	-	-	-	-	-	-	309
1999 ²	-	-	-	-	-	-	-	-
Medel 1994-99	-	-	-	-	-	-	-	259

¹ Skattade värden på basis av motsvarande data från ett intilliggande försök (R2-8403 vid Mellby) i led med motsvarande behandling.

² Provtagning ej utförd p.g.a. kemisk bekämpning mot kvickrot.

Tabell 7. Totalkväve (kg N ha⁻¹) i ovanjordiska delar av fånggröda, ogräs och grodd spillsäd (led E och F) samt ogräs och grodd spillsäd (led A, B, C, D, G och H) vid olika provtagningstillfällen 1993-99: vid huvudgrödans gulmognadsstadium, tidigt på hösten (före stubbearbetning, utförd i led G), på senhösten samt tidigt på våren därefter. Tidig höst = första veckan i september. Senhöst = första veckan i november

Led	A	B	C	D	E	F	G	H
Stubbearbetning	-	-	-	-	-	-	Tid.höst	-
Plöjning	Tidig höst	Tidig höst	Senhöst	Senhöst	Senhöst	Senhöst	Senhöst	Tidig vår
Fånggröda	Utan	Utan	Utan	Utan	Med	Med	Utan	Utan
Halmhantering	Nedbr.	Bortf.	Nedbr.	Bortf.	Nedbr.	Bortf.	Nedbr.	Nedbr.
Vid gulmognad								
1993	2,2	2,2	1,6	2,7	7,8	12,0	2,4	2,0
1994	0,5	0,4	1,4	1,4	0,6	0,4	0,3	1,9
1995	4,4	4,5	3,0	2,1	1,8	2,8	0,9	4,3
1996	2,9	0,9	11,5	10,3	4,3	8,6	1,3	10,1
1997	1,9	0,8	2,0	1,3	4,5	4,1	1,0	12,8
1998	5,0	4,0	7,1	5,5	5,9	8,8	2,5	25,6
Medel 1993-98	2,8	2,1	4,4	3,9	4,2	6,1	1,4	9,5
Före stubbearbetning och före tidig höstplöjning								
1993	-	-	-	-	18,5	16,3	-	-
1994	-	-	-	-	1,4	1,4	-	-
1995	-	-	-	-	1,4	1,3	-	-
1996	-	-	-	-	6,1	4,6	-	-
1997	-	-	-	-	9,1	11,1	-	-
1998	1,7	2,5	-	-	7,6	11,8	1,2	-
Medel 1993-98	-	-	-	-	7,4	7,8	-	-
Senhöst (före sen höstplöjning)								
1993	-	-	-	-	27,3 ¹	25,2 ¹	-	-
1994	-	-	11,1	17,0	14,9	18,9	2,6	12,7
1995	-	-	11,8	10,8	17,4	20,4	10,0	10,3
1996	-	-	14,2	9,5	10,6	7,9	3,3	8,0
1997	-	-	16,9	15,9	20,3	24,1	8,7	19,0
1998 ²	-	-	-	-	-	-	-	-
Medel 1993-98	-	-	13,5	13,3	18,1	19,3	6,2	12,5
Tidig vår (före vårplöjning)								
1994	-	-	-	-	-	-	-	10,4
1995	-	-	-	-	-	-	-	10,4
1996	-	-	-	-	-	-	-	4,3
1997 ²	-	-	-	-	-	-	-	-
1998	-	-	-	-	-	-	-	11,1
1999 ²	-	-	-	-	-	-	-	-
Medel 1994-99	-	-	-	-	-	-	-	9,1

¹ Skattade värden på basis av motsvarande data från ett intilliggande försök (R2-8403 vid Mellby) i led med motsvarande behandling.

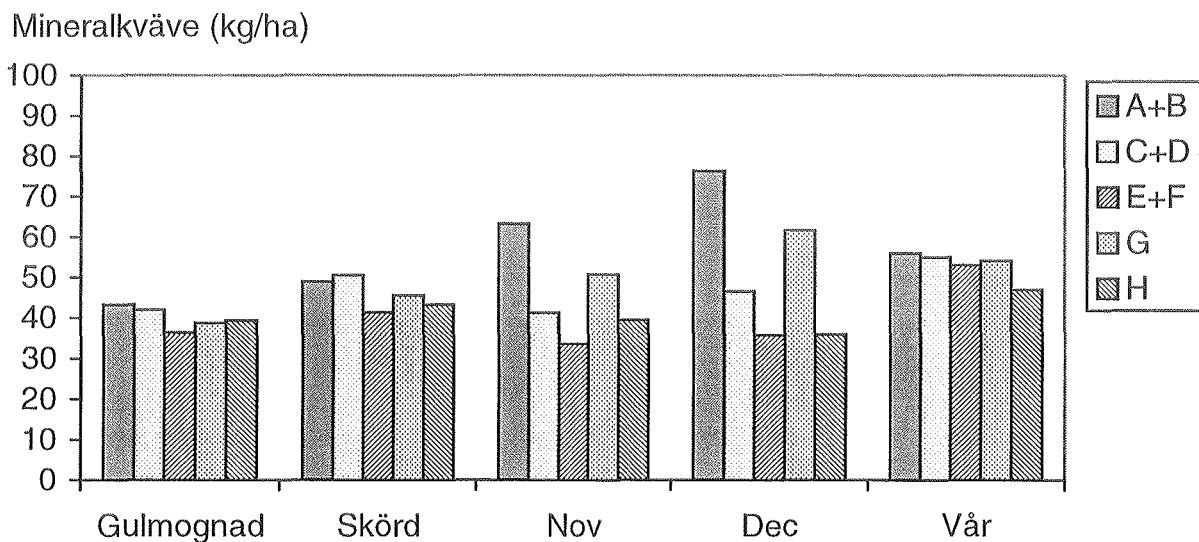
² Provtagning ej utförd p.g.a. kemisk bekämpning av kvickrot.

Tabell 8. Mineralkväve (kg N ha⁻¹) i marken i 0-90 cm i led A-H i försök R2-8405, Mellby, vid respektive provtagningstidpunkt och år. Första jordbearbetningsåtgärden i försöket utfördes första veckan i september 1993

Led	A	B	C	D	E	F	G	H	
Stubbearbetning	-	-	-	-	-	-	Tid.höst	-	
Plöjning	Tidig höst	Tidig Höst	Senhöst	Senhöst	Senhöst	Senhöst	Senhöst	Tidig vår	
Fånggröda	Utan	Utan	Utan	Utan	Med	Med	Utan	Utan	
Halmhantering	Nedbr.	Bortf.	Nedbr.	Bortf.	Nedbr.	Bortf.	Nedbr.	Nedbr.	
Vid gultmognad									
1993		62	67	48	61	42	51	49	44
1994		64	36	39	43	35	30	41	41
1995		29	27	32	30	29	25	28	25
1996		33	31	32	30	29	32	30	34
1997		48	43	53	56	47	46	47	52
1998		45	37	40	39	36	34	38	41
Medel 1993-98		47	40	41	43	36	37	39	39
Före stubbearbetning och före tidig höstplöjning									
1993		58	69	57	69	36	32	52	50
1994		48	39	43	50	44	43	39	37
1995		38	37	36	42	37	37	36	30
1996		46	44	42	44	48	45	46	41
1997		60	57	61	71	43	48	56	58
1998		45	46	45	47	43	41	45	44
Medel 1993-98		49	49	47	54	42	41	46	43
Senhöst (före sen höstplöjning)									
1993		90	91	39	45	20	24	58	40
1994		64	67	49	50	41	59	58	43
1995		67	65	38	42	38	38	46	34
1996		50	51	38	35	38	32	46	39
1997		71	61	36	42	32	24	58	46
1998		41	43	39	43	30	28	38	36
Medel 1993-98		64	63	40	43	33	34	51	39
Tidig vår (före vårplöjning)									
1994		42	45	45	46	39	41	49	35
1995		35	31	45	43	47	49	40	34
1996		87	78	72	82	73	76	78	55
1997		77	64	56	53	55	51	59	57
1998		60	57	57	54	42	53	58	46
1999		46	51	50	52	48	57	41	52
Medel 1994-99		60	55	55	56	51	54	57	45

Kväve i jord

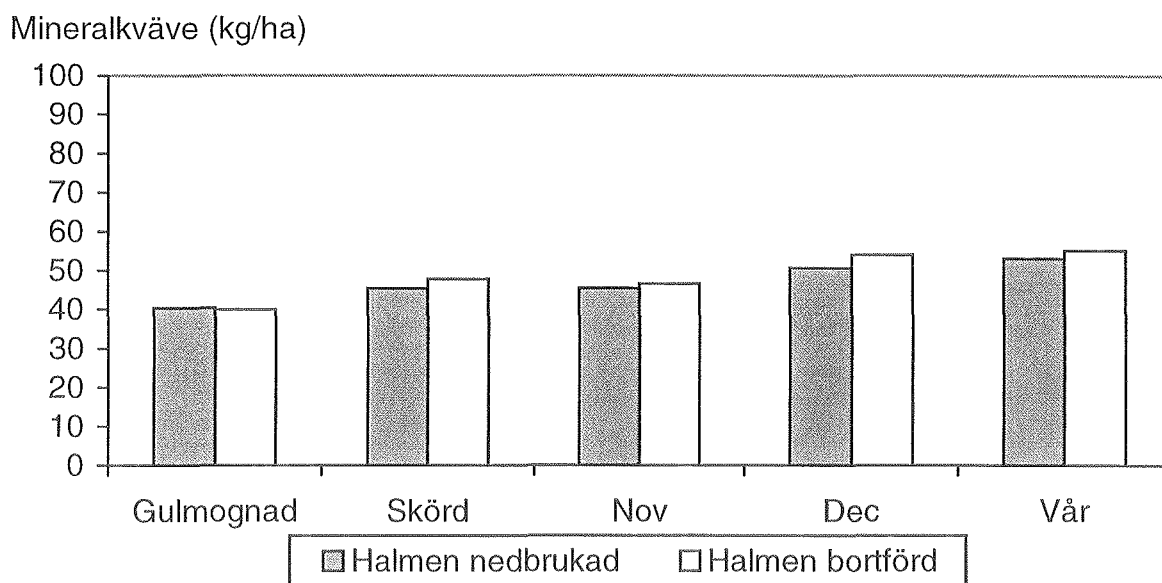
Innehåll av mineralkväve (kg N ha^{-1}) i 0-90 cm i marken i alla led (A-H) vid respektive provtagningstidpunkt varje år visas i tabell 8. I figur 2 visas medelvärdet i 0-90 cm för alla år i de fem olika bearbetningsleden (tidig höstplöjning, sen höstplöjning med och utan fånggröda, tidig stubbearbetning med sen höstplöjning och vårplöjning) vid respektive provtagningstidpunkt. I figur 3 visas hur halmbehandlingarna (halmen nedbrukas eller förs bort) påverkar innehållet av mineralkväve i 0-90 cm. Figur 4 visar innehållet av mineralkväve i 0-30 cm i bearbetningsleden medan figur 5 visar innehållet i 30-90 cm. Skillnaderna i kväveinnehåll i marken mellan bearbetningsleden har varit statistiskt signifikanta de år rutvis provtagning utförts och därmed statistisk analys varit möjlig. Mängden mineralkväve i 0-90 cm under hösten har varje år varit betydligt större i de tidigt höstbearbetade leden än i de med senarelagd bearbetning. Innehållet av kväve har också ökat kraftigt från provtagningen omedelbart före den tidiga plöjningen fram till den sena plöjningen i de tidigt bearbetade leden. Detta tyder på en stor skillnad i kväve mineralisering under hösten mellan tidig respektive sen höstplöjning eller vårplöjning. En kraftig mineralisering under hösten då nederbörden är riklig och ingen gröda växer ökar risken för stora förluster av kväve från åkermark genom utlakning.



Figur 2. Mineralkväve (kg N ha^{-1}) i marken i 0-90 cm i medeltal 1993-1999 vid respektive provtagningstidpunkt i de olika bearbetningsleden i försök R2-8405, Mellby (A+B = tidig höstplöjning, C+D = sen höstplöjning, E+F = sen höstplöjning med fånggröda, G = tidig stubbearbetning och sen höstplöjning och H = vårplöjning).

Halmbehandlingarna har hittills haft en mycket liten betydelse för innehållet av mineralkväve. Dock tenderar effekten av nedbrukning respektive bortförsel av halm från försöket på innehållet av mineralkväve i marken att förändras med åren. De första åren såg bortförslens av halm ut att ge större mineralkväveinnehåll under hösten men sedan verkade trenden vändas. Denna trend har ej bibehållits utan resultaten har varierat så det är ännu för tidigt att dra slutsatser om hur bearbetningsåtgärderna i kombination med halmbehandlingarna påverkar risken för kväveutlakning. Halmskördarna (tabell 4) har varierat mycket mellan led och år. De

största eller minsta kärnskördarna har inte motsvarats av störst respektive minst halmskörd. Detta har försvårat utvärderingen av halmnedbrukningens betydelse för utlakningen av kväve vid olika bearbetningstidpunkt.

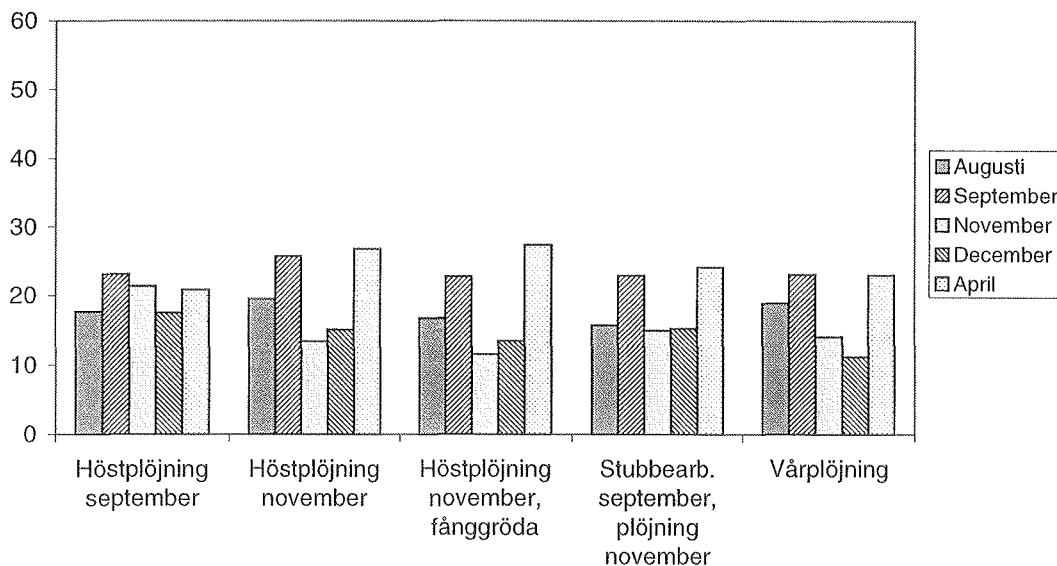


Figur 3. Mineralkväve (kg N ha⁻¹) i marken i 0-90 cm 1993-1999 i de två olika halmbehandlingarna i försök R2-8405, Mellby, vid respektive provtagningstidpunkt och år (halmen nedbrukad = medeltal av A+C+E+G+H, halmen bortförd = medeltal av B+D+F).

Innehållet av mineralkväve i marken tidigt på våren var relativt stort både 1996, 1997 och 1998 jämfört med tidigare år. Lägre skördar, och därmed ett minskat kväveupptag och bortförelse av kväve med huvudgrödan, kan ha påverkat innehållet av mineralkväve i marken, speciellt tidigt på hösten vissa år. Den stubbearbetning som utfördes tidigt på hösten för att bland annat bruka in skörderesterna ytligt för jämnare fördelning har i detta försök inneburit en betydande ökning av utlakningsriskerna. Det har ansetts att inbrukning av halm på hösten medför ökad immobilisering av kväve och därmed minskning av utlakningen. Här har istället den intensiva jordbearbetningen både tidig och sen höst medfört hög nettomineralisering höst och vinter och därmed stor utlakning av nitrat.

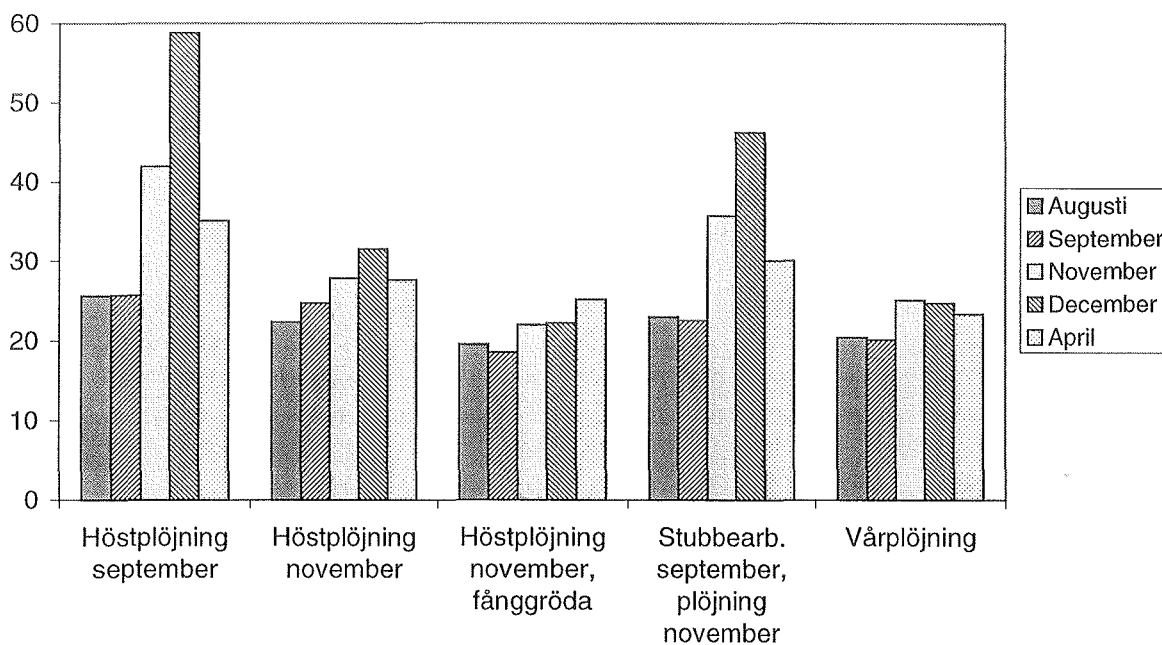
Vid jämförelse av figur 4 och 5 (mineralkväve i matjord respektive alv) kan man se att innehållet av mineralkväve ökar starkt i 30-90 cm under hösten i de tidigt bearbetade leden jämfört med de sent bearbetade leden. Den ökningen ser man dock ej om endast de översta 30 cm i marken studeras. Med de tidpunkter för provtagning vi använt i försöket kan vi alltså ej studera när mineraliseringen sker i respektive led. Det vore önskvärt att öka kunskapen om när mineraliseringen av kväve sker efter en bearbetning för att ytterligare kunna styra omsättningen av kväve i marken för bättre hushållning av kväve och minskade förluster av kväve till omgivningen. För att studera detta krävs betydligt tätare provtagning än vi hittills praktiserat i försöket.

Mineralkväve (kg/ha)



Figur 4. Mineralkväve (kg N ha^{-1}) i marken i 0-30 cm i medeltal 1993-1999 vid respektive provtagningstidpunkt i de olika bearbetningsleden i försök R2-8405, Mellby (A+B = tidig höstplöjning, C+D = sen höstplöjning, E+F = sen höstplöjning med fånggröda, G = tidig stubbearbetning och sen höstplöjning och H = vårplöjning).

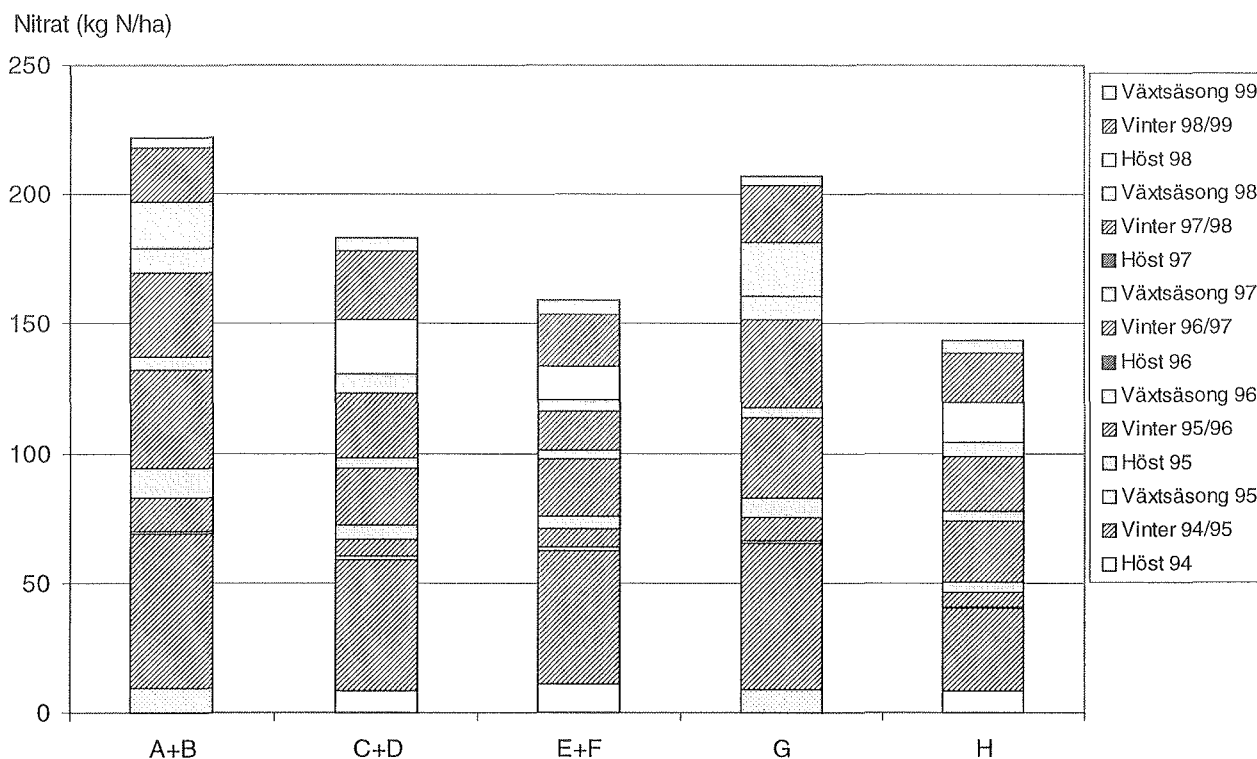
Mineralkväve (kg/ha)



Figur 5. Mineralkväve (kg N ha^{-1}) i marken i 30-90 cm i medeltal 1993-1999 vid respektive provtagningstidpunkt i de olika bearbetningsleden i försök R2-8405, Mellby (A+B = tidig höstplöjning, C+D = sen höstplöjning, E+F = sen höstplöjning med fånggröda, G = tidig stubbearbetning och sen höstplöjning och H = vårplöjning).

Utlakning av nitratkväve

I figur 6 och 7 visas den ackumulerade nitratutlakningen beräknad från nitratkoncentrationerna på 60 respektive 90 cm djup till och med juni 1999 i de fem jordbearbetningssystemen (tidig höstplöjning, sen höstplöjning med och utan fånggröda, tidig stubbearbetning med sen höstplöjning och vårplöjning). I tabell 9 redovisas årsvis utlakning av nitrat (kg N ha^{-1}) beräknad både från 60 och 90 cm djup. Nitratkoncentrationerna har varit högre på 60 cm än på 90 cm djup. Likaså har skillnaderna mellan leden varit större på 60 cm djup. Det bekräftar misstankar om att grundvatten påverkar nitratkoncentrationerna i markvattnet på 90 cm djup eller att nitrat försvinner på grund av andra processer än utlakning, till exempel denitrifikation. Den ackumulerade utlakningen under försöksåren till och med 1999 har dock varit störst från de tidigt bearbetade leden och minst från det vårplöjda ledet oavsett vilket djup utlakningen beräknats ifrån. Utlakningen från sen höstplöjning med fånggröda har varit något mindre än från sen höstplöjning utan fånggröda men större än där marken plöjts på våren. I fältförsök i Danmark har Hansen och Djurhuus (1997a) visat att nitratutlakningen från en lerig sand minskade när plöjningen utfördes på våren istället för på hösten. Likaså minskade utlakningen när stubbearbetning före plöjningen slopades.

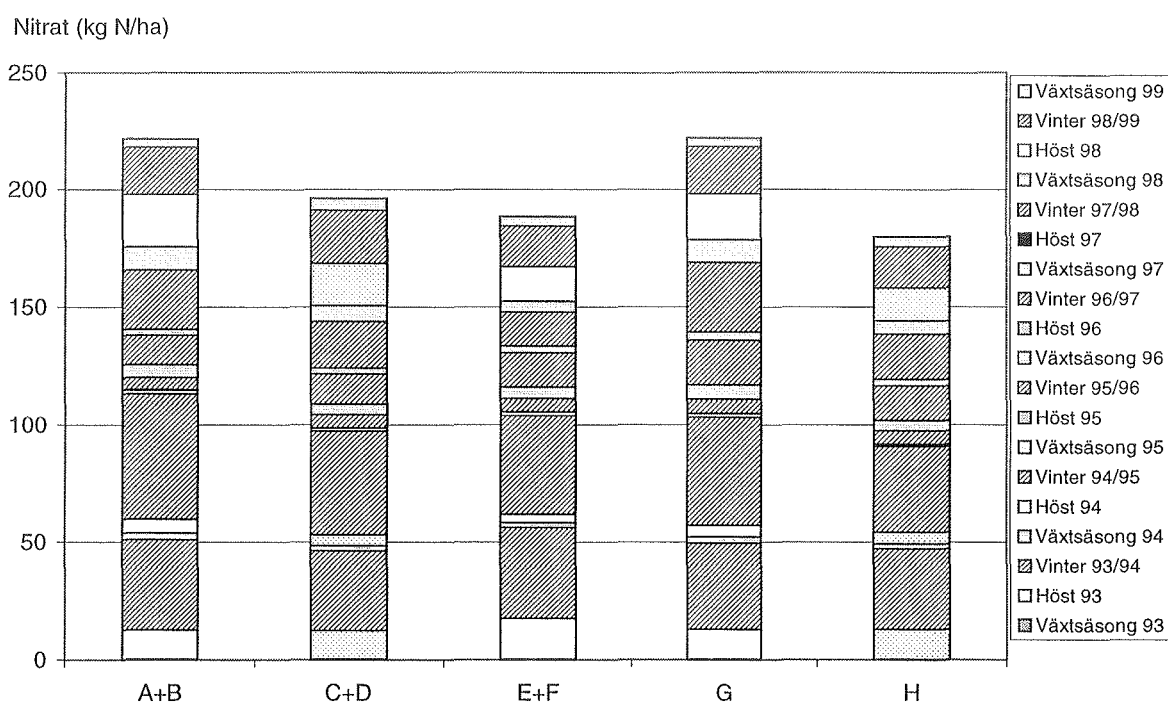


Figur 6. Ackumulerad nitratutlakning (kg N ha^{-1}) beräknad från nitratkoncentrationer i markvattnet på 60 cm djup i försök R2-8405 fr.o.m. juli 1994 t.o.m. juni 1999 fördelad på tre perioder (växtsäsong = april t.o.m. juli, höst = augusti t.o.m. oktober och vinter = november t.o.m. mars). Första jordbearbetningsåtgärden i försöket utfördes första veckan i september 1993 (A+B = tidig höstplöjning, C+D = sen höstplöjning, E+F = sen höstplöjning med fånggröda, G = tidig stubbearbetning och sen höstplöjning och H = vårplöjning).

De olika halmbehandlingarna (nedbrukning eller ej av halm) i försöket har hittills haft en mycket liten betydelse för utlakningen av nitrat från försöket. Dock finns en tendens att den ackumulerade utlakningen av nitrat från försöket är större från leden där halmen nedbrukas. Denna skillnad är dock mycket liten.

Tabell 9. Utlakning av kväve (kg N ha^{-1}) årsvis (agrohydrologiskt år 1/7-30/6) beräknad från nitratkoncentrationer i markvattnet på 60 och 90 cm djup

Djup	År	A	B	C	D	E	F	G	H
60 cm	94/95	72	68	60	60	63	64	66	41
	95/96	25	24	13	11	12	12	16	10
	96/97	44	41	30	22	27	23	35	27
	97/98	44	30	30	27	17	17	38	23
	98/99	48	48	52	60	37	45	51	42
Summa 940701-990630		233	211	186	180	156	162	207	143
90 cm	93/94	52	56	53	45	50	67	52	49
	94/95	59	63	50	49	48	47	52	42
	95/96	12	10	11	10	10	11	12	10
	96/97	15	15	17	13	17	18	23	18
	97/98	31	30	25	22	17	16	35	22
	98/99	50	52	49	50	37	41	48	39
Summa 930701-990630		218	226	204	188	178	199	222	180



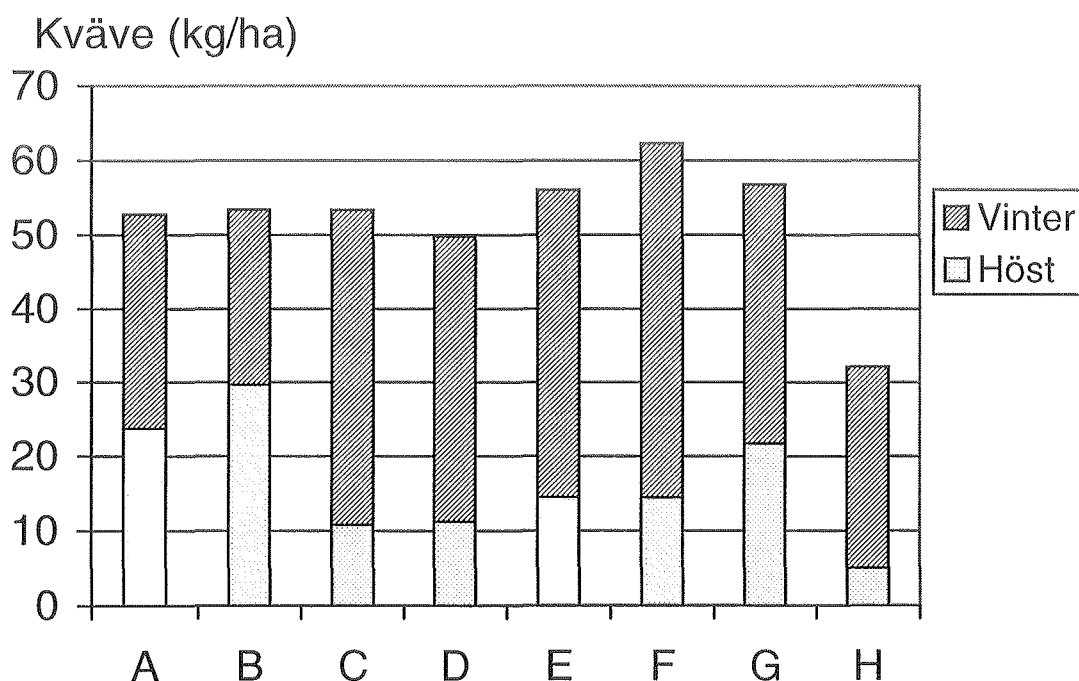
Figur 7. Ackumulerad nitratutlakning (kg N ha^{-1}) beräknat från nitratkoncentrationer i markvattnet på 90 cm djup i försök R2-8405 fr.o.m. juli 1993 t.o.m. juni 1999 fördelad på tre perioder (växstsäsong = april t.o.m. juli, höst = augusti t.o.m. oktober och vinter = november t.o.m. mars). Första jordbearbetningsåtgärden i försöket utfördes första veckan i september 1993 (A+B = tidig höstplöjning, C+D = sen höstplöjning, E+F = sen höstplöjning med fånggröda, G = tidig stubbearbetning och sen höstplöjning och H = vårplöjning).

Mineralisering av kväve

I figur 8 visas beräknad nettomineralisering av kväve (kg N ha^{-1}) under höst (augusti till och med oktober) och vinter (november till och med mars) i led A-H i försöket som ett medel för år 1993-1999. Beräkningen av nettomineraliseringen (eller tillskottet av kväve under perioden som studeras) i försöket visar att mineraliseringen har varit betydligt lägre vid vårplöjning under framförallt hösten men även under vintern än där bearbetningen utförts tidigt eller sent under hösten. Dock kan vi ej utesluta att förluster genom denitrifikation förekommit och att de varit olika stora efter tidig eller sen höstplöjning eller efter vårplöjning.

Nettomineraliseringen under hösten har varit störst efter tidig bearbetning. Den ackumulerade utlakningen under försöksperioden var nästan lika stor där marken stubbearbetats tidigt som där den plöjts tidigt. Nettomineraliseringen under hösten har dock varit lägre i det stubbearbetade ledet. Dock har nettomineraliseringen varit relativt stor även under vintern i det stubbearbetade ledet då det dessutom plöjts på senhösten. Den totala mineraliseringen under höst och vinter har därför varit större i det mer intensivt bearbetade ledet med både stubbearbetning och plöjning än där plöjning tidig höst varit den enda bearbetningen.

Nettomineraliseringen under vintern i de sent höstplöjda leden har varit större i ledet med fånggröda än i ledet utan fånggröda. Den totala utlakningen har däremot varit lägre där en fånggröda växt under hösten och sedan brukats ned än i det sent plöjda ledet utan fånggröda. Tillskottet av kväve genom nettomineralisering i ledet med fånggröda sker troligen senare på vintern än i det sent plöjda ledet utan fånggröda.



Figur 8. Nettomineralisering (kg N ha^{-1}) under höst (augusti till och med oktober) och vinter (november till och med mars) i led A-H som ett medel för år 1993-1999. Mineraliseringen är beräknad från innehåll av mineralkväve i marken, totalkväve i ovanjordisk gröda och utlakning vid början och slut av respektive period.

Sammanfattning

Resultaten i projektet under åren 1993-1999 har tydligt visat, att tidpunkt för jordbearbetning och val av jordbearbetningsmetoder på hösten starkt påverkar kväve mineraliseringen i marken under hösten och vintern och därmed även risken för utlakning av kväve. Innehållet av mineralkväve i marken på hösten har varit betydligt större i tidigt bearbetade led än där bearbetningen senarelagts. Likaså har den ackumulerad utlakningen av nitrat varit störst från de tidigt bearbetade försöksrutorna. Vårplöjning har inneburit minst utlakning av nitrat liksom den lägsta mineraliseringen av kväve i marken under höst och vinter.

Stubbearbetning tidigt på hösten för att bland annat bruka in skörderesterna ytligt för jämnare fördelning har i detta försök inneburit en betydande ökning av utlakningsriskerna. Det har ansetts att inbrukning av halm på hösten medför ökad immobilisering av kväve och därmed minskning av utlakningen. Hittills har effekterna av nedbrukning eller ej av halm varit mycket små och visar på olika resultat olika år. Det är alltså ännu för tidigt att dra slutsatser om hur bearbetningsåtgärderna i kombination med halmbehandlingarna påverkar risken för kväveutlakning. Effekten av halmnedbrukning årligen kan vara betydligt mer långsiktig än vi hittills kunnat studera.

Skörden i försöket har i genomsnitt för de sex skördeåren varit lägre efter sen plöjning och efter vårplöjning än efter sen höstplöjning med fånggröda eller föregående stubbearbetning och efter tidig höstplöjning. Dessa ledvisa skördeminskningar i försöket har berott på kraftiga skördeminskningar enskilda år. Dels har dessa minskningar berott på kvickrotsinfektion i led där bearbetningen senarelagts, framför allt i det vårplöjda ledet, och dels har fåglars skadeverkningar orsakat stora skördebortfall år då tidig sådd praktiserats i det vårplöjda ledet.

Slutsatser

Utlakning av kväve från lätta jordar i södra Sverige kan minskas betydligt om plöjning av marken utförs på våren istället för tidigt eller sent på hösten. Tidig plöjning på hösten har orsakat den största kväveutlakningen. Stubbearbetning tidigt på hösten medför en stor risk för kväveutlakning istället för en ökad immobilisering av kväve. Sen höstplöjning ger mindre kväveutlakningen än tidig höstplöjning. Utlakningen minskar ytterligare om en fånggröda får växa och ta upp kväve under hösten innan sen höstplöjning. Nettomineralisering av kväve under höst och vinter är minst när marken vårplöjs. Nedbrukning av en fånggröda sent på hösten har gett störst nettomineralisering under vintern.

Framtida forskningsbehov

Vi vill nu även fortsättningsvis utnyttja försöket till att belysa de långsiktiga effekterna av tidpunkter för jordbearbetning höst och vår och av nedbrukning eller ej av växtrester vid dessa tidpunkter. Vi anser också att de hittills erhållna resultaten behöver valideras för att behålla trovärdigheten i nuvarande regler för Grön mark.

Dessutom vill vi använda försöket till att försöka besvara följande frågor:

1. När efter en bearbetning startar mineraliseringen av skörderester och i vilken grad?
2. När efter en nedbrukning av en fånggröda startar mineraliseringen och i vilken grad?
3. Kan vi med hjälp av en tätare provtagning besvara dessa frågor?

Vår huvudhypotes är att vi med hjälp av rätt jordbearbetningsåtgärd vid rätt tidpunkt kan styra mineraliseringen på ett mycket effektivare sätt än idag.

De närmaste åren vill vi förändra provtagningarna i försöket och utveckla metodiken för att i fältförsök studera hur vi ska kunna styra mineraliseringen av kväve i marken med tidpunkten för jordbearbetning. Vi planerar följande:

Vi påbörjar månadsvis provtagning och mineralkväveanalys av markprofilen ned till 90 cm djup. Dessutom provtar vi profilen 14 dagar efter respektive bearbetningstidpunkt. Vi utesluter detta år all provtagning av grödor då vi vill hålla kostnaden nere. Vi fortsätter med provtagningen av markvatten för att bibehålla kontinuiteten i denna analys och veta hur mycket kväve vi förlorar från försöket genom utlakning.

Följande år fortsätter vi med månadsvis jordprovtagning. Detta år utesluter vi kvävegödslingen i hela försöket för att kunna göra en bestämning av nettomineraliseringen av kväve efter olika tidpunkter för bearbetning under växtsäsongen vilket ej varit möjligt tidigare i försöket. Vi kan ej anlägga så kallade ON-rutor i detta försök då försöksrutornas storlek är begränsad. Huvudgrödan provtas och analyseras på kväveinnehåll detta år med ogödslade rutor. Även effekten av nedbrukningen av växtrester eller ej vid olika tidpunkter kan bättre belysas av ett sådant år. Efterföljande år återupptas kvävegödslingen för att kunna studera mineraliseringen av kväve under förhållanden med för brukad åkermark normala kvävemängder i marken.

Vi avser sedan att gå vidare med ett nytt projekt där vi ytterligare vill belysa effekter av tidpunkten för bearbetning. Då vill vi studera detta efter olika förfrukter och även efter andra tidpunkter för bearbetning än som hittills studerats, främst tidpunkten för plöjning på våren. En alltför tidig vårplöjning kan vara ogynnsamt för kvävehushållningen.

Referenser

- Aronsson, H. & Torstensson, G. 1998. Measured and simulated availability and leaching of nitrogen associated with frequent use of catch crops. *Soil Use and Management* 14:6-13.
- Aronsson, H., Stenberg, M., Lindén, B. Gustafsson, A. & Rydberg, T. 1994. Soil tillage systems with and without a catch crop - nitrogen mineralization and risk of nitrate leaching. In: *Proceedings of NJF seminar no. 245 "The use of catch or cover crops to reduce leaching and erosion"*, Knivsta, 3-4 Oct. 1994. NJF-utredning/rapport nr. 99:93-104.
- Arvidsson, J. 1997. Tidig sådd på lätt jord i Halland. In: J. Arvidsson (Ed.), *Jordbearbetningsavdelningens årsrapport 1996*. Rapport nr. 91, Avd. för jordbearbetning, SLU, Uppsala. 80 s.

- Djurhuus, J. 1990. Sammenligning af nitrat i jordvand udtaget med sugekopper og ekstrahert fra jordprøver. Landbrugsministeriet, Statens Planteavlsvforsøg, Sæertryk af Tidsskrift for Planteavl, 94:487-495.
- Hansen, E.M. 1991. Sammenligning af keramiske sugekopper og lysimetre med hensyn til udtagning af jordvæske til bestemmelse af NO₃-N-koncentration. Statens Planteavlsvforsøg, Beretning nr. 2119. Lyngby, Danmark.
- Hansen, E.M. & Djurhuus, J. 1997a. Nitrate leaching as influenced by soil tillage and catch crop. *Soil Tillage Res.* 41: 203-219.
- Hansen, E.M. & Djurhuus, J. 1997b. Yield and N uptake as affected by soil tillage and catch crop. *Soil Tillage Res.* 42: 241-252.
- Hessel, K., Aronsson, H., Torstensson, G., Gustafson, A., Lindén, B., Stenberg, M. & Rydberg, T. 1999. Mineralkvævedynamik och växtnäringutlakning i handels- och stallgödslade odlingssystem med och utan fånggröda. Resultat från en grovmojord i södra Halland, perioden 1990-1998. *Ekohydrologi* nr. 50, Avd. f. vattenvårdslära, SLU.
- Lewan, E. 1994. Effects of a catch crop on leaching of nitrogen from a sandy soil: Simulations and measurements. *Plant and Soil* 166:137-152.
- Lindén, B. 1994. Jordbearbetning och kväveutlakningsrisker. Föredrag vid Södra Jordbruksforsöksdistriktets "Regionala växtodlings- och växtskyddskonferens i Växjö" 7-8 december 1994. Meddelande från Södra Jordbruksforsöksdistriktet, nr 43, s. 15:1-10.
- Stenberg, M. 1998. Soil tillage influences on nitrogen conservation. Doctoral thesis. *Acta Universitatis Agriculturae Sueciae. Agraria* 129.
- Stenberg, M. & Aronsson, H. 1995. Jordbearbetning - kväveutlakning. Fältforsök i Halland 1993-1995. SLU, Uppsala. Avd. f. vattenvårdslära. Teknisk rapport 17.
- Stenberg, M. & Aronsson, H. 1996. Jordbearbetning - kväveutlakning. Fältforsök i Halland 1993-1996. SLU, Uppsala. Avd. f. vattenvårdslära. Teknisk rapport 34.
- Stenberg, M., Aronsson, H. & Lindén, B. 1995. Nitrate leaching as affected by time for tillage operation and a ryegrass catch crop. NJF:s XX kongress, Reykjavik, 26-29 juni 1995. *Nordisk jordbruksforskning* nr. 3 1995:79.
- Stenberg, M., Aronsson, H., Lindén, B., Rydberg, T. & Gustafson, A. 1997. Nitrogen leaching in different tillage systems. International Soil Tillage Research Organization. Proceedings of 14th International Conference, Puławy, Poland, 1997. *Fragmenta Agronomica* 2B/97:605-608.
- Stenberg, M., Aronsson, H. & Lindén, B. 1998. Soil tillage and nitrogen leaching. In: "Soil tillage and biology". NJF seminar no. 286. Ås, Norway.
- Stenberg, M., Aronsson, H., Lindén, B., Rydberg, T. & Gustafson, A. 1999. Soil mineral nitrogen and nitrate leaching losses in soil tillage systems combined with a catch crop. *Soil Tillage Res.* 50:115-125.
- Torstensson, G. 1998. Nitrogen availability for crop uptake and leaching. Doctoral thesis. *Acta Universitatis Agriculturae Sueciae. Agraria* 98.

MEDDELANDEN FRÅN JORDBEARBETNINGSAVDELNINGEN

Nr	År	
1	1992	Johan Arvidsson, Sixten Gunnarsson, Lena Hammarström Inge Håkansson, Tomas Rydberg, Maria Stenberg, Bo Thunholm: 1990 års jordbearbetningsförsök. 40 s.
2	1992	Mats Tobiasson: EKOODLAREN - En studie av ett kombinationsredskap för sådd och ogräshackning, utförd våren och sommaren 1991. Examensarbete. 19 s.
3	1993	Mats Tobiasson: Såbillar för reducerad bearbetning. Undersökningar av nya såbillar för odlingssystem med reducerad bearbetning, utförda 1991 och 1992. 23 s.
4	1993	Anna Borg: Flöden av kväve och fosfor i Forshällaåns avrinningsområde - beräkning av olika källors bidrag till växtnäringsläckaget. Examensarbete. 45 s. <i>Flows of nitrogen and phosphorus in the Forshällaån watershed - estimations of the contributions from different sources to the leaching of plant nutrients. 45 pp.</i>
5	1993	Thomas Grath: <i>Effects of soil compaction on physical, chemical and biological soil properties and crop production.</i> 101 pp.
6	1993	Estela Pasuquin: <i>Tillage influences on soil conditions and crop response under dry weather in the Philippines and in Sweden.</i> 62 pp.
7	1994	Hans Pettersson: Radhackning i stråsäd med ny hackutrustning. Examensarbete. 28 s. <i>Rowhoeing in cereals with new hoeing equipment. 28 pp.</i>
8	1994	Jörgen Lidström och Lars Olsson: Nya såmaskiner för reducerad bearbetning. Examensarbete. 57 s. <i>New drills for reduced tillage. 57 pp.</i>
9	1994	Sara Lindén: Tidig start och tillväxt avsockerbeter. Examensarbete. 37 s. <i>Early start and growth of sugarbeets. 37 pp.</i>
10	1994	Sasa Ristic och Tomas Rydberg. Optimering av bearbetningsintensitet och jordpackning samt studier av markfysikaliska orsaker till ojämna bestånd i oljeväxter. 13 s.
11	1994	Jennie Andersson: Vattenhaltsmätningar med TDR (time domain reflectometry) och neutronsond i försök med tidig sådd av korn. 37 s. <i>Soil moisture measurements with TDR (time domain reflectometry) and neutron probe in a field experiment of early sown barley. 37 pp.</i>

Nr	År	
12	1994	Anders Gustafsson: Totalinnehåll och djupfördelning av organisk substans i mångåriga plöjningsdjupsförsök. Examensarbete. 25 s. <i>Total content and vertical distribution of organic matter in long-term experiments with different ploughing depths. 25 pp.</i>
13	1995	Sixten Gunnarsson och Göran Kritz. Olika bearbetningssystem i potatisodlingen. 12 s. <i>Different tillage systems and potato growth. 12 pp.</i>
14	1995	Daniel Johansson: Groning och plantetablering vid låga temperaturer i kärnförsök och i fältförsök med tidig sådd. 35 s. <i>Germination and plant development at low temperature in pot and field experiments. 35 pp.</i>
15	1995	Åse Littorin Johansson: Radhackning i stråsäd. 28 s. <i>Row hoeing in cereals. 28 pp.</i>
16	1995	Johan Arvidsson: Återpackning vid sådd i plöjningsfri odling. 12 s. <i>Recompaction in ploughless tillage. 12 pp.</i>
17	1995	Inge Håkansson, Editor: <i>Reports of project works by participants in the course "Soil Tillage and Related Soil Management Practices"</i> . 73 pp.
18	1995	Johan Arvidsson & Virginius Feiza: Låga ringtryck i odling med och utan plöjning. 20 s. <i>Low inflation pressure in conventional and ploughless tillage. 20 pp.</i>
19	1995	Anna Lena Carlsson: Näring, kadmium och bakterier i hushållsavlopp - En fältstudie av ett urinsorterande avloppssystem med lecabädd i Östhammar. 50 s. <i>Plant nutrients, cadmium and bacteria in household wastewater - A field study of a urine separation system combined with a leca-filter in Östhammar. 50 pp.</i>
20	1996	Carl Blackert: Plöjningsfri odling och strukturkalkning på lerjordar. Effekter på markfysikaliska egenskaper och avkastning. 29 s. <i>Ploughless tillage and structural liming on clay soils. Effects on soil physical characteristics and yield. 29 pp.</i>
21	1996	Johan Bengtson: Concorde - En utvärdering av ett redskap för harvning och sådd. 26 s. <i>Concorde - An evaluation of an implement for harrowing and sowing. 26 pp.</i>

Nr	År	
22	1996	Rickard Ivarsson: Plöjningsfri odling och strukturkalkning på lerbjördar. Effekter på markbiologiska, markkemiska och markfysikaliska egenskaper, samt ogräs och skörd. 51 s. <i>Ploughless tillage and structural liming on clay soils 51 pp</i>
23	1996	Sasa Ristic: Tryck och tryckverkningar under olika traktorhjul. 24 s. <i>Soil compaction under different tractor wheels. 24 pp.</i>
24	1998	Thomas Wildt Persson: Markfysikaliska undersökningar på sockerbetsodlande gårdar. 37 s. <i>Soil physical investigations in sugar beet fields. 37 pp.</i>
25	1998	Lennart Olsson och Patrik Persson: Förändring i markvattenhalt vid odling av sockerbeter och vårstråsäd. 20 s. <i>Changes in soil water content in sugarbeet and spring-sown cereal crops. 20 pp.</i>
26	1999	John Löfkvist: Såbäddens betydelse för sockerbetans uppkomst och tillväxt. 45 s. <i>The importance of the seed bed for the emergence and growth of the sugar beet. 45 pp.</i>
27	1999	Urban Svensson: Markfysikaliska undersökningar på sockerbetsodlande gårdar 1998. <i>Soil physical investigations in sugar beet fields 1998.</i>
28	1999	Erika Sjöberg, Lennart Olsson & Patrik Persson: En modell för beräkning av markens packningskänslighet under vegetationsperioden – mätningar och simuleringar på två skånska moränjordar. 32 s. <i>A model for calculation of soil compactability during the growing period – measurements and simulations on two moraine soils in southern Sweden. 32 pp.</i>
29	1999	Maria Stenberg, Helena Aronsson, Tomas Rydberg, Börje Lindén & Arne Gustafson: Inverkan av olika bearbetningstidpunkter på kväve mineraliseringen under vinterhalvåret och på kväveutlakningen i odlingssystem med och utan fånggröda. Resultat 1993-1999 från fältförsök R2-8405 i Halland. 18 s. <i>Influence of early or late autumn tillage on nitrogen mineralization and nitrogen leaching in cropping systems with and without a catch crop. 18 pp.</i>

