

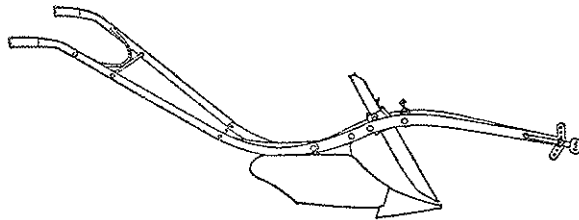


SVERIGES
LANTBRUKSUNIVERSITET
UPPSALA

INSTITUTIONEN FÖR MARKVETENSKAP

RAPPORTER FRÅN _____ JORDBEARBETNINGSAVDELNINGEN

Swedish University of Agricultural Sciences,
S-750 07 Uppsala
Department of Soil Sciences
Reports from the Division of Soil Management



Nr 110

2006

Åsa Myrbeck, Tomas Rydberg, Maria Stenberg,
Helena Aronsson

**Inverkan av olika bearbetningstidpunkter på
kvävemineralsningen under vinterhalvåret och på
kväveutlakningen i odlingssystem med och utan
fånggröda. Slutrapport från försök 2000-2005.**

ISSN 0348-0976

ISRN SLU-JB-R--110--SE

Inverkan av olika bearbetningstidpunkter på kvävemineriseringen under vinterhalvåret och på kväveutlakningen i odlingssystem med och utan fånggröda. Slutrapport från försök 2000-2005.

Förord

Denna rapport utgör en slutredovisning för åren 2000-2005 från det av Jordbruksverket stödda projektet "Inverkan av olika bearbetningstidpunkter på kvävemineriseringen under vinterhalvåret och på kväveutlakningen i odlingssystem med och utan fånggröda" (R2-8405). Projektet genomförs som ett fältförsök på Mellby i Halland. Försöket sköts av Erik Ekre och Magnus Håkansson vid Hallands läns Hushållningssällskap. Analyser av mark och grödor utförs vid Avdelningen för växtnäringslära vid SLU.

Försöket som är långliggande startade redan 1993 och resultat från det ligger till grund för Jordbruksverkets regler för utlakningsbegränsande åtgärder på EU-träda och Grön mark och har använts i rådgivning och utbildning både regionalt och nationellt. Resultaten från 1993 t o m 1999 finns sammanfattade i en rapport från Avdelningen för jordbearbetning (Stenberg et al., 1999a). Utvärdering av resultaten i försöket under åren 1993-1999 har även redovisats av Lindén (1994), Stenberg (1998), Stenberg & Aronsson (1995, 1996), och Stenberg et al. (1995, 1998, 1999b).

Jordbearbetningsavdelningen, SLU, februari 2006

Åsa Myrbeck, Tomas Rydberg

Summary

This field experiment "Influence of early or late autumn tillage on N-mineralisation and N-leaching in cropping systems with and without a catch-crop" was established in 1993 on a sandy loam at Mellby, Halland, in south-western Sweden. The objective was to investigate the effect of timing of mouldboard ploughing (early autumn, late autumn or spring) on soil mineral nitrogen content and nitrate leaching in a cropping system with spring-sown small grain crops. Late autumn ploughing was studied with and without a catch-crop (perennial ryegrass) and with and without preceding stubble cultivation. The effects of removal compared to incorporation of straw were also studied. In this report, results from 2000-2005 are presented. More detailed information about measurements and results during the period 1993-1999 are presented in Stenberg et al. (1999).

Soil mineral nitrogen in the 0-30, 30-60 and 60-90 cm layers was measured on several occasions during autumn and early spring to estimate the risk for nitrate leaching during autumn and winter. Sampling of soil water was carried out during the period 1993-1999. However in 2000, it was replaced by intensified soil sampling after autumn tillage to investigate when in time extra mineralisation takes place after a tillage operation. Net nitrogen mineralisation was determined during the 2003 growing season to show long-time effects on nitrogen turnover in soil of different soil tillage systems, residue treatments and catch crops. Due to an increase in couchgrass in spring-

ploughed plots, weed topping using a rotor mower was introduced in autumn 2001 in one half of these plots.

Results from the period 2000-2005 confirmed the conclusions from 1993-1999 that timing and intensity of soil tillage have a major influence on nitrogen mineralisation in soil during autumn and winter, and thereby also on the risk for nitrogen leaching. The soil profile contained considerably more mineral nitrogen during autumn after early mouldboard ploughing and early stubble cultivation than after delayed tillage. The treatments with a catch crop or spring ploughing showed the lowest mineral nitrogen values. Furthermore, the effect of the catch crop remained unchanged during the years, showing that after more than 10 years of continuous cropping, nitrogen uptake still exceeded a possible increased release of nitrogen from incorporated green material. The effect of incorporation or removal of crop residues was comparatively small. The immobilisation effect that could be expected after straw incorporation was limited to the first three years. Results thereafter showed a trend towards higher soil mineral nitrogen content in treatments with straw incorporation, indicating increased amounts of mineralisable organic nitrogen in the soil after continuous incorporation.

Tillage early in autumn led to a rapid increase in soil mineral nitrogen. On average (2000-2002), early mouldboard ploughing caused an increase in soil mineral nitrogen of 12 kg per hectare during the first three weeks

after tillage compared to the untilled treatment. Initially, soil mineral nitrogen increased more after stubble cultivation than after mouldboard ploughing. However, whereas the increase after stubble cultivation was limited to a short period (2-4 weeks) after the tillage operation, soil mineral nitrogen after mouldboard ploughing continued to increase for several months. Nitrogen mineralisation initiated by late tillage was small. Replacing mouldboard ploughing with reduced tillage thus presumably reduces the risk for nitrogen leaching in situations where tillage is carried out early in autumn, but has very limited effect when tillage is carried out late in autumn.

Net soil nitrogen mineralisation, measured after 10 years of different cultivation practices, showed that yearly incorporation of organic matter, both catch crop and straw, increased mineralisation during the growing season. Soil nitrogen delivery was highest in the catch crop treatment. Net nitrogen mineralisation was also higher where late tillage was practised (51 kg per hectare) than where early tillage was practised (43 kg per hectare). However, this could be an effect of the different tillage treatments in the preceding autumn or a long-term effect. Crop yield during the period 2000-2005 was highest after late tillage, both with and without a catch crop. The increase of couchgrass in spring-ploughed plots in several years caused a yield reduction, but topping of weeds in spring-ploughed plots with a rotor mower reduced the amount of couchgrass shoots by up to 50%.

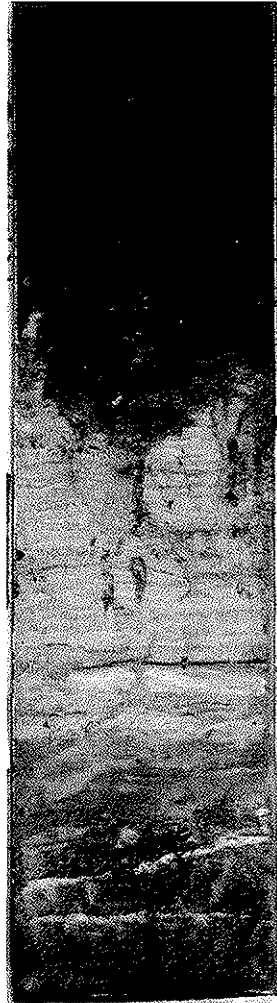


Foto: Maria Henriksson

The Mellby soil profile, 0-90 cm depth

Inverkan av olika bearbetningstidpunkter på kvävemineraliseringen under vinterhalvåret och på kväveutlakningen i odlingssystem med och utan fånggröda. Slutrapport från försök 2000-2005.

Innehållsförteckning

Sammanfattning	3
Inledning	4
Mål	5
Material och metoder	6
Försöksplan och försöksupplägg	6
Provtagning	7
Resultat och diskussion	9
Skördar	9
Mineralkväve i marken	10
Mineraliseringsförloppet efter olika höstbearbetningar	15
Halmnedbrukning – långsiktiga effekter	19
Fånggröda – långsiktiga effekter	20
Efterverkan - mineralisering under växtsäsongen	21
Putsning av kvickrot	22
Slutsatser	23
Litteratur	24

Sammanfattning

Detta fältförsök startades 1993 utifrån antagandet att jordbearbetningsmetod samt tidpunkt för och intensitet i bearbetningen spelar en stor roll för risken för kväveläckage. I försöket har vi sedan dess studerat hur tidpunkten för bearbetning på hösten samt vårbearbetning påverkar kvävedynamiken i marken och kväveutlakningen. Detta har också jämförts med effekten av en fånggröda nerplöjd på hösten samt effekten av nedbrukning respektive bortförsl av halm i kombination med olika bearbetningstidpunkter. Försöksplatsen har varit en sandig grovmo (mmh I sa Mo) på Mellby i Halland. Resultat från försöket har legat till grund för Jordbruksverkets regler för utlakningsbegränsande åtgärder på EU-träda och Grön mark och har använts i rådgivning och utbildning både regionalt och nationellt. Här redovisas resultat från perioden 2000-2005. För utförligare redovisning av metoder och resultat från år 1993-1999 hänvisas till tidigare redovisningar. År 2000 slopades den provtagning av markvatten som utförts 1993-1999. Istället infördes tätare markprovtagning veckorna efter bearbetningarna på hösten för att se hur snabbt efter en bearbetning som mineraliseringen sker. Mineralkvävemängderna i marken analyserades i skikten 0-30, 30-60 och 60-90 cm vid ett flertal tillfällen under hösten och tidig vår som underlag för bedömning av risken för kväveutlakning. År 2003 studerades hur de olika bearbetningsmetoderna, de olika halmbehandlingarna samt fånggrödan långsiktigt påverkat kväveomsättningen i marken genom bestämning av netto-mineraliseringen under växtsäsongen.

På grund av problem med uppförkning av kvickrot i de vårplöjda ledet infördes hösten 2001 putsning under hösten av halva rutorna.

Resultaten från åren 2000-2005 har bekräftat slutsatserna från tidigare år att tidpunkten 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 var betydligt större i tidigt bearbetade led än där bearbetningen senarelagts. Fånggrödan hade en betydande inverkan på innehållet av mineralkväve i marken under både hösten och vintern. Effekten av fånggrödan förblev också oförändrad under åren, vilket visar att dess kväveupptag ännu efter drygt 10 års kontinuerlig odling fortfarande uppväger en ökad mineralisering från nerplöjd grönmassa. Stubbearbetning tidigt på hösten för att bland annat bruka in skörderesterna ytligt för jämnare fördelning innebar i detta försök en betydande ökning av utlakningsriskerna. Det har ansetts att inbrukning av halm på hösten medför ökad immobilisering av kväve och därmed minskar utlakningsrisken. I detta försök tycks dock denna effekt varit begränsad till de första tre åren. De senaste årens resultat har tvärtom visat en trend mot högre mineralkvävehalter i led där halmen kontinuerligt brukats ner.

Resultaten från den tätare markprovtagningen 2000-2002 visade att tidig bearbetning orsakade en snabb ökning

av mineralkväveinnehållet i marken och att mineralkväveinnehållet i marken under de första veckorna ökade mer efter tidig stubbearbetning än efter tidig plöjning. Ökningen efter stubbearbetning pågick dock under en relativt kort period (2-4 veckor). Därefter minskade återigen innehållet i ledet medan det i tidigt plöjda led fortsatte att öka under hela hösten. Sen plöjning orsakade endast en mycket liten ökning av mineralkväveinnehållet i marken. Att ersätta plöjning med reducerad bearbetning ser av resultaten ovan således ut att minska risken för utlakning i de fall bearbetningen utförs tidigt på hösten. Efter en bearbetning sent på hösten är mineraliseringen så liten att val av metod förmodligen endast har en liten betydelse.

Studierna av efterverkans-effekten på markens kvävelevererande förmåga visade att nedbrukning av organiskt material, både fånggröda och halm, bidragit till en ökad kväveleverans under växtsäsongen. Störst var leveransen i led med fånggröda, vilket också visade sig genom att de högsta skördarna detta ogödslade år uppmättes här. Nettomineraliseringen under växtsäsongen var större i sent plöjda led (51 kg per hektar) än i tidigt plöjda (43 kg per hektar). Till hur stor del detta var en långsiktig effekt av de olika bearbetnings-tidpunkterna vet vi emellertid inte. Det kan till viss del även varit en direkt effekt av att leden plöjdes vid olika tidpunkt hösten 2002. Skördarna i försöket var, i medeltal 2000-2005, högst efter sen höstplöjning, både med och utan fånggröda. Avkastningen efter vårplöjning var flera år låg på grund av problem med uppförökning av kvickrot. Putsningen

av kvickroten på hösten i vårplöjda led hade emellertid en betydande positiv effekt. Kvickrotsförekomsten, mätt både i antal skott och i vikt, minskades med upp emot 50 %.

Inledning

Höst- och vinterbevuxen mark är betydelsefullt för att minska utlakningen av kväve från jordbruksmark. Detta har visats i ett flertal studier utförda i fältförsök i Sverige (till exempel Aronsson et al., 1994; Lewan, 1994; Torstensson, 1998; Aronsson och Torstensson, 1998; Hessel et al., 1999; Aronsson, 2000; Aronsson et al., 2003). Även studier i andra länder har visat på minskning av kväveutlakning vid odling av fånggrödor (till exempel Hansen och 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 ingen huvudgröda odlas. 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 ställdes tidigare oftast i relation till konventionellt brukad mark som stubbearbetats efter skörden och sedan plöjts tidigt eller sent på hösten. Detta försök startades utifrån antagandet att även jordbearbetningsmetod samt tidpunkt för och intensitet i bearbetningen spelar en stor roll för risken för kväveläckage. Sedan 1993 har vi i fältförsöket studerat hur tidpunkten för plöjning på hösten samt tidig vårplöjning påverkar kväveutlakningen. Detta har också

jämförts med effekten av en fånggröda som plöjs ner på hösten. En intressant fråga har varit vilken verkan fånggrödan i sig själv har och vilken effekten är av utebliven stubbearbetning, senarelagd höstplöjning eller vårplöjning samt vilken effekten är av nedbrukning respektive bortförsel av halm i kombination med olika bearbetningstidpunkter. Alla dessa faktorer kan ha olikartad betydelse på kort respektive lång sikt för storleken på kväveutlakningen och effekterna av dem kan även ackumuleras med tiden.

Resultaten från försöket har gett mycket ny kunskap som också legat till grund för regelverket om Grön mark. Försöket har bl a visat att innehållet av mineralkväve i marken på hösten har varit betydligt större i tidigt bearbetade led än där bearbetningen senarelagts. Likaså har den ackumulerade utlakningen av nitrat varit störst från de tidigt bearbetade leden. Vårplöjning har inneburit minst utlakning av nitrat och lägst mineralisering av kväve under höst och vinter.

Mål

Målet med detta projekt har således varit att öka kunskapen om vilken effekt olika bearbetningsåtgärder har på omsättningen av kväve i marken och på kväveutlakningen. Under försökets senare år har vi ytterligare studerat hur vi med hjälp av rätt

jordbearbetningsåtgärd vid rätt tidpunkt kan styra mineraliseringen på ett effektivare sätt än idag, bl a vilka de långsiktiga effekterna är av halmbehandling i kombination med de olika bearbetningstidpunkterna. Vi har även haft en tätare provtagning av markkväve än vad som tillämpades under försökets tidiga år för att studera när efter en bearbetning mineraliseringen av markens organiska material sker. 2004 genomfördes mindre ändringar av försöksplanen för att möjliggöra studier av vilka effekter en fånggröda som plöjs ner på våren har på mineralkvävemängderna i marken. Målet med försöket har de senaste åren varit att besvara i huvudsak följande frågor:

1. När efter en bearbetning sker den ökade mineraliseringen?
2. Vilken är den långsiktiga effekten på kvävedynamiken av nedbrukning/bortförsel av halm i kombination med olika bearbetningstidpunkter?
3. Vilka är de långsiktiga effekterna av kontinuerlig odling av fånggrödor på kvävedynamiken i marken och vilken effekt har nedbrukning/bortförsel av halm i kombination med odling av fånggröda?
4. Hur ser mineraliseringsförloppet ut efter oljevaxter jämfört med efter stråsäd?
5. Vilken effekt kan putsning på hösten ha mot kvickrot då vårplöjning tillämpas?

Material och Metoder

Försöksplats och försöksupplägg

Fältförsöket startades 1993 och är placerat på en sandig grovmo (mmh l sa Mo) på Mellby gård ca 5 km sydväst om Laholm i Halland. En utförlig beskrivning av försöksplatsen finns gjord av Torstensson et al. (1992). De första jordbearbetningsåtgärderna enligt försöksplanen utfördes i september 1993. Rutorna är 20 m x 9 m och leden upprepas i tre block. Leden (A-H) som jämförs i försöket visas i tabell 1. Observera att ändringar gjordes av led G från och med år 2005 (stubbearbetning efter skörd med åtföljande sen höstplöjning ändrades till vårplöjning med fånggröda).

Mellan 1993 och 2003 odlades endast vårstråsäd i försöket. 2004 lades våroljeväxter in i växtföljden för att möjliggöra studier av hur väl de tidigare resultaten från försöket angående bearbetningstidpunktens inverkan på kväveminaliseringen

stämmer vid odling av andra grödor än stråsäd. Försöket har skördats rutvis varje år. Rajgräs sås in i huvudgrödan i led E och F med en utsädesmängd av 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 ha⁻¹. I de led där halmen bortförts (B, D och F) har kompletteringsgödning av P och K utförts med mängder motsvarande de som förts bort i halmen. Datum för sådd redovisas i tabell 2 och datum för stubbearbetning och plöjning visas i tabell 3.

På grund av problem med uppförkning av kvickrot i det vårplöjda ledet infördes hösten 2001 putsning under hösten av halva rutorna. Månadsvis nederbörd och temperatur under försöksåren 1999-2005 visas i figur 1.

Tabell 1. Försöksplan för försök R2-8405 på Mellby. Observera att ändringar gjordes av led G från och med år 2005

Led	Bearbetning	Fånggröda	Halmbehandling
A	Plöjning 1:a veckan i september	-	Nedplöjes
B	Plöjning 1:a veckan i september	-	Bortföres
C	Plöjning på senhösten (ca 1/11)	-	Nedplöjes
D	Plöjning på senhösten (ca 1/11)	-	Bortföres
E	Plöjning på senhösten (ca 1/11)	Eng. Rajgräs	Nedplöjes
F	Plöjning på senhösten (ca 1/11)	Eng. Rajgräs	Bortföres
G ¹	Stubbearbetning <u>en</u> gång (omedelbart efter skörd), plöjning på senhösten (ca 1/11)	-	Nedplöjes
G ²	Vårplöjning, tidig vårsådd	Eng. Rajgräs	Nedplöjes
H ³	Vårplöjning, tidig vårsådd	-	Nedplöjes

¹ 1993-2004

² Fr.o.m. 2005

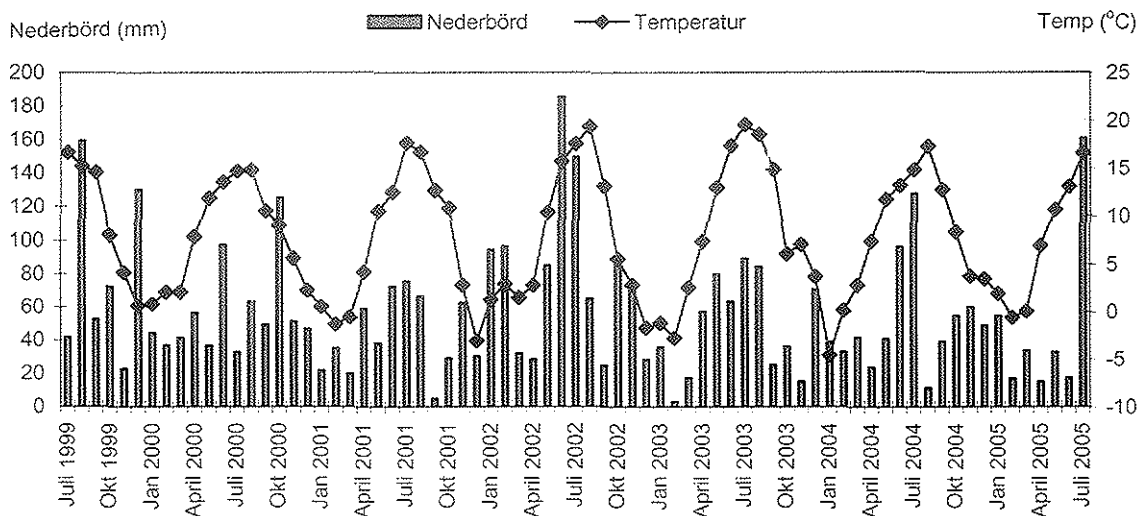
³ Fr.o.m. år 2001 putsas halva ruta H på hösten mot kvickrot

Tabell 2. Tidpunkt för sådd i led A-H i försök R2-8405 på Mellby åren 2000-2005

	2000	2001	2002	2003	2004	2005
Normal sådd (Led A-G ¹)	27/4	4/5	12/4	15/4	14/4	19/4
Tidig sådd (Led G ² -H)	22/3	4/4	15/3	24/3	25/3	8/4

¹ 2000-2003² 2004-2005**Tabell 3.** Tidpunkt för plöjning och stubbearbetning i led A-H i försök R2-8405 på Mellby åren 2000-2005

	2000	2001	2002	2003	2004	2005
Stubbearbetning (led G ¹)	4/9	3/9	4/9	1/9	17/9	-
Tidig plöjning (led A, B)	4/9	3/9	3/9	9/9	17/9	9/9
Sen plöjning (led C, D, E, F, G ¹)	14/11	23/11	20/11	26/11	10/12	18/11
Vårplöjning (led G ² , H)	21/3	4/3	15/3	21/3	25/3	8/4

¹ 2000-2004² Fr.o.m. 2005**Figur 1.** Månadsvis nederbörd och temperatur under försöksperioden (juli 1999 till juli 2005). Data från klimatstation på Mellby.

Provtagning

Provtagning 1993-1999

Mellan 1993 och 1999 analyserades jord och markvatten och grödor under hösten och våren för att jämföra effekterna av de olika bearbetningarna på kvävedynamiken i marken. Gröda, fånggröda, spillsäd, ogräs, växtrester och jord provtogs och analyserades

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. Växtproverna analyserades på innehållet av torrsbstans, 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. Genom användning av keramiska sugceller provtogs markvattnet på 60 och 90 cm djup i alla rutor enligt en metod beskriven av Djurhuus (1990) och Hansen (1991). Dessa bestämningar låg sedan till grund för beräkningar av nitrattutlakningen från försöksrutorna. Vid dessa beräkningar användes avrinningen från ett intilliggande fältförsök med separat dränerade rutor.

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) beräknades utifrån provtagningarna av jord och grödor (fånggröda, ogräs och spillsäd) bestämningarna av kväveutlakningen från försöket. För utförligare metodbeskrivning se Stenberg et al. (1999a).

Provtagning 2000-2005

År 2000 upphörde provtagningen av markvatten samt huvuddelen av grödanalyserna. Tätare mineralkväveanalyser av markprofilen ner till 90 cm djup utfördes 2000-2002 för att undersöka hur snabbt efter en bearbetning som mineraliseringen sker. År 2000 provtogs marken 3 veckor och 5 veckor efter tidiga bearbetningar och 2 och 4 veckor efter sena bearbetningar. År 2001 infördes även provtagning två veckor efter bearbetning i tidigt bearbetade led. Samtidigt slopades då viss provtagning i andra led. Vidare

bestämdes antal kvickrotsskott och mängden kvickrot i gram under hösten i den putsade respektive oputsade delen av rutorna i led H.

Hur mycket mineralkvävemängden i marken ökade under hösten på grund av tidig respektive sen bearbetning beräknades som förändringen i mineralkvävemängd mellan olika provtagningstillfällen minus motsvarande förändringen i obearbetade rutor (led H). Hur ökningen var fördelad mellan vecka 1-2 och vecka 3 år 2000 beräknades utifrån uppmätt fördelning år 2001 och 2002.

För bestämning av nettomineraliseringen under växtsäsongen lämnades försöket ögödslat år 2003. Grödan klipptes vid gulmognad för bestämning av kväveupptaget och därmed leveransen av utnyttjbart markkväve. Kväveprofiler togs på våren samt vid gulmognad. Med hjälp av dessa provtagningar kunde nettomineraliseringen under växtsäsongen beräknas. Metoden har tidigare använts i ett flertal studier (Lindén och Wallgren, 1993; Wallgren och Lindén, 1994). Hypotesen var att de olika bruksningsmetoderna efter nära ett decenniums tillämpning givit upphov till en skillnad i kvävelevererande förmåga mellan leden. Värdena från markprovtagningen våren 2003 visade på orimligt stora skillnader i mängden mineralkväve i markprofilen mellan vissa led. I beräkningarna av mineraliseringen lät vi därför medelvärdena av mängden mineralkväve på våren från försökets start 1994 ge relationen mellan leden.

Resultat och diskussion

För resultat från åren 1993-1999 hänvisas till Stenberg et al. (1999a).

Skördar

Kärnskördarna och gröda respektive år samt i genomsnitt under perioden 2000-2005 visas i tabell 4 liksom genomsnittsskördarna för hela försöksperioden 1994-2005. I tabell 5 redovisas halmskördarna och i tabell 6 innehållet av totalkväve i kärnskörderna i procent av torrsubstansen. Den något lägre genomsnittliga skörden i sent plöjda led än i tidigt plöjda led, sett till hela försöksperioden 1994-2005, härrör från ett par års kvickrotsinfektion de första försöksåren i led med senarelagd plöjning. Värt att notera är att i leden med fånggröda skedde ingen motsvarande uppförökning av kvickrot trots sen plöjning. Kvickroten bekämpades med glyfosat hösten 1998 och 1999 vilket ändrade förhållandet mellan tidigt och sent plöjda led (figur 2). Perioden 2000-2005 var skörden högre i de sent

plöjda leden än i de tidigt plöjda.

Vårbearbetningen avkastade generellt dåligt. Under de första försöksåren orsakade fåglar stora skador år då tidig vårsådd praktiserades. Ledet hade också den starkaste etableringen av kvickrot. År 2001 och 2002 lyckades vårsådden bra men 2003 orsakade kvickroten återigen stora skördesänkningar. År 2004 var förekomsten av kvickrot endast måttlig och skördeminskningen i oljeväxterna tycks då främst vara en följd av den tidiga sådden. Denna kan ha orsakat drösning då samliga led skördades samtidigt.

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

Tabell 4. Kärnskördar* (kg ha⁻¹) och relativtal, 85 % ts, i försök R2-8405 på Mellby 2000-2005 respektive år och i medeltal samt i medeltal sedan försökets start 1994

År, gröda	A	B	C	D	E	F	G	H
2000, Vårkorn	5590=100	99	103	104	101	95	97	82
2001, Havre	5990=100	98	118	114	115	112	110	119
2002, Vårvete	4210=100	105	107	103	100	103	109	104
2003, Vårkorn	2590=100	97	92	90	105	105	80	80
2004, Vår oljeväxter	3560=100	108	117	117	110	111	72	80
2005, Vårvete	6380=100	96	95	91	96	97	84	95
Medel								
2000-2005	4720=100	101	105	103	105	104	94 ¹	93
Medel								
1994-2005	4670=100	102	99	98	101	103	97 ²	87

*Signifikans: 2000 ***, 2001 ***, 2004 ***, övriga år ingen signifikans

¹ 2000-2004

² 1994-2004

Tabell 5. Halmskördar (kg ts/ha) i försök R2-8405 på Mellby 2000-2005 respektive år och i medeltal

År, gröda	A	B	C	D	E	F	G	H
2000, Vårkorn	2560	2130	2430	2490	2370	3230	2060	2340
2001, Havre	3690	3180	3860	4120	4380	3660	3940	3840
2002, Vårvete	5450	5440	5170	5360	6250	5410	5400	5200
2003, Vårkorn	1130	1090	1380	1340	1370	1350	680	1470
2004, Våröljväxter	7390	7170	8190	7980	9240	9440	5830	5570
2005, Vårvete	4790	4550	5300	4540	5370	5170	4700	5220
Medel								
2000-2005	4168	3927	4388	4305	4830	4710	3768	3940

Tabell 6. Totalkväve (% av ts) i kärnskördarna i försök R2-8405 på Mellby 2000-2005 respektive år och i medeltal samt i medeltal sedan försökets start 1994

År, gröda	A	B	C	D	E	F	G	H
2000, Korn	1,56	1,44	1,61	1,55	1,58	1,59	1,54	1,57
2001, Havre	1,55	1,58	1,69	1,59	1,62	1,59	1,5	1,67
2002, Vårvete	2,21	2,05	2,25	2,21	2,23	2,28	2,16	2,09
2003, Vårkorn	1,41	1,39	1,43	1,43	1,38	1,46	1,41	1,41
2004, Våröljväxter*	-	-	-	-	-	-	-	-
2005, Vårvete	2,01	2,03	2,05	2,02	2,06	1,98	1,63	1,94
Medel								
2000-2005	1,75	1,70	1,81	1,76	1,77	1,78	1,65	1,74
Medel								
1994-2005	1,81	1,76	1,84	1,85	1,82	1,82	1,73	1,88

* Analysen utfördes inte på oljväxter

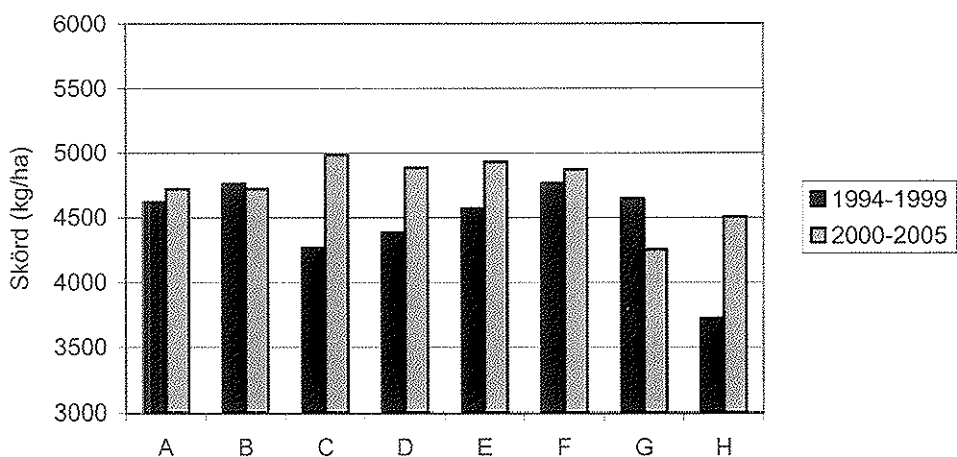
jordbearbetningsåtgärder visat att skördeutfallet efter vårplöjning jämfört med höstplöjning ej varit nämnvärt lägre vare sig på en grovsand eller en lerig sand (Hansen och Djurhuus, 1997b).

Halmskördarna har under perioden 2000-2005 varit högst i leden med fånggröda. I tidigt plöjda led har halmskörden i förhållande till kärnskörden varit något lägre när halmen har förts bort än när den har plöjts ner. En förklaring till de stora halmmängderna i förhållande till kärnskörden år 2002 är att det var en

ovanligt nederbördsrik juli månad det året.

Mineralkväve i marken

Innehåll av mineralkväve i 0-90 cm i marken i alla led (A-H) vid respektive provtagningstidpunkt och år visas i tabell 7. I figur 3 visas medelvärdet i 0-90 cm i de fem olika bearbetningsleden (tidig höstplöjning, sen höstplöjning med och utan fånggröda, tidig stubbearbetning med sen höstplöjning och vårplöjning) vid respektive provtagningstidpunkt.



Figur 2. Genomsnittliga skördar (kg ha⁻¹, 85 % ts) i försök R2-8405 på Mellby under perioderna 1994-1999 och 2000-2005 (i led G: 2000-2004).

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.

Resultaten från åren 2000-2005 stödjer resultaten från tidigare år. 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 kvävemineralisering under hösten mellan tidig respektive sen höstplöjning eller vårplöjning. Skillnaden i utlakning mellan leden

har sannolikt sett ungefär likadan ut som under åren 1993-1999. Den årliga utlakningen bestämdes då till i medeltal ca 45 kg per hektar vid tidig höstplöjning, 35 kg per hektar vid sen höstplöjning och drygt 30 kg per hektar vid vårplöjning.

Den stubbearbetning som utfördes tidigt på hösten i led G (t o m år 2004), för att bland annat bruka in skörderesterna ytligt för jämnare fördelning, innebar i detta försök en betydande ökning av utlakningsriskerna. Det har ansetts att inbrukning av halm på hösten medför ökad immobilisering av kväve och därmed minskning av utlakningen (t ex Jensen, 1996; Jensen, 2000; Bhogal et al., 1997). I detta försök har den intensiva jordbearbetningen både tidig och sen höst emellertid medfört en ökning av mineralkvävemängderna i profilen.

Tabell 7. 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 1999-2005 samt i medeltal för åren 1999-2005 och samtliga försöksår, 1993-2004

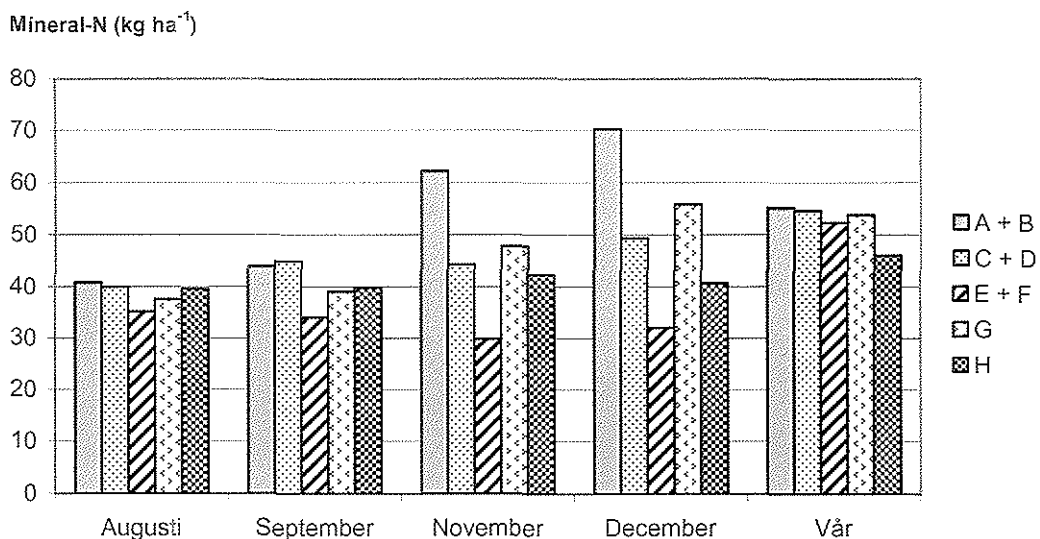
Led	A	B	C	D	E	F	G	H	
Stubbearbetning	-	-	-	-	-	-	Tid.höst	-	
Plöjning	Tidig höst	Tidig Höst	Senhöst	Senhöst	Senhöst	Senhöst	Senhöst	Tidig vår	
Fånggröda	Utan	Utan	Utan	Utan	Med	Med	Utan	Utan	
Halmhantering	Nedbr.	Bortf.	Nedbr.	Bortf.	Nedbr.	Bortf.	Nedbr.	Nedbr.	
Tidig gultmognad									
1999		22	20	24	26	25	23	24	36
2003		43	43	40	41	38	37	42	42
1999-2004		33	32	32	34	32	30	33	39
1993-2004		43	38	39	41	35	35	37	39
Före stubbearbetning och före tidig höstplöjning									
1999		42	42	48	45	34	36	35	45
2000		47	40	41	36	27	27	37	44
2001		37	32	39	38	30	27	31	40
2002		52	45	53	45	31	32	41	38
2003		73	80	68	65	74	59	71	57
2004		30	27	29	35	18	15	17	25
1999-2004		47	44	46	44	36	33	39	42
1993-2004		48	47	47	49	39	37	42	42
Senhöst (före sen höstplöjning)									
1999		56	54	71	67	60	56	54	61
2000		77	70	56	48	27	27	50	44
2001		57	53	39	42	24	23	38	41
2002		68	66	31	31	16	14	48	32
2003		74	71	61	55	23	18	66	51
2004		47	42	35	31	19	8	13	43
1999-2004		63	59	49	46	28	24	45	45
1993-2004		64	61	44	44	31	29	48	43
Tidig vår (före vårplöjning)									
1999		46	51	50	52	48	57	41	52
2000		49	43	44	43	46	45	38	44
2001		60	56	65	63	63	57	56	55
2002		30	29	37	34	33	35	32	27
2003		77	84	70	68	77	61	75	59
2004		60	53	61	61	50	52	65	43
2000-2004		55	53	55	54	54	50	53	46
1994-2004		57	54	55	54	52	52	54	46

Inte heller nedplöjningen av halm i led A och C hade någon effekt på mineralkvävemängderna under hösten jämfört med de led där halmen fördes bort, led B och D (tabell 7). Det är möjligt att vi genom att hacka halmen innan nedbrukning hade kunnat åstadkomma en nettoimmobilisering. En hackning underlättar för mikroorganismerna att komma åt kolet i halmen genom en ökning av angreppsytorna och en jämnare fördelning av halmen i marken (Jensen, 2000).

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

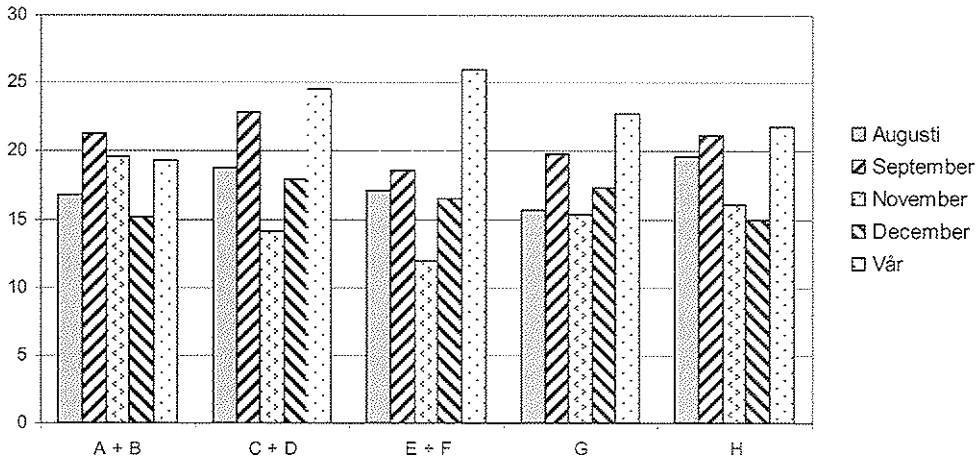
leden jämfört med de sent bearbetade leden. Den ökningen ser man dock ej om endast de översta 30 cm i marken studeras.

Skillnaderna mellan tidig och sen höstplöjning var något mindre efter våroljeväxterna hösten 2004 än i genomsnitt efter stråsåd. Resultaten från våroljeväxterna gäller dock endast ett år och det är ännu för tidigt att svara på hur bearbetningstidpunktens påverkan på mineraliseringsförloppet i marken skiljer sig mellan odling av stråsåd och odling av oljeväxter. Resultaten från provtagningen 2005 är inte färdiganalyserade varför vi ännu inte kunnat se några resultat från fånggrödan i det vårplöjda ledet.



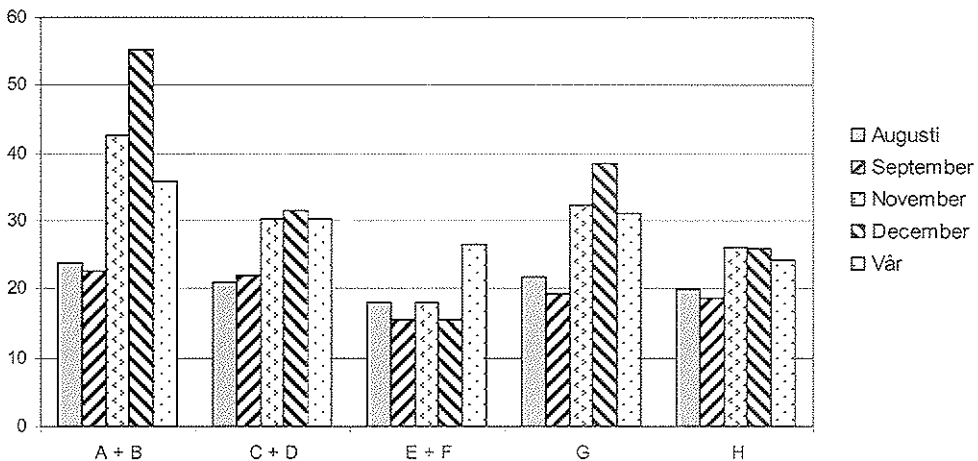
Figur 3. Mineralkväve (kg N ha^{-1}) i marken i 0-90 cm i medeltal 1993-december 2004 vid respektive provtagningstidpunkt i de olika bearbetningsleden i försök R2-8405, Mellby (A+B = tidig höstplöjning, C+D = sen höstplöjning, E+F = sen höstplöjning med fånggröda, G = tidig stubbearbetning och sen höstplöjning och H = vårplöjning).

Mineral-N (kg ha^{-1})



Figur 4. Mineralkväve (kg N ha^{-1}) i marken i 0-30 cm i medeltal 1993-december 2004 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).

Mineral-N (kg ha^{-1})



Figur 5. Mineralkväve (kg N ha^{-1}) i marken i 30-90 cm i medeltal 1993-december 2004 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).

Mineraliseringsförloppet efter olika höstbearbetningar

Innehåll av mineralkväve i markprofilens olika skikt vid respektive provtagningstillfälle under åren 2000, 2001 och 2002, visas för samtliga led i tabell 8. Figur 6 visar mineralkväveinnehållet i 0-90 cm djup under hösten 2000, hösten 2001 och hösten 2002 i de led där tätare höstprovtagning utfördes (samtliga bearbetningsstrategier utom sen höstplöjning med fånggröda). Figur 7 visar den ökning av markkväve tidig stubbearbetning, tidig plöjning respektive sen plöjning gav upphov till i genomsnitt 2000-2002.

Tidig plöjning

Resultaten visade att en tidig höstbearbetning kan orsaka en mycket snabb ökning av kvävemineraliseringen i marken. Under de tre första veckorna efter tidig plöjning uppmättes år 2000 en ökning i markprofilen (0-90 cm djup) med 11 kg mineralkväve per hektar och år 2002 5 kg per hektar. Tar man hänsyn till att innehållet i led H, där ingen bearbetning utförts, under samma tidsperiod minskade med 7 respektive 14 kg per hektar innebär det att bearbetningen gav upphov till en ökning av mineralkvävemängden med ca 18 kg under perioden. Klimatet var normalt för området båda dessa år. År 2001 var effekten de första veckorna betydligt mindre och en ökning orsakad av bearbetningen syntes först vid provtagning en månad efter bearbetning. En förklaring kan vara att hösten 2001 var mycket torr, speciellt september och oktober. Nivåerna av mineralkväve var låga i hela försöket och skillnaderna mellan leden blev heller aldrig i nivå med de

andra två åren. I medeltal (2000-2002) var ökningen under de tre första veckorna efter tidig plöjning 12 kg större än i obearbetat referensled (H).

Eftersom kväueupptaget i ogräs och spillsäd inte mättes under hösten är det osäkert hur stor inverkan en ökad mineralisering respektive ett minskat växtupptag hade i uppkomsten av ovan beskrivna ledskillnader. Tidigare analyser av ogräs och spillsäd i försöket (Stenberg et al. 1999) visade att upptaget i ovanjordiska delar under hela hösten, fram till mitten av november, var ca 13 kg i obearbetade led (C, D och H) och 6 kg i stubbearbetat led (G). Dessa värden härrör dock från år med extremt mycket kvickrot. År 1998 och 1999 sanerades försöket med glyfosat vilket minskade kvickrotsförekomsten, och sannolikt därmed även kväueupptaget betydligt. Den största orsaken till skillnaderna i kvävedynamik mellan leden åren 2000-2002 torde därför, speciellt de första veckorna efter bearbetning, kunna härröras till bearbetningens inverkan på nettomineraliseringen.

Tidig stubbearbetning

Ökningen efter tidig stubbearbetning var initialt lika stor som eller större än efter tidig plöjning. Figur 6 visar att utvecklingen i de två leden följde varandra en dryg månad efter bearbetning år 2000 och drygt två veckor 2001 och 2002. Ökningen efter tidig stubbearbetningen pågick dock under en relativt kort period, varefter mineralkväueinnehållet återigen minskade, medan innehållet i tidigt plöjda led fortsatte att öka under hela hösten. Även här kan tidigare nämnda skillnader i kväueupptag i ogräs och spillsäd i de olika leden ha inverkat på resultaten.

Tabell 8. Mineralkväve (kg N/ha) i marken i skikten 0-30, 30-60 och 60-90 cm i led A-H vid respektive provtagningstidpunkt år 2000-våren 2003 i försök R2-8405 på Mellby

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.
0-30 cm	Datum								
	000829	23,3	22,1	18,7	17,1	10,8	12,2	18,8	23,2
	000913	28,6	20,6	15,7	15,8	11,7	9,6	22,3	15,2
	001002	32,5	31,2	18,0	18,0	10,6	10,8	26,3	23,0
	001108	14,8	14,1	12,4	12,8	10,9	9,5	12,4	12,6
	001127	13,0	12,8	19,5	16,2	15,1	12,7	16,2	17,4
	001207	12,2	13,3	23,7	17,3	18,7	16,1	17,5	14,9
	010402	20,1	21,7	29,4	25,5	34,6	32,6	26,0	26,5
	010830	15,0	13,8	18,4	16,0	15,8	14,0	12,8	19,1
	010910	12,0	-	-	-	-	-	8,5	-
	010917	15,0	14,3	14,2	13,7	-	-	16,0	19,4
	011001	16,0	12,7	11,2	7,3	-	-	8,7	6,2
	011122	16,6	14,6	13,8	12,1	12,1	11,0	14,3	16,3
	011207	16,0	14,6	21	18,3	20,8	18,0	18	17,3
	020307	-	-	-	-	13,1	-	-	-
	020314	8,8	9,0	13,5	11,5	13,9	13,8	12,3	11,4
	020902	26,1	21,3	30	24,9	17,7	18,9	24,8	21,9
	020912	32,6	-	-	-	-	-	32,4	-
	020919	33,3	29,2	20	15,1	-	-	30,8	11,7
	021001	35,0	33,5	17,2	16,3	-	-	31,3	13,6
	021113	16,3	15,5	10,6	11,3	8,3	7,1	14,2	15,3
	021204	16,8	15,2	24,2	20,9	20,3	17,6	20,6	22,3
	030326	25,2	25,4	33,5	30,7	34,8	32,8	30,1	35,0
30-60 cm	Datum								
	000821	13,39	10,39	10,51	7,36	6,93	6,62	9,26	12,06
	000913	22,5	16,2	13,2	12,6	6,3	6,7	11,8	11,6
	001002	27,5	20,3	17,8	14,2	7,2	10,0	19,8	18,1
	001108	31,4	29,2	20,4	18,5	4,7	5,1	16,2	13,1
	001127	34,5	27,2	15,5	14,2	5,0	5,4	12,8	13,6
	001207	22,4	24,8	14,4	13,5	8,1	4,8	14	11,1
	010402	18,3	16,3	17,5	17,9	18,4	15,6	14,6	14,3
	010830	9,7	8,9	9,8	9,7	7,8	7,7	7,2	11,4
	010910	11,2	-	-	-	-	-	8,0	-
	010917	13,6	11,0	14,6	12,8	-	-	9,7	17,1
	011001	14,1	12,6	12,4	12,6	-	-	10,6	11,9
	011122	22	20,3	8,6	9,9	4,1	5,0	8,1	8,8
	011207	25,4	22,6	11,3	11,3	5,7	5,6	7,7	8,2
	020307	-	-	-	-	13,2	-	-	-
	020314	9,4	7,0	10,4	9,7	9,5	11,0	9,2	7,6
	020902	16	12,4	13,1	9,6	8,4	8	9,7	11,7
	020912	17,5	-	-	-	-	-	11,7	-
	020919	17,5	13,6	12,4	10,1	-	-	13,3	8,0
	021001	13,6	9,6	12,4	6,9	-	-	9,4	7,6
	021113	34,5	34,1	9,9	8,7	3,1	3,0	15,8	8,4
	021204	24,9	21,9	14,0	9,8	9,6	6,4	14,1	7,6
	030326	23,8	29,0	22,9	23,4	31,1	21,8	25,9	14,9

Forts tabell 8.

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.	
60-90 cm	Datum								
	000821	10,39	7,78	12,11	11,41	9,48	8,46	9,0	9,05
	000913	11,8	10,4	12,7	13	10,8	9,8	11,6	10,7
	001002	11,5	10,9	14,3	14,7	9,9	10,2	11,0	12,3
	001108	30,3	26,6	22,7	17,1	11,4	12,4	21,1	18,4
	001127	40,4	33,9	21,5	20,4	7,2	6,9	23,6	22,5
	001207	36,8	31,9	21,8	19,2	6,7	5,0	24,2	19,9
	010402	21,9	17,9	18,4	19,6	10,0	9,2	15,5	14,2
	010830	12,2	8,9	10,3	12,0	6,1	5,1	10,6	9,5
	010910	13,7	-	-	-	-	-	13,1	-
	010917	17,0	16,0	14,9	16,4	-	-	13,5	13,4
	011001	14,9	16,6	13,8	14	-	-	15,5	14,4
	011122	18	18,3	16,5	19,8	7,9	7,3	15,9	15,5
	011207	23,5	21,4	16,7	14,1	8,3	7,0	14,8	14,6
	020307	-	-	-	-	10,7	-	-	-
	020314	11,7	13,2	13,4	12,5	9,7	10,5	10,8	8,0
	020902	9,9	11,0	10,4	10,7	4,9	4,6	6,1	4,4
	020912	5,8	-	-	-	-	-	5,9	-
	020919	6,2	6,1	7,0	8,6	-	-	6,0	4,3
	021001	13,8	5,5	22,5	7,5	-	-	4,9	4,1
	021113	17,7	16,2	10,5	11,2	5,0	3,6	18,5	7,7
	021204	32,2	32,2	11,4	9,4	3,1	2,0	16,9	7,0
	030326	24,3	25,3	11,3	10,8	7,8	4,4	15,4	7,5

Sen plöjning

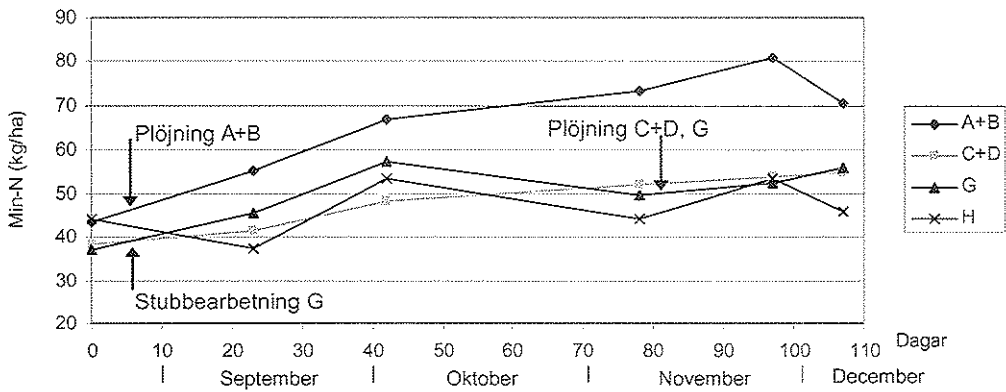
Sen plöjning som föregåtts av tidig stubbearbetning gav inte vare sig 2000, 2001 eller 2002 upphov till någon nämnvärd ökning av mineralkväveinnehållet under de första två veckorna efter plöjningen. Ökningen var något större där plöjningen inte föregåtts av tidig stubbearbetning. En förklaring skulle kunna vara att mikroorganismerna redan tillgodogjort sig mycket av det mest lättomsättbara organiska materialet efter stubbearbetningen. Motsvarande effekt av en föregående stubbearbetning syns dock inte i medelvärdena från hela försöksperioden 1993-2004 (figur 3).

Hösten 2000 var nederbörden relativt hög, nertransporten av kväve i profilen stor och innehållet av

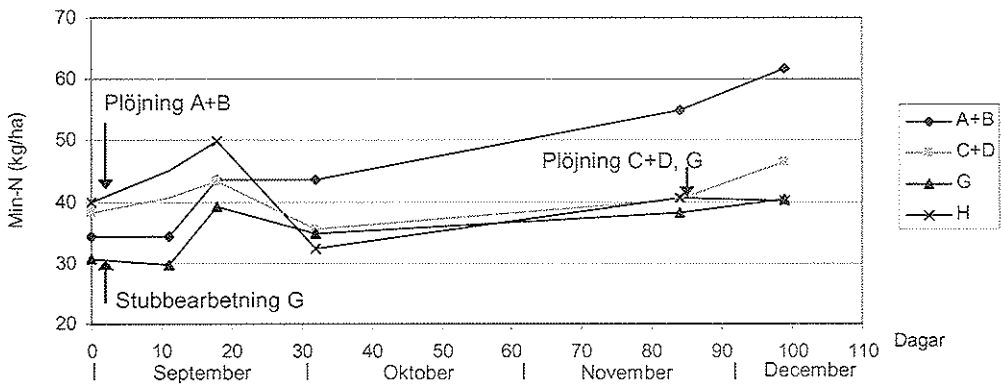
mineralkväve i tidigt bearbetade och obearbetade led minskade under december månad. I de sent plöjda leden syntes ingen motsvarande minskning, vilket tyder på att en ökad mineraliseringen kan pågå under en förhållandevis lång tid även efter en sen plöjning, om än i mindre omfattning än efter en tidig.

Att ersätta plöjning med reducerad bearbetning ser av resultaten ovan således ut att kunna minska risken för utlakning i de fall bearbetningen utförs tidigt på hösten. Efter en bearbetning sent på hösten är mineraliseringen så liten att val av metod förmodligen endast har en liten betydelse. En tidig stubbearbetning leder till en större ökning av mineralkvävemängderna i marken än en sen plöjning.

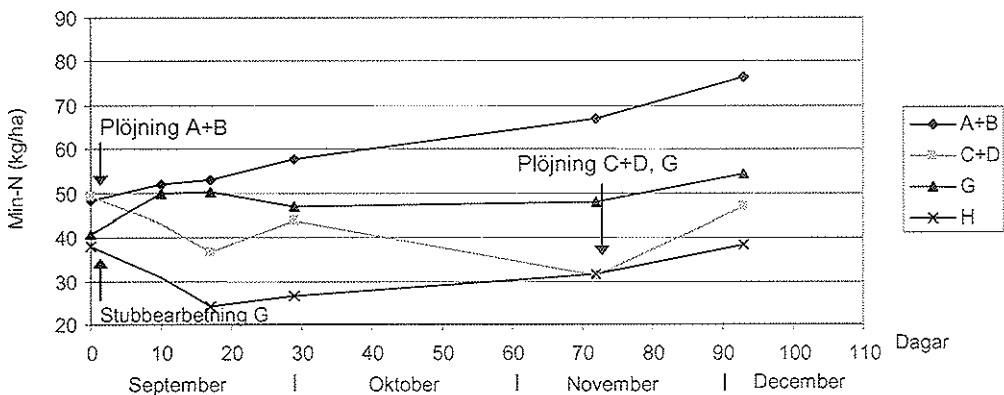
År 2000



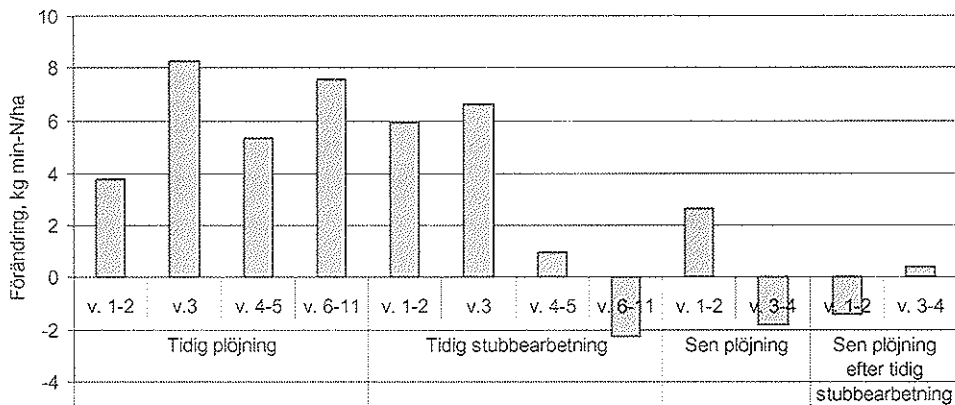
År 2001



År 2002



Figur 6. Mineralkväve (kg ha^{-1}) i markprofilen (0-90 cm djup) i försök R2-8405 under hösten 2000, 2001 och 2002 i led A + B = tidig höstplöjning, led C + D = sen höstplöjning, led G = tidig stubbearbetning och sen höstplöjning och led H = vårplöjning. Första provtagningsstillfället = Dag 0. Pilarna visar efter vilka provtagningsstillfällena bearbetningar utfördes.

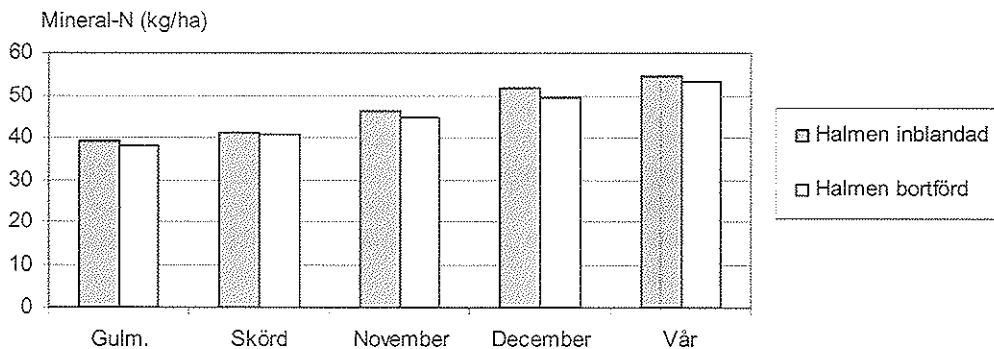


Figur 7. Förändring av mineralkväveinnehållet (kg ha^{-1}) i markprofilen (0-90 cm djup) i försök R2-8405 orsakad av tidig höstplöjning (led A + B), tidig stubbearbetning på hösten (led G), sen höstplöjning (led C + D) och sen höstplöjning som föregåtts av tidig stubbearbetning (led G) under veckorna som följer på bearbetningen, vecka 1-2, 3, 4-5 samt 6-11 efter tidiga höstbearbetningar och vecka 1-2 samt 3-4 efter sena höstbearbetningar. Förändringen är beräknad som förändringen mellan provtagningsstillfällena i respektive led minus förändringen under samma tidsperiod i obearbetade rutor (led H). Medel av år 2000-2002. (v. 3-4 efter sen bearbetning utgörs endast av ett års mätningar).

Halmnedbrukning - långsiktiga effekter

Halmbehandlingarna hade i genomsnitt en mycket liten betydelse för innehållet av mineralkväve i marken (figur 8). Dock tenderade effekten av nedbrukning respektive bortförel av halm från försöket på innehållet av mineralkväve att förändras med åren. De första åren

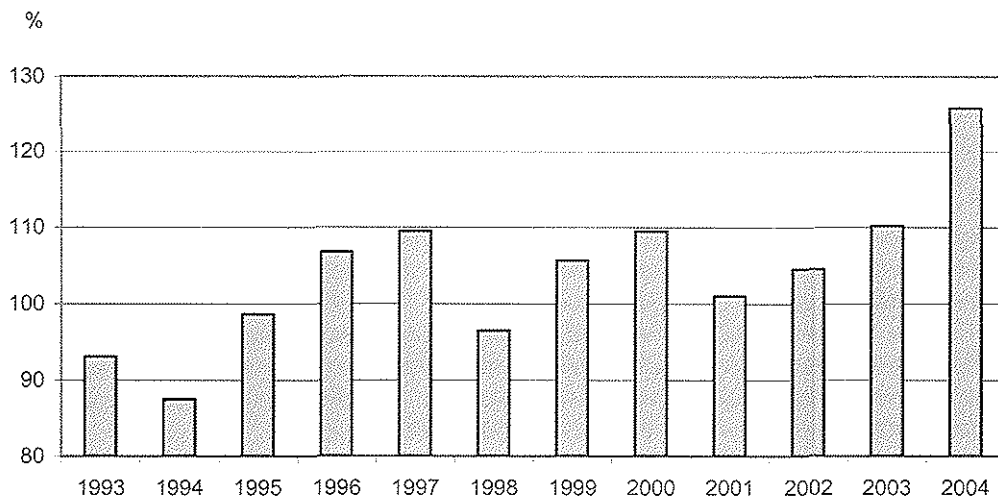
gav bortförelsen av halm större mineralkväveinnehåll under hösten men sedan vände trenden. De senaste årens resultat har visat på en trend mot högre mineralkvävehalter i led där halmen kontinuerligt brukats ner (figur 9). Utvecklingen var densamma i led med såväl som utan fånggröda liksom i led med tidig såväl som sen höstplöjning.



Figur 8. Halmnedbrukningens betydelse för mängden mineralkväve (kg ha^{-1}) i marken (0-90 cm) vid respektive provtagningsstidpunkt i försök R2-8405 på Mellby. Medeltal för åren 1993-2004.

Man hade kunnat vänta sig att halmnedbrukningen skulle ha behövt pågå under en längre tidsperiod innan mätbara skillnader uppstod. I ett liknande försök i västra England har 11 års nedbrukning av halm inte givit

upphov till några ökade mängder mineralkväve i marken under hösten (Nicholson et al., 1997). Någon effekt på kärnskördarna hade halmbehandlingen inte i detta försök.



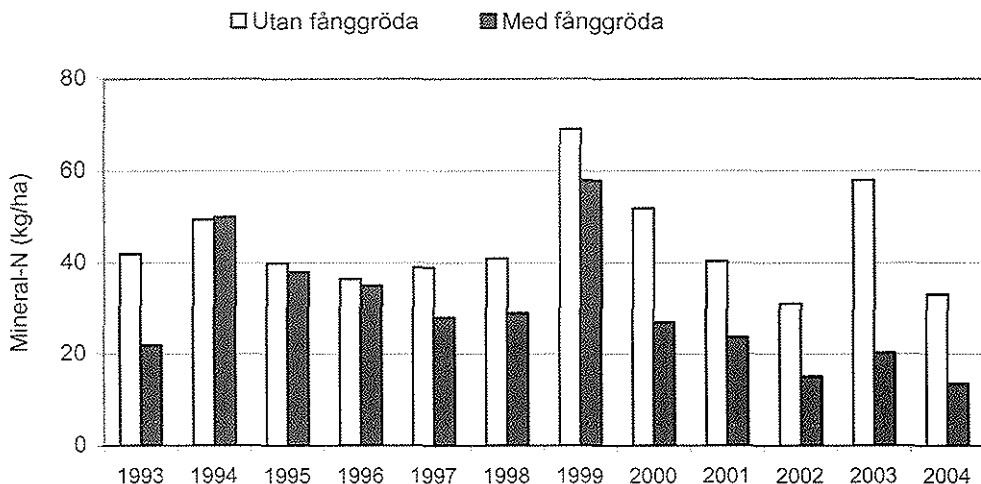
Figur 9. Halmnedbrukningens betydelse för innehållet av mineralkväve i marken (0-90 cm) sent på hösten (november) i försök R2-8405 på Mellby. Mängden mineralkväve i led där halmen brukats ner (A, C, E) redovisas i % av mängden mineralkväve i led där halmen förts bort (B, D, F).

Fånggröda - långsiktiga effekter

Fånggrödan i led E och F hade en betydande inverkan på innehållet av mineralkväve i marken under både hösten och vintern (figur 3). Mängderna var i medeltal de lägsta i försöket, knappt hälften av de i tidigt plöjda led och även lägre än i det vårbearbetade ledet. Innehållet i profilen ökade sedan fram till våren då det låg i nivå med övriga led.

Resultaten visar att av den minskning av mineralkväve i marken under sen höst som systemet med fånggröda och

sen höstplöjning (E och F) gav upphov till jämfört med det tidigt höstbearbetat systemet utan fånggröda (led A och B) kan ca 50 % hänföras till den senarelagda bearbetningen och 40 % till fånggrödan. Resultat från ett intilliggande försök på Mellby där utlakningen från odlingsystem med vårstråsäd och potatis har gjorts (Aronsson et al., 2003) har visat att bearbetningen där står för närmare 70 % av utlakningsminskningen och fånggrödan för ca 30 %. Effekten av fånggrödan förblev också oförändrad under åren, vilket visar att



Figur 10. Mineralkväveinnehåll (kg ha^{-1}) i markprofilen ner till 90 cm sent på hösten (november) efter sen höstplöjning i led utan fånggröda (E, F) och led med fånggröda (C, D) i försök R2-8405 på Mellby.

fånggrödans kväueupptag ännu efter drygt 10 års kontinuerlig odling fortfarande uppvägde en ökad mineralisering från nerplöjd grönmassa. Effekten av fånggrödan snarare ökade än minskade med tiden (figur 10) och fånggrödan hade i detta försök inte någon negativ inverkan på kärnskördarna.

Efterverkan

Efterverkans effekten på markens leverans av kväve presenteras i tabell 9. Nettomineraliseringen under växtsäsongen var större i de sent plöjda rutorna än i de tidigt plöjda. Om detta är en effekt av att olika mineraliseringspotentialer byggs upp under åren i de olika leden beroende på bearbetningstidpunkt är dock oklart. Det kan även vara en effekt av att leden bearbetades vid olika tidpunkt även hösten närmast innan den analyserade växtsäsongen.

Nedbrukningen av organiskt material gav en ökad mineraliseringen under växtsäsongen. Störst nettomineralisering hade leden med fånggröda, förmodligen beroende på att den nerplöjda grönmassan där bidrog med kväve. Också kontinuerliga nedbrukning av halm ser i försöket ut att ha bidragit till en ökad mineraliseringspotential (led A och C jämfört med led B och D). Förutom den högre mineraliseringen under växtsäsongen som visas i tabell 9 styrks detta också av det större mineralkväveinnehållet på hösten under senare år i led med halmnedbrukning (figur 8).

Den stora mineraliseringspotentialen kan vara en förklaring till att leden med fånggröda det ogödslade året 2003 hade de högsta skördarna. Någon motsvarande koppling mellan mineralisering och skörd fanns dock inte vid en jämförelse av tidigt och sent plöjda led. Däremot skulle den

relativt stora merskörderna av oljevaxter 2004 i sent höstbearbetade led, både med och utan fånggröda, jämfört med i tidigt höstbearbetade

led kunna vara en effekt av större tillgång på växttillgängligt kväve under växtsäsongen.

Tabell 9. Efterverkansseffekt som mineraliseringen av kväve (kg ha^{-1}) under växtsäsongen 2003 i de olika leden beräknad utifrån mineralkväve i marken på våren, mineralkväve i marken vid gulmognad och kväveupptag i gröda. Ingen gödsel tillfördes under säsongen (A = tidig höstplöjning halmen nedbrukad, B = tidig höstplöjning halmen bortförd, C = sen höstplöjning halmen nedbrukad, D = sen höstplöjning halmen bortförd, E = sen höstplöjning med fånggröda halmen nedbrukad, F sen höstplöjning med fånggröda halmen bortförd, G = tidig stubbearbetning och sen höstplöjning och H = vårplöjning)

	A	B	C	D	E	F	G	H
-Mark-N på våren*	77	73	74	73	71	71	71	63
+Mark-N vid skörd	45	46	42	42	39	38	44	43
+Upptag kärna	30	28	31	28	32	34	27	23
+Upptag halm	20	18	26	25	25	27	18	25
+Upptag rötter	25	23	29	26	29	30	22	24
=Mineralisering	44	42	54	48	54	57	39	53

*Mineralkvävemängden i marken på våren är justerade utifrån den inbördes relationen mellan leden given av medelvärden av resultaten 1994-2002. Övriga siffror gäller år 2003.

Puttsning av kvickrot

En positiv effekt av putsning av kvickrot på hösten kan förväntas eftersom kvickrot är relativt känslig mot avslagning (Fogelfors, 2002). Resultat från den putsning av kvickrot som sedan hösten 2001 utförts i ena halvan av rutorna inom led H, visar att putsningen kan ha mycket god effekt mot kvickrotsetablering i odlingssystem med vårbearbetning (tabell 10). Till exempel uppvisade putsade områden år 2003, då

problemen med kvickrot var extra stora i försöksområdet, bara halva antalet plantor och halva mängden kvickrot i gram i jämförelse med oputsade ytor.

Att senarelagd bearbetning leder till uppförökning av kvickrot har även observerats i andra försök på Mellby. Puttsningarna i försöket fortsätter även framöver för utvärdering av om metoden kan vara ett sätt att hindra uppförökning av kvickrot i system med vårplöjning.

Tabell 10. Effekten av kvickrotsputsning på hösten i det vårplöjda ledet (H). Antal kvickrotsskott samt mängd kvickrot i gram (per kvadratmeter) i oputsad respektive putsad del av rutorna

Datum	Antal/m ²		Gram/m ²	
	Utan putsning	Putsning	Utan putsning	Putsning
2001-10-30	260	435	57	64
2002-10-24	1382	742	352	204
2003-08-26	1328	702	195	94
2004-09-02	37	17	22	21

Slutsatser

- Risken för utlakning av kväve från lätta jordar i södra Sverige kan minska betydligt om plöjning av marken utförs sent på hösten eller på våren istället för tidigt på hösten.
- Mineraliseringen efter en bearbetning kommer igång snabbt. Både plöjning och stubbearbetning tidigt på hösten gav upphov till 12 kg ökning av mineralkväve-mängden per hektar jämfört med obearbetat led under de tre första veckorna efter bearbetningstillfället. Därefter avstannade ökningen efter stubbearbetning medan den fortsatte under hela hösten efter plöjning.
- Att ersätta en plöjning med en stubbearbetning till 10-12 cm kan minska risken för kväveutlakning i de fall bearbetningen utförs tidigt på hösten. Efter en bearbetning sent på hösten är mineraliseringen liten och val av bearbetningsmetod förmodligen av mycket begränsad betydelse.
- Nedbrukning av halm ledde inte till någon nettoimmobilisering av kväve under hösten. Tvärtom fanns en trend mot högre mineralkvävehalter i led där halmen kontinuerligt brukats ner än där den förts bort.
- Nettomineraliseringen under växtsäsongen var störst i led där organiskt material brukats ner. Störst var den i led med fånggröda men även kontinuerlig halmnedbrukning ökade nettomineraliseringen.
- Fånggrödan minskade mineralkväveinnehållet i marken under både höst och vinter. Effekten förblev oförändrad under åren vilket visar att fånggrödans kväveupptag ännu efter drygt 10 års kontinuerlig odling fortfarande uppvägs av en ökad mineralisering från nerplöjd grönmassa.
- Putsning av kvickrot på hösten hade god effekt mot kvickrotsetablering i odlings-system med vårplöjning.

Litteratur

- 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.
- 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. 2000. Nitrogen turnover and leaching in cropping systems with ryegrass catch crops. *Acta Universitatis Agriculturae Sueciae*. SLU, Uppsala. *Agraria* 214. Doktorsavhandling.
- Aronsson, H., Torstensson, G. & Lindén, B. 2003. Långliggande utlakningsförsök på lätt jord i Halland och Västergötland. *Ekohydrologi* 74. Avdelningen för vattenvårdslära, SLU, Uppsala.
- 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.
- Bhagal, A., Young, S.D. & Sylvester-Bradley, R. 1997. Straw incorporation and immobilization of spring-applied nitrogen. *Soil use and management* 13:111-116.
- Djurhuus, J. 1990. Sammenligning af nitrat i jordvand udtaget med sugekopper og ekstraheret fra jordprøver. Landbrugsministeriet, Statens Planteavlsvforsøg, Særtryk af Tidsskrift for Planteavl, 94:487-495.
- Hansen, E.M. 1991. Sammenligning af keramiske sugekopper og lysimetre med hensyn til udtagning af jordvaske 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., Gustafsson, A., Lindén, B., Stenberg, M. & Rydberg, T. 1999. Mineralkvævedynamik och växtnäringsutlakning i handels- och stallgödslade odlingsystem med och utan fånggröda. Resultat från en grovmojord i södra Halland, perioden 1990-1998. *Ekohydrologi* nr. 50, Avd. f. vattenvårdslära, SLU.
- Jensen, E.S. 1996. Compared cycling in a soil-plant system of pea and barley residue nitrogen. *Plant and Soil.* 182:13-23.
- Jensen, E.S. & Ambus, P. 2000. Prospects for manipulating crop residues to control nitrogen mineralisation-immobilisation in soil. *Kungliga Skogs- och lantbruksakademiens Tidsskrift.* 139:8, s 25-32.
- 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 Jordbruksförsöksdistriktets "Regionala växtodlings- och växtskyddskonferens i Växjö" 7-8 december 1994. Meddelande från Södra Jordbruksförsöksdistriktet, nr 43, s. 15:1-10.
- Lindén, B. & Wallgren, B. 1993. Inverkan av fånggrödor och plöjningstidpunkter på kväve-mineralisering och kväve-efterverkan. Svensk Frötidning, 17 nov, s 15-17.
- Nicholson, F.A., Chambers, B.J., Mills, A.R. & Strachan, P.J. 1997. Effects of repeated straw incorporation on crop fertilizer nitrogen requirements, soil mineral nitrogen and nitrate leaching losses. *Soil Use and Management*, 13:136-142.
- Stenberg, M. & Aronsson, H. 1995. Jordbearbetning - kväveutlakning. Fältförsök i Halland 1993-1995. SLU, Uppsala. Avd. f. vattenvårdslära. Teknisk rapport 17.
- 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. 1996. Jordbearbetning - kväveutlakning. Fältförsök i Halland 1993-1996. SLU, Uppsala. Avd. f. vatten-vårdslära. Teknisk rapport 34.
- Stenberg, M. 1998. Soil tillage influences on nitrogen conservation. Doctoral thesis. *Acta Universitatis Agriculturae Sueciae. Agraria* 129.
- 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., Rydberg, T., Lindén, B. & Gustafson, A. 1999a. Inverkan av olika bearbetningstidpunkter på kväve-mineraliseringen under vinterhalvåret och på kväveutlakningen i odlings-system med och utan fånggröda. Avdelningen för jordbearbetning. Meddelande från Jordbearbetningsavdelningen 29.
- Stenberg, M., Aronsson, H., Lindén, B., Rydberg, T. & Gustafson, A. 1999b. 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.
- Torstensson, G., Gustafson, A., Lindén, B., Skyggesson, G. 1992. Mineralkvävedynamik och växt-näringsutlakning på en grovmojord med handels- och stallgödslande odlingssystem I södra Halland. *Ekohydrologi* nr 28. Avdelningen för vattenvård, Sveriges lantbruks-universitet, Uppsala.
- Wallgren, B. & Lindén, B. 1994. Effects of catch crops and ploughing times on soil mineral nitrogen. *Swedish journal of agricultural research*, v 24 (2), p 67-75.

Muntliga meddelanden

Fogelfors, Håkan. Institutionen för ekologi och växtproduktionslära, Sveriges lantbruksuniversitet, Uppsala. 2002.

RAPPORTER FRÅN JORDBEARBETNINGSAVDELNINGEN

Nr	År	
1	1968	Inge Håkansson. Fysikalisk och kemisk beskrivning av markprofiler från 8 platser i Uppland och Västergötland. 128s.
2	1968	Inge Håkansson. Några synpunkter på forskning och försöksverksamhet i jordbearbetning. 6s.
3	1968	Nils M. Nilsson, Lennart Henriksson. Försök med harvning till vårsäd 1941-1959. 29s. <i>Field trials with harrowing to spring-sown cereals 1941-1959. 29pp.</i>
4	1968	Åke Huhtapalo, Reijo Heinonen. Inledande försök med gödsel radmyllning kombinerat med sådd 1964-1966. 37s.
5	1968	Lennart Henriksson. Orienterande försök med bearbetning till höstvet. 7s.
6	1968	Lennart Henriksson. Försök med olika sätider. 7s.
7	1968	Reijo Heinonen. Berättelse över studieresa till Sovjet den 11-26 Juli 1967. 13s.
8	1968	Inge Håkansson. Markfysikaliska studier i ett växtföljdsförsök på Ås den 15-16 juli 1966. 13s.
9	1968	Bo Thente. Luftpermeabilitetsmätning som markfysikalisk undersökningsmetod. 41s.
10	1968	Reijo Heinonen, Åke Huhtapalo. Besvarade och obesvarade frågor om radmyllning av kvävegödsel. 13s.
11	1968	Lennart Fergedal. Försök med jordpackning vid olika tidpunkter på våren. År 1967. 9s.
12	1968	Nils M. Nilsson, Lennart Henriksson. Alvluckringsförsök 1937-1963. 32s.
13	1968	Reijo Heinonen. Tidig vårsädd. Växtfysiologiska och ekologiska synpunkter på aktuella tendenser i såbäddsberedning och sådd av sträsäd. 19s.
14	1968	Erik Jakobsson. Plöjningsförsök med olika tiltbredder och vändskiveformer. 10s.
15	1968	Lennart Henriksson. Försök med grund plöjning. 9s.
16	1968	Stig Ledin. Olika halmmedbruksningsmetoders verkan på kvickrot och på några fröogräs. 21s.
17	1969	Inge Håkansson, Börje Gillberg. Lufttrycket i traktordäcken under fältarbeten. En stickprovsundersökning hösten 1968. 32s. <i>Investigation into the inflation pressure of the tires of Swedish tractors engaged in field work. 32pp.</i>
18	1969	Göte Bertilsson. Studier över tryckets markpåverkan. 67s.
19	1969	Peter Edling, Nils M. Nilsson, Inge Håkansson. Sju skånska försök med alvluckring och djupplöjning 1964-68. 26s. <i>Seven experiments with subsoiling and deep ploughing in Southwestern Sweden 1964-68. 26pp.</i>
20	1969	Bengt Reimersson, Gunnar Falk. Försök på Persbo gård 1968 med minskad jordpackning. 8s. <i>A field experiment with reduced soil compaction on a clay soil. 8pp.</i>
21	1970	Lennart Henriksson. Olika redskapstyper för stubbearbetning. Jämförelser av arbetssätt och arbetsresultat. 19s. <i>Different types of implements for stubblecultivation. A study of working methods and working results. 19pp.</i>
22	1970	Inge Håkansson, Lennart Fergedal. Försök med jordpackningens ackumulativa efterverkningar. Preliminär redogörelse. 21s.

- Experiments with the accumulative after-effects of soil compaction. Preliminary report. 21pp.*
- 23 1971 Göran Kritz, Inge Håkansson. Såbäddens utformning på vårsådda fält. Stickprovsundersökning 1969-70. 43s.
Investigation into seedbed preparation and properties of the seedbed on spring sown fields in Sweden, 1969-1970. 43pp.
- 24 1971 Lennart Henriksson. Tilljämning av plogtiltan på hösten. Försök med höstharvning och tillsatsredskap till plogen. 68s.
- 25 1971 Ann Pettersson. Nya redskap för gödselplacering och sådd. 50s.
- 26 1971 Lennart Fergedal. Jordpackning med traktor vid olika tider för vårsådd. 140s.
- 27 1971 Göran Kritz. Jordbearbetningsforskning i Europa. Rapport från en studieresa. 16s.
- 28 1972 Helmut Frese. Zur Frage spezialisierter oder interdisziplinärer Forschung am Boden. 15s.
- 29 1972 Inge Håkansson, Sven Alvelid. Två försök i Kalmar län med halmnedplöjning för att minska vinderosionen. 4s.
- 30 1972 Ann Pettersson, Sten Wikström. Inledande undersökningar om radmyllning till potatis. 50s.
- 31 1972 Peter Edling, Lennart Fergedal. Modellförsök med jordpackning 1968-69. 71s.
- 32 1973 Åke Huhtapalo, Ann Wikström, Sten Wikström. Försök med kombisåmaskiner 1971-72. 46s.
- 33 1973 Inge Håkansson. Tung körning vid skörd av slättervall. Tre försök på Röbäcksdalen. 1969-72. 20s.
Effect of heavy machinery when harvesting ley crops. Three field experiments in northern Sweden 1969-72. 20pp.
- 34 1973 Göran Kritz. Såbäddens utformning på vårsådda fält. Stickprovsundersökning 1969-72. Maskinanvändningen på provplatserna. 76s.
- 35 1973 Lennart Henriksson. Redskap för såbäddsberedning. Undersökningsmetoder och inledande studier. 35s.
Implements for seedbed preparation. Methods of investigation and preliminary studies. 35pp.
- 36 1973 Inge Håkansson, Jozsef von Polgár. Försök åren 1969 och 1970 med en maskin för kombinerad såbäddsberedning och sådd (Svenska Sockerfabriks AB:s vårbrukningsmaskin). 26s.
Experiments in the years 1969 and 1970 with a machine for combined seedbed preparation and sowing. 26pp.
- 37 1974 Lennart Engström. Intervjuundersökning om extremt tidig sådd våren 1973. 33s.
A sampling study into extremely early spring sowing in Sweden in 1973. 33pp.
- 38 1974 Lennart Henriksson. Studier av några jordbearbetningsredskaps arbetsätt och arbetsresultat. 144s.
Studies of the mode of working and the working results of some soil tillage implements. 144pp.
- 39 1975 Tomas Rydberg. Plöjningsfri odling i Sverige. En intervjuundersökning 1974. 21s.
- 40 1975 Ulf Olsson. Redskap för såbäddsberedning, arbetsätt och arbetsresultat. 55s.
Implements for seedbed preparation; studies of the mode of working and the working results. 55pp.
- 41 1975 Inge Håkansson. Rapport över studieresa till USA hösten 1974. 15s.

- 42 1976 Inge Håkansson. Elva försök med aivluckring och djupplöjning i Syd- och Västsverige 1964-1975. 35s.
Eleven Swedish field experiments with subsoiling and deep ploughing 1964-1975. 35pp.
- 43 1976 Peter Edling. Redskap och intensitet vid vårbruk till potatis. Resultat av 11 försök i Norrland 1965-1969. 10s.
Eleven experiments in northern Sweden with spring tillage for potatoes. 10pp.
- 44 1976 Göran Kritz. Såbäddens utformning på vårsådda fält III. Stickprovsundersökning 1969-72. Primärdata för 300 provplatser. 76s.
Seed bed preparation and properties of the seed bed in spring sown fields in Sweden III. Sampling investigation 1969-72. Primary results from 300 investigated places. 76pp.
- 45 1976 Proceedings of the 7th Conference of the International Soil Tillage Research Organization, ISTRO.
- 46 1976 Inge Håkansson, Jozsef von Polgar. Modellförsök med såbäddens funktion. I. Såbädden som skydd mot avdunstning. 52s.
Model experiments into the function of the seedbed. I. The seedbed as a protective layer against drought. 52pp.
- 47 1976 Lars Gunnar Nilsson. Texturanalys och jordartsklassifikation. Rapport från ett NJF-symposium i Uppsala 1976-03-09. 26s.
- 48 1976 Inge Håkansson. Olika grödors känslighet för packningsgraden i matjorden. Två försök med vallväxter 1971-74. 17s.
The sensitivity of different crops to the degree of compactness in the plough layer. Two field experiments with forage crops 1971-74. 17pp.
- 49 1976 Göran Kritz. Såbäddens utformning på vårsådda fält IV. Stickprovsundersökning 1969-72. En översiktlig studie av några viktiga faktorer. 33s.
Seed bed preparation and properties of the seed bed in spring sown fields in Sweden IV. Sampling investigation 1969-72. A general survey of some important factors. 33pp.
- 50 1977 Såbäddsberedning och sådd. Uppsatser presenterade vid Lantbrukshögskolans försöksledarmöte 1977.
- 51 1977 Lennart Henriksson. Stubbearbetningsredskapens arbetsresultat med hänsyn till mark- och halmförhållandena. 32s.
The results given by implements for stubble cleaning with regard to different soil- and straw conditions. 32pp.
- 52 1977 Arne Ljungars. Olika faktorerers betydelse för traktorernas jordpackningsverkan. Mätningar 1974-1976. 43s.
Importance of different factors on soil compaction by tractors. Measurements in 1974-1976. 43pp.
- 53 1977 Inge Håkansson, József von Polgár. Modellförsök med såbäddens funktion. II. Försök med skiktade och oskiktade såbäddar. 22s.
Model experiments into the function of the seedbed. II. Experiments with stratified and unstratified seedbeds. 22pp.
- 54 1978 Ulf Olsson. Harvens konstruktion och harvningens utförande - inverkan på bearbetningsresultatet. 28s.
Influence of harrow construction and harrowing on the tillage result. 29pp.
- 55 1978 Olle Wallbom, Kjell Wretler. Förekomsten av några viktiga växtskadegörare vid plöjningsfri odling. 29s.
Occurrence of some important plant diseases on ploughless cereal cropping. 29pp.

- 56 1978 Åke Huhtapalo. Kombisådd av kväve och fosfor till vårsåd. 27s.
Combi-drilling of nitrogen and phosphorus with spring cereals. 27pp.
- 57 1979 Inge Håkansson. Försök med jordpackning vid hög axelbelastning. Markundersökningar 1-2 år efter försökens anläggande. 15s.
Experiments with soil compaction at high axle load. Soil investigations 1-2 years after the experimental compaction. 15pp.
- 58 1979 Inge Håkansson, József von Polgár. Modellförsök med såbäddens funktion. III. Försök med syrebrist i såbädden. 17s.
Model experiments into the function of the seedbed. III. Experiments with oxygen deficiency in the seedbed. 17pp.
- 59 1980 Tomas Rydberg. Storparcellförsök med plöjningsfri odling, 1976-78. 21s.
Big-plot experiments with ploughless farming, 1976-78. 21pp.
- 60 1980 Working group on soil compaction by vehicles with high axle load. Report of meeting in Uppsala 1980. 56pp.
- 61 1981 Behovet av forskning och försök inom mark-teknikområdet. En inventering utförd av samarbetskommittén för mark-teknik vid Sveriges Lantbruksuniversitetets Lantbruksvetenskapliga fakultet. Sekreterare: Lennart Henriksson. 46s.
- 62 1981 Skördevariationerna i växtodlingen - orsaker och motåtgärder. Seminarium anordnat av Samarbetskommittén för Mark-Teknik på Ultuna 1981-04-09. 64s.
- 63 1981 Nils M. Nilsson. Plöjningsdjup och tiltbredder vid höstplöjning. 30s.
Ploughing depths and widths of furrow slice in autumns ploughing. 30pp.
- 64 1982 Jan Cederlund. Kombinerad bearbetning och sådd (harvsådd). Examenarbete. 54s.
- 65 1983 Göran Kritz. Såbäddar för vårstråsåd. En stickprovsundersökning. 187s.
Physical conditions in cereal seedbeds. A sampling investigation in Swedish spring-sown fields. 187pp.
- 66 1983 N.M. Nilsson. Höst- eller vårplöjning till vårsådd på kapillära jordar. Resultat från 12 fältförsök åren 1971-75. 57s.
Autumn- or spring ploughing before spring sowing on capillary soils. Results from 12 field trials during 1971-1975. 57pp.
- 67 1984 Berth Mårtensson. Harvsådd - Preliminära försöksresultat 1979-83. 20s.
Once-over sowing - Preliminary results of trials 1979-1983. 20pp.
- 68 1984 Mats Edh. Bandsådd - en studie av olika billar för bandsådd. Examenarbete. 44s.
- 69 1984 József von Polgár. Vältning efter vårsådd. 16s.
Rolling after spring sowing. 16pp.
- 70 1986 Tomas Rydberg. Markfysikaliska och markkemiska effekter av plöjningsfri odling i Sverige. 35s.
Effects of ploughless tillage on soil physical and soil chemical properties in Sweden. 35pp.
- 71 1986 Jordpackning: Skördepåverkan - Motåtgärder - Ekonomi. Rapport från NJF-seminarium i Sigtuna 28-30 oktober 1986. 187s.
Soil compaction: Effects - Counter-measures - Economy. 187pp.
- 72 1986 Bo Thunholm. Termiska egenskaper i åkermark skattade på grundval av den årliga temperaturvariationen. 18s.
Thermal properties of the subsoil estimated from annual temperature variations. 18pp.
- 73 1987 Lennart Henriksson. Försök med olika harvar 1977-1985. 32s.
Field trials with different harrows 1977-1985. 32pp.

- 74 1987 Tomas Rydberg, Torbjörn Öckerman. Plöjningsfri odling - Dess inverkan på rotutveckling och evaporation. 52s.
The effects of ploughless tillage on root development and evaporation. 52pp.
- 75 1987 Hans Svensson. Jordpackningens inverkan på sockerbetans rotutveckling och skördens storlek. 31s.
Effects of soil compaction on root development and yield of sugarbeets. 31pp.
- 76 1987 Tomas Rydberg. Studier i plöjningsfri odling i Sverige 1975-1986. 53s.
Studies in ploughless tillage in Sweden 1975-1986. 53pp.
- 77 1988 Reduceret jordbearbejdning. Rapport från NJF-seminarium i Horsens, Danmark 9-11 februari 1988. 240s.
Reduced cultivation. 240pp.
- 78 1990 Inge Håkansson, Mary McAfee, Sixten Gunnarsson. Verkan av körning med traktor och vagn vid vallskörd. Resultat från 24 försöksplatser. 41s.
Effects of traffic during harvest on yield of grass leys. Results from field trials on 24 Swedish sites. 41pp.
- 79 1990 Krister Nilsson. Packningsskador vid konservärtskörd - ekonomiska konsekvenser och åtgärder för att minska packningen. 16s.
Estimation of the economic consequences of soil compaction when harvesting canning peas. 16pp.
- 80 1990 Tomas Rydberg, Mary McAfee, Börje Gillberg. Djupplöjning på lätta mineraljordar. 50s.
Effects of subsoiling on crop yields on light mineral soils. 50pp.
- 81 1992 Johan Arvidsson, Sixten Gunnarsson, Lena Hammarström, Inge Håkansson, Tomas Rydberg, Maria Stenberg. 1991 års jordbearbetningsförsök. 58s.
- 82 1992 Johan Arvidsson, Inge Håkansson. En modell för att beräkna jordpackningens effekter på grödornas avkastning. 23s.
An empirical model for estimating the crop yield losses caused by machinery induced soil compaction. 23pp.
- 83 1992 Maria Stenberg, Reynaldo A. Comia, Tomas Rydberg, Inge Håkansson, Sixten Gunnarsson. Harvsådd i konventionella och plöjningsfria bearbetningssystem. 18s.
Soil and crop responses to different tillage systems. 18pp.
- 84 1992 Johan Arvidsson, Lena Hammarström, Maria Stenberg, Tomas Rydberg, Mats Tobiasson, Hans Pettersson, Sixten Gunnarsson, Ararso Etana, Inge Håkansson, Ingrid Karlsson, Karin Blombäck. Jordbearbetningsavdelningens årsrapport 1992. 86s.
- 85 1994 Johan Arvidsson, Inge Håkansson. Finns packningsskador kvar efter plöjning? Resultat från 21 långliggande fältförsök. 31s.
Do effects of soil compaction persist after ploughing. Results from 21 Swedish long-term field experiments. 31pp.
- 86 1994 Johan Arvidsson, Lena Hammarström, Tomas Rydberg, Maria Stenberg, Hans Pettersson, Jörgen Lidström, Lars Olsson, Barbro Beck-Friis, Sasa Ristic, Inge Håkansson, Ararso Etana, Eva Salomon. Jordbearbetningsavdelningens årsrapport 1993. 88s.
- 87 1994 Thomas Grath. Inverkan av jordpackning och anaeroba markförhållanden på grödornas näringsupptagning samt på rotröta och utveckling hos ärtor. 61s.
Influences of soil compaction and anaerobic soil conditions on crop nutrient uptake and on root rot and growth of peas. 61pp.
- 88 1995 Johan Arvidsson, Lena Hammarström, Tomas Rydberg, Maria Stenberg,

- Eva Salomon, Staffan Steineck, Ingrid Karlsson, Sixten Gunnarsson, Daniel Johansson, Åse Littorin-Johansson. Jordbearbetningsavdelningens årsrapport 1994. 77s.
- 89 1996 Ingrid M. Karlsson. Sportgräsytor etablering och skötsel - erfarenheter från ett markbyggnadsförsök. 94s.
Establishment and maintenance of grassed sports fields - experience from a field experiment on soil construction alternatives. 94pp.
- 90 1996 Johan Arvidsson, Helena Elmquist, Sixten Gunnarsson, Daniel Johansson, Susanne Johansson, Ingrid M. Karlsson, Tomas Rydberg, Eva Salomon, Maria Stenberg, Johan Bengtsson, Calle Blackert, Rickard Ivarsson, Anna Lena Carlsson, Sasa Ristic. Jordbearbetningsavdelningens årsrapport 1995. 80s.
- 91 1997 Johan Arvidsson, Helena Elmquist, Sixten Gunnarsson, Daniel Johansson, Tomas Rydberg, Eva Salomon, Maria Stenberg. Jordbearbetningsavdelningens årsrapport 1996. 80s.
- 92 1997 Johan Arvidsson. Tidig sådd - ett system för reducerad bearbetning vid vårsådd. Slutrapport för fältförsök 1992-1996. 45s.
Early sowing - a reduced tillage system for spring sowing. Final report for field experiments 1992-1996. 45pp.
- 93 1998 Johan Arvidsson, Helena Elmquist, Sixten Gunnarsson, Daniel Johansson, Tomas Rydberg, Maria Stenberg, Andreas Trautner, Thomas Wildt-Persson. Jordbearbetningsavdelningens årsrapport 1997. 74s.
- 94 1998 Daniel Johansson. Radhackning med och utan efterredskap i stråsådd. Slutrapport för fältförsök 1995-1997. 49s.
Row hoeing in cereals with and without tools behind. Final report for field experiments 1995-1997. 49pp.
- 95 1998 Maria Stenberg, Göran Bergkvist, Helena Aronsson. Jordbearbetningsstrategi och etableringsteknik till höstraps för att minska risken för kväveläckage. 18s.
Soil tillage strategy and winter oil-seed rape establishment techniques to reduce the risk for nitrogen leaching. 18pp.
- 96 1999 Johan Arvidsson, John Löfkvist, Tomas Rydberg, Erika Sjöberg, Maria Stenberg, Urban Svantesson, Andreas Trautner. Jordbearbetningsavdelningens årsrapport 1998. 68s.
- 97 2000 Ararso Etana, Tomas Rydberg och Inge Håkansson. Markfysikaliska studier i långliggande försök med reducerad jordbearbetning. 29s.
Studies of soil physical properties in long-term experiments with reduced tillage. 29pp
- 98 2000 Johan Arvidsson, Ararso Etana, John Löfkvist, Magnus Melin, Lars Pålsson, Tomas Rydberg, Maria Stenberg, Urban Svantesson, Andreas Trautner. Jordbearbetningsavdelningens årsrapport 1999. 76s.
- 99 2000 Inge Håkansson. Packning av åkermark vid maskindrift. Omfattning - effekter- motåtgärder. 123 s.
- 100 2000 Johan Arvidsson, Jan van den Akker, Rainer Horn (redaktörer). Experiences with the impact and prevention of subsoil compaction in the European community. Proceedings of the 3rd workshop of the Concerted Action " Experiences with the impact of subsoil compaction on soil, crop growth and environment and ways to prevent compaction", 14-16 June, Uppsala, Sweden.
- 101 2001 Johan Arvidsson, Thomas Keller, John Löfkvist, Åsa Myrbeck, Nina Nordström, Tomas Rydberg, Fredrik Sassner, Urban Svantesson, Andreas Trautner. Jordbearbetningsavdelningens årsrapport 2000. 67s.
- 102 2001 Johan Arvidsson, Andreas Trautner, Erika Sjöberg. Alvpäckning av tunga

- betupptagare. Slutrapport från försök 1995-2000. 56 s.
- 103 2002 Johan Arvidsson, Fredrik Andersson, Elisabeth Bölenius, Johan Karlsson, Thomas Keller, John Löfkvist, Åsa Myrbeck, Tomas Rydberg, Urban Svantesson, Torgil Svensson, Alfredo de Toro, Andreas Trautner. Jordbearbetningsavdelningens årsrapport 2001. 86s.
- 104 2003 Johan Arvidsson, Maria Ehrnebo, Ararso Etana, Karin Gustafsson, Thomas Keller, John Löfkvist, Åsa Myrbeck, Tomas Rydberg, Urban Svantesson, Andreas Trautner. Jordbearbetningsavdelningens årsrapport 2002. 78s.
- 105 2003 Åsa Myrbeck, Johan Arvidsson, Thomas Keller. Plöjningstidpunktens inverkan på markstruktur, växtproduktion och kväveutlakning på lerjord. Slutrapport från försök 1999-2002. 44 s.
- 106 2003 Karin Gustafsson, Johan Arvidsson, Thomas Keller. Dragkraftsbehov för plog, kultivator och tallriksredskap vid olika markvattenhalter. 41 s.
- 107 2004 Johan Arvidsson, Ararso Etana, Thomas Keller, Marcus Magnusson, Åsa Myrbeck, Tomas Rydberg, Urban Svantesson. Jordbearbetningsavdelningens årsrapport 2003. 86s.
- 108 2005 Johan Arvidsson (redaktör). Jordbearbetningsavdelningens årsrapport 2004. 77s.
- 109 2006 Johan Arvidsson (redaktör). Jordbearbetningsavdelningens årsrapport 2005. 84s.