

Inverkan av olika bearbetningstidpunkter på kväveminaliseringen under vinterhalvåret och på kväveutlakningen i odlingssystem med och utan fånggröda. Redovisning av resultat 2000-2005.



Foto: Maria Henriksson

Slutrapport för forskningsprojekt inom
Jordbruksverkets ramprogram
"Växtnäringens miljöeffekter" Dnr SJV 25-
7566/04

Åsa Myrbeck och Tomas Rydberg,
Avdelningen för jordbearbetning,
Institutionen för markvetenskap, SLU, Box
7014, 750 07 Uppsala, 018-67 12 00

Jordprofil från Mellby, 0-90cm djup

Inverkan av olika bearbetningstidpunkter på kvävemineralsningen under vinterhalvåret och på kväveutlakningen i odlingssystem med och utan fånggröda. Redovisning av resultat 2000-2005.

Förord

Denna rapport utgör en slutredovisning för åren 2000-2005 från det av Jordbruksverket stödda projektet "Inverkan av olika bearbetningstidpunkter på kvävemineralsningen under vinterhalvåret och på kväveutlakningen i odlingssystem med och utan fånggröda". Projektet (R2-8405) 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, 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 i Lindén (1994), Stenberg (1998), Stenberg & Aronsson (1995, 1996), och Stenberg et al. (1995, 1998, 1999b). Tyngdpunkten i denna redovisning ligger på resultaten från de sex senaste åren.

Jordbearbetningsavdelningen, SLU, februari 2006

Åsa Myrbeck, Tomas Rydberg

Innehållsförteckning

| | |
|---|----|
| Inledning | 3 |
| Mål | 4 |
| Material och metoder | 4 |
| Försöksplan och försöksupplägg | 4 |
| Provtagning..... | 6 |
| Resultat och diskussion..... | 7 |
| Skördar..... | 8 |
| Mineralkväve i marken | 9 |
| Mineraliseringsförloppet efter olika höstbearbetningar..... | 13 |
| Halmnedbrukning – långsiktiga effekter | 17 |
| Fånggröda – långsiktiga effekter | 18 |
| Efterverkan - mineralisering under växtsäsongen..... | 19 |
| Putsning av kvickrot | 20 |
| Slutsatser | 21 |
| Litteratur | 22 |

Inverkan av olika bearbetningstidpunkter på kvävemineraliseringen under vinterhalvåret och på kväveutlakningen i odlingssystem med och utan fånggröda. Redovisning av resultat 2000-2005.

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. Det är därför av stor vikt att belysa dessa frågor under en längre tidsperiod.

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/bortförel av halm i kombination med olika bearbetningstidpunkter?
3. Hur ser mineraliseringsförloppet ut efter vårplöjning i odling med respektive utan fånggröda?
4. Vilka är de långsiktiga effekterna av kontinuerlig odling av fånggrödor på kvävedynamiken i marken och vilka samspelseffekter har vi mellan bearbetningstidpunkt, halmbehandling och fånggrödor?
5. Hur ser mineraliseringsförloppet ut efter oljeväxter jämfört med efter stråsåd?
6. 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 I sa Mo) ca 5 km sydväst om Laholm, i Mellby, 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 vårstråsåd i försöket. 2004 lades våroljeväxter in i växtföljden för att möjliggöra studier av hur väl de tidigare resultaten från försöket angående bearbetningstidpunktens inverkan på kvävemineraliseringen stämmer vid odling av andra grödor än stråsåd. 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 kompletteringsgödsling 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 2000-2003

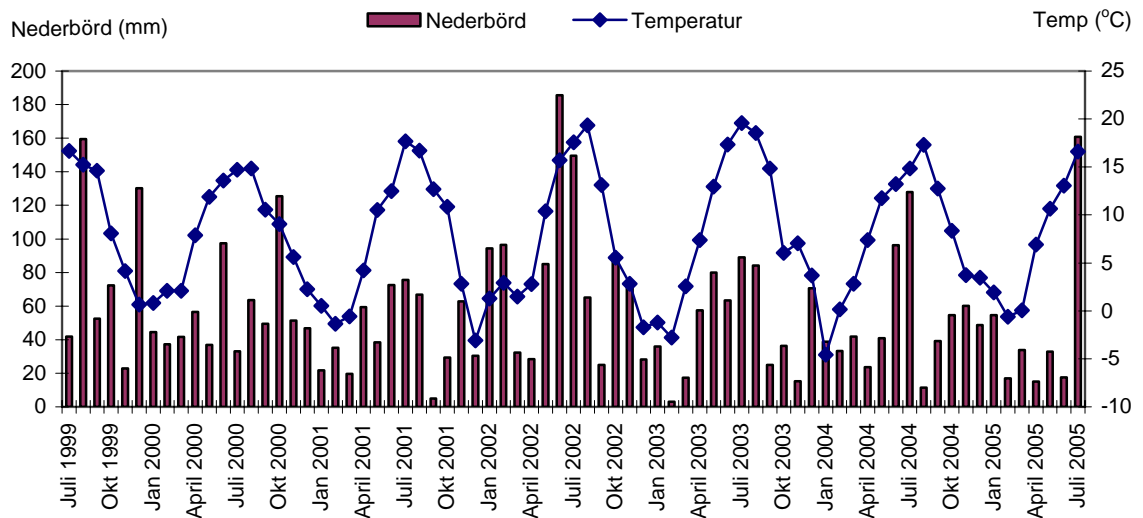
² 2004-2005

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 2000-2004

² Fr.o.m. 2005



Figur 1. Månadsvis nederbörd och temperatur under försöksperioden (juli 1999 till juli 2005)

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 torrsubstans, 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 nitratutlakningen 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 m.fl. (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 ogödslat 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 & Wallgren, 1993; Wallgren & Lindén 1994 m.fl.). Hypotesen var att de olika brukningsmetoderna 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 m fl (1999a).

Skördar

Kärnskördarna och gröda respektive år samt i genomsnitt under perioden 2000-2005 visas i tabell 3 liksom genomsnittsskördarna för hela försöksperioden 1994-2005. I tabell 4 redovisas halmskördarna och i tabell 5 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 Roundup 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 (tabell 2). Denna kan ha orsakat drösning då samliga led skördades samtidigt.

Tabell 3 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, Våröljväxter | 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

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).

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.

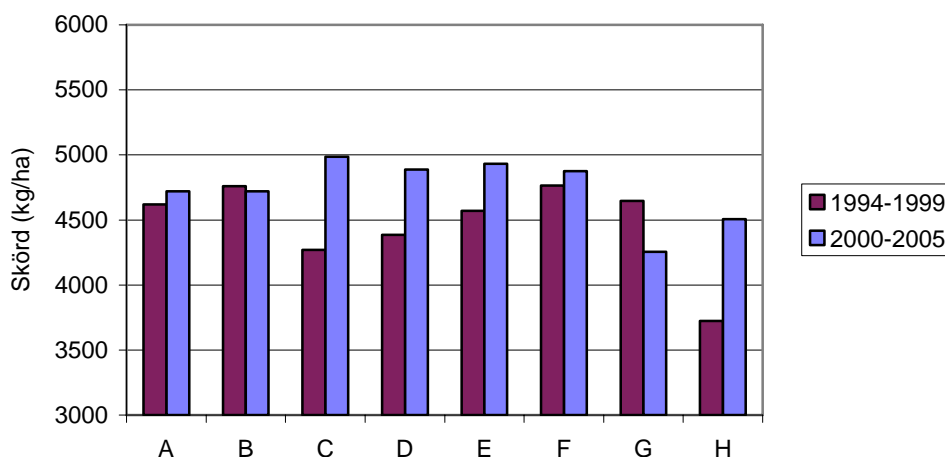
Tabell 4. Halmskördar (kg ts/ha) i försök R2-8405 på Mellby 2000-2005 respektive år och i medeltal

| 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 5. 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, Vårvede | 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, Våröljevaxter* | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 2005, Vårvede | 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 utförs inte på öljevaxter



Figur 2. Genomsnittliga skördar (kg ha^{-1} , 85 % ts) i försök R2-8405 på Mellby under perioderna 1994-1s999 och 2000-2005 (i led G: 2000-2004).

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 6. 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 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.

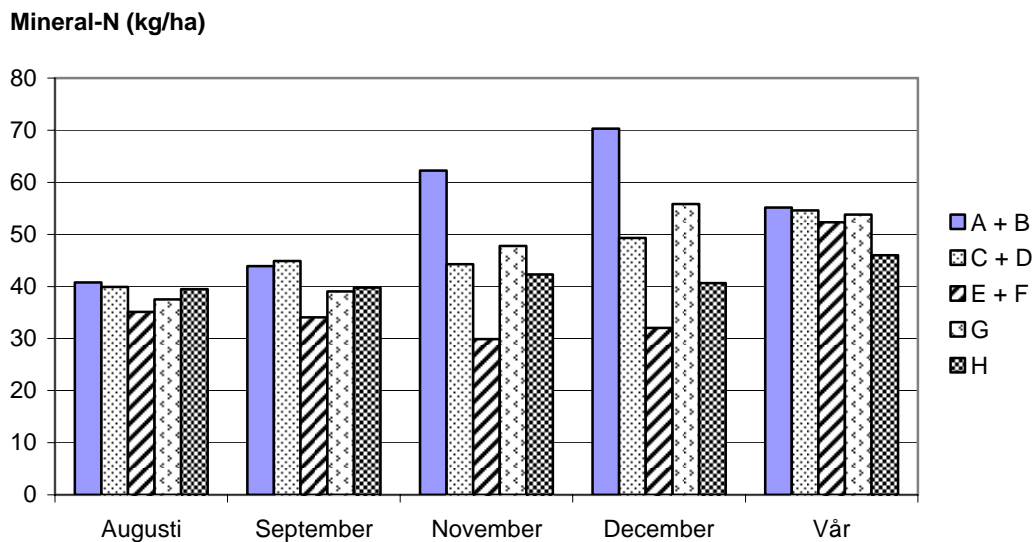
Tabell 6. Mineralkväve (kg N/ha) i marken i 0-90 cm i led A-H i försök R2-8405, Mellby, vid respektive provtagningstidpunkt och år 1999-2005 samt i medeltal för åren 1999-2005 och samtliga försöksår, 1993-2004.

| 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 gulmognad | | | | | | | | | |
| 1999 | | 22 | 20 | 24 | 26 | 25 | 23 | 24 | 36 |
| 2003 | | 43 | 43 | 40 | 41 | 38 | 37 | 42 | 42 |
| 1999-2004 | | | | | | | | | |
| 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 | | | | | | | | | |
| 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 | | | | | | | | | |
| 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 |
| 1999-2004 | | | | | | | | | |
| 1994-2004 | | 57 | 54 | 55 | 54 | 52 | 52 | 54 | 46 |

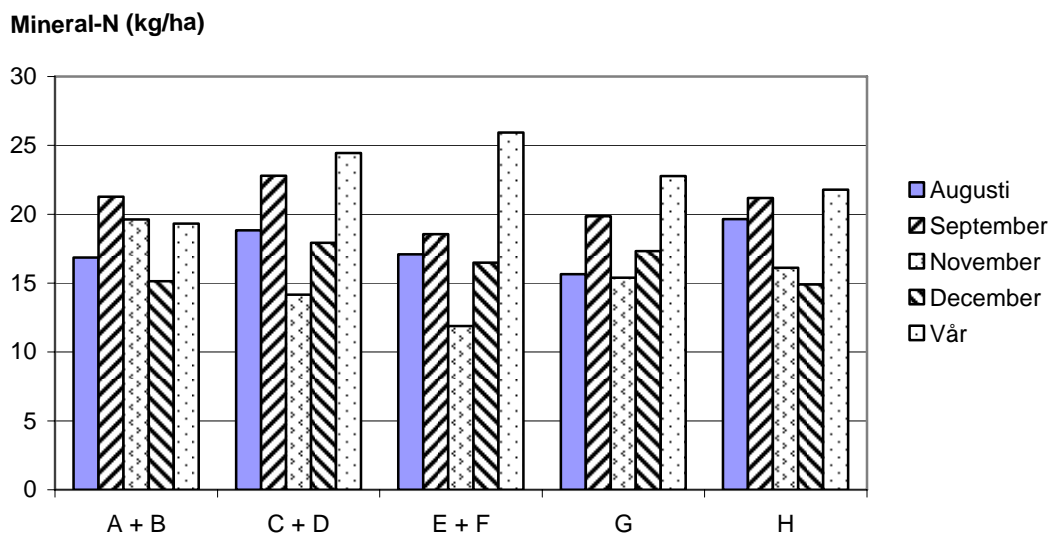
Resultaten från åren 2000-2005 stödjer resultaten från tidigare år. Mängden mineralkväve i 0-90 cm under hösten har varje år varit betydligt större i de tidigt höstbearbetade leden än i de med senarelagd bearbetning. Innehållet av kväve har också ökat kraftigt från provtagningen omedelbart före den tidiga 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 och 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. Här har istället den intensiva jordbearbetningen både tidig och sen höst medfört en ökning av mineralkvävemängderna i profilen.

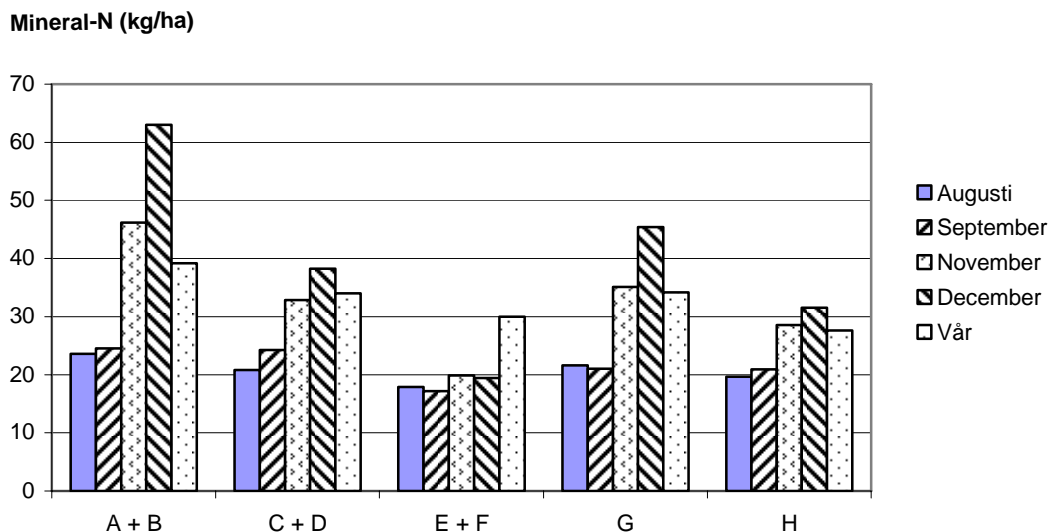
Vid jämförelse av figur 4 och 5 (mineralkväve i matjord respektive alv) kan man se att innehållet av mineralkväve ökar starkt i 30-90 cm under hösten i de tidigt bearbetade leden jämfört med de sent bearbetade leden. Den ökningen ser man dock ej om endast de översta 30 cm i marken studeras.



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).



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).



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).

Skillnaderna mellan tidig och sen höstplöjning var något mindre efter våroljeväxterna hösten 2004 än i genomsnitt efter stråsäd. 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 stråsäd och odling av oljeväxter. Resultaten från provtagningen 2005 är inte färdiganalyserade varför vi inte ännu inte kunnat se några resultat från fånggrödan i det vårplöjda ledet.

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 under åren 2000-2002.

Tidig plöjning

Resultaten visade att en tidig höstbearbetning kan orsaka en mycket snabb ökning av mineraliseringen i marken. Under de tre första veckorna efter tidig plöjning uppmättes år 2000 en ökning på 11 kg 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 mineralisering av ca 18 kg kväve 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.

Tidig stubbearbetning

Motsvarande ökning efter tidig stubbearbetning var initialt lika stor som 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 mineralkväveinnehållet återigen minskade, medan innehållet i tidigt plöjda led fortsatte att öka under hela hösten. Medan mineraliseringen i de översta 10 centimetrarna i marken kommer igång mycket snabbt efter en bearbetning går processerna förmodligen betydligt långsammare i skiktet 10-20 cm, vilket skulle förklara mineraliseringsförloppets olika utseende efter tidigstubbearbetning respektive tidig plöjning.

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.

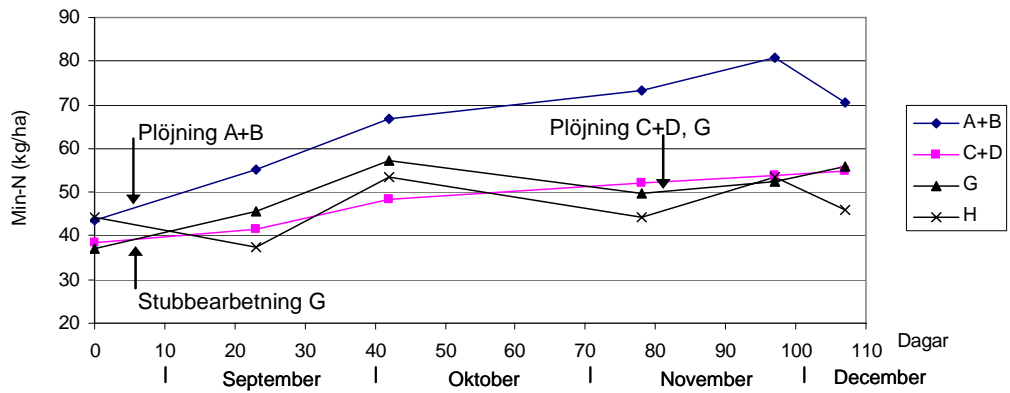
| Led | A | B | C | D | E | F | G | H | |
|-----------------|---------------|---------------|---------|---------|---------|---------|----------|--------------|------|
| Stubbearbetning | - | - | - | - | - | - | Tid.höst | - | |
| Plöjning | Tidig höst | Tidig Höst | Senhöst | Senhöst | Senhöst | Senhöst | 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

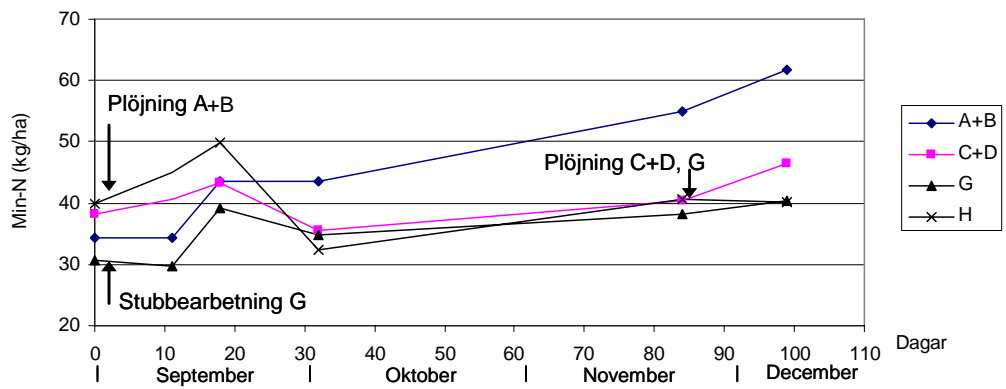
Sen plöjning som föregåtts av tidig stubbearbetning gav inte vare sig 2000, 2001 eller 2002 upphov till någon nämnvärd ökning av mineralkväveinnehållet under de första två veckorna efter plöjningen. Ökningen var något större där plöjningen inte föregåtts av tidig stubbearbetning. En förklaring skulle 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 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 minska risken för utlakning i de fall bearbetningen utförs tidigt på hösten, men inte ha någon större effekt vid bearbetning sent på hösten. En tidig stubbearbetning leder till en större ökning av mineralkvävemängderna i marken än en sen plöjning.

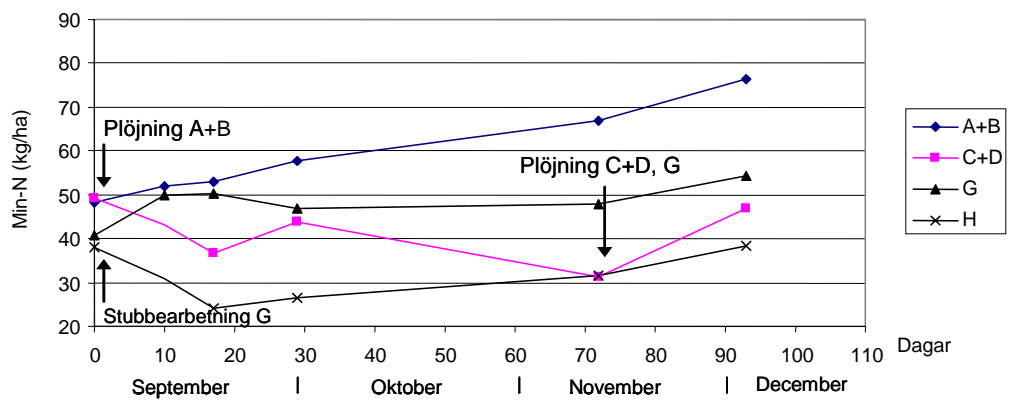
År 2000



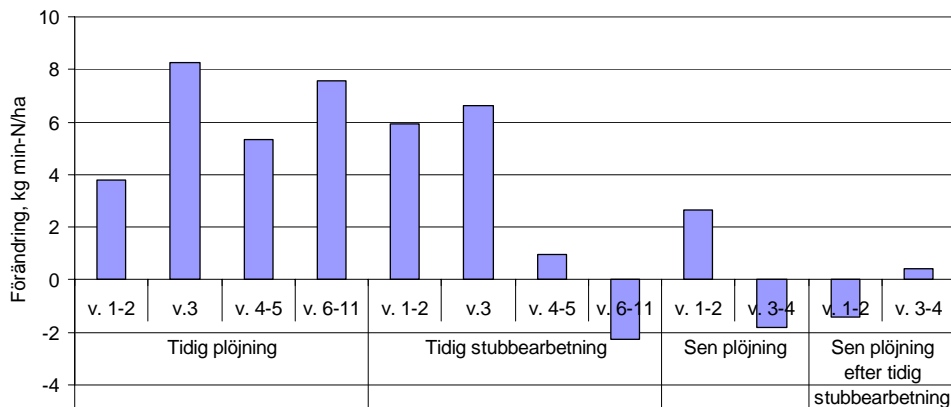
År 2001



År 2002



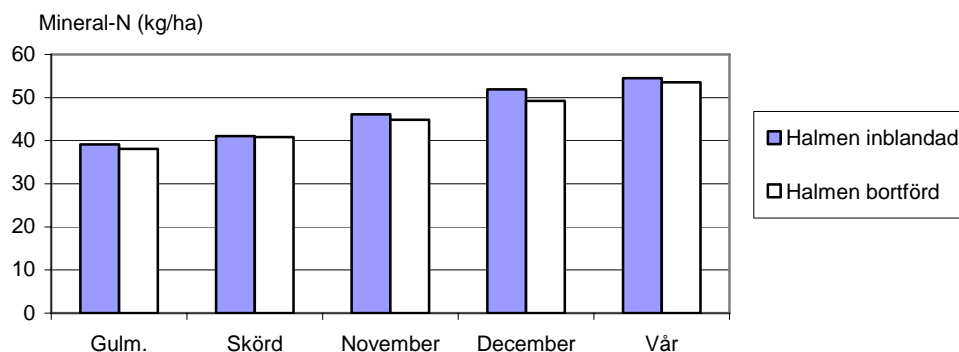
Figur 6. Mineralkväve i markprofilen (0-90 cm djup) i försök R2-8405 under hösten 2000, 2001 och 2002 i led A + B = tidig höstplöjning, led C + D = sen höstplöjning, led G = tidig stubbearbetning och sen höstplöjning och led H = vårplöjning. Första provtagningstillfället = Dag 0. Pilarna visar efter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



Figur 7. Förändring av mineralkväveinnehållet (kg/ha) 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 provtagningstillfällena 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).

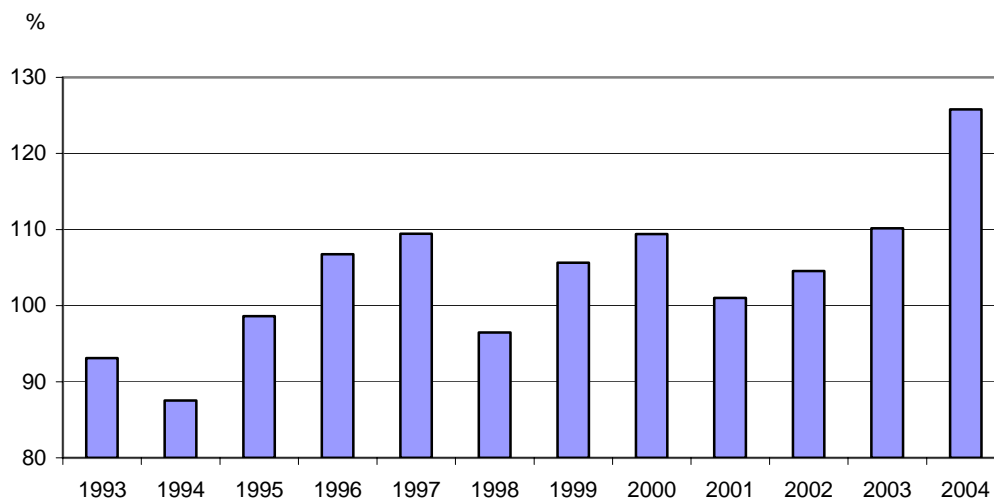
Halmedbrukning - långsiktiga effekter

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 bortförslen av halm större mineralkväveinnehåll under hösten men sedan vände trenden. De senaste årens resultat visar 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.



Figur 8. Halmedbrukningens betydelse för mängden mineralkväve i marken (0-90 cm) vid respektive provtagningstidpunkt i försök R2-8405 på Mellby. Medeltal för åren 1993-2004.

Halmskördarna (tabell 4) varierade mycket mellan led och år. De största eller minsta kärnskördarna motsvarades inte av störst respektive minst halmskörd. Detta försvårade utvärderingen av halmedbrukningens betydelse för utlakningen av kväve vid olika bearbetningstidpunkt. Någon effekt på kärnskördarna hade halmbehandlingen inte i detta försök.



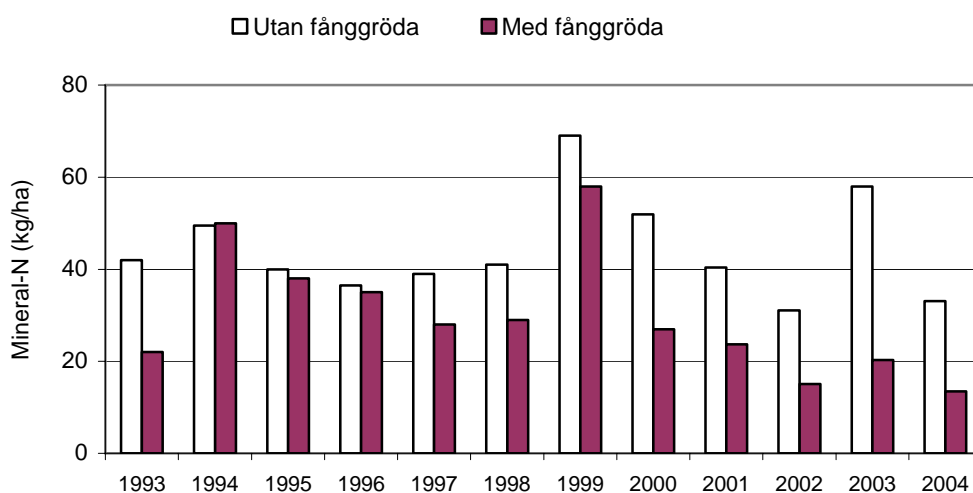
Figur 9. Halmedbrukningens betydelse för innehållet av mineralkväve i marken (0-90 cm) sent på hösten (november) i försök R2-8405 på Mellby.. Mängden mineralkväve i led där halmen brukats ner (A, C, E) i % av mängden mineralkväve i led där halmen förts bort (B, D, F).

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 m.fl., 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 fånggrödans kväveupptag ännu efter drygt 10 års kontinuerlig odling fortfarande uppvägte 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.



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.

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 bearbetats vid olika tidpunkt 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 merskörden 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. Mineraliseringen av kväve (kg/ha) 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.

Putsning 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 7). 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. Putsningarna i försöket fortsätter även framöver för utvärdering av om metoden kan vara ett sätt att hindra uppförökning av kvickrot i system med senarelagd bearbetning.

Tabell 7. Effekten av kvickrotsputsning på hösten i det vårplöjda ledet (H). Antal kvickrotsskott samt mängden 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 minskas betydligt om plöjning av marken utförs sent på hösten eller på våren istället för tidigt på hösten.
- Att ersätta plöjning med reducerad bearbetning ser ut att minska risken för utlakning i de fall bearbetningen utförs tidigt på hösten, men inte ha någon större effekt vid bearbetning sent på hösten.
- Nerbrukning 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 fånggrödeleden men även kontinuerlig halmnerbrukning 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 uppvägde en ökad mineralisering från nerplöjd grönmassa.
- Putsning av kvickrot på hösten hade god effekt mot kvickrotsetablering i odlingsystem 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, 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.
- 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 jordvandske 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. Mineralkvävedynamik och växtnäringsutlakning 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 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 kvävemineralisering och kväveefterverkan. *Svensk Frötidning*, 17 nov, s 15-17.
- 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. vattenvårdslära. 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. 1999:a. Inverkan av olika bearbetningstidpunkter på kväve mineraliseringen under vinterhalvåret och på kväveutlakningen i odlingsystem med och utan fånggröda. Avd. f. jordbearbetning. Meddelande från Jordbearbetningsavdelningen 29.
- Stenberg, M., Aronsson, H., Lindén, B., Rydberg, T. & Gustafson, A. 1999:b. 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 växtnäringsutlakning på en grovmjord med handles- och stallgödslade odlingsystem i södra Halland. Ekohydrologi nr 28. Avdelningen för vattenvård, Sveriges lantbruksuniversitet, 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