

Grund eller djupare jordbearbetning i samband med sådd av höstvetete efter höstraps – *möjligheter att minska nettomineraliseringen av kväve i marken på hösten*



Lena Engström, Maria Stenberg och Börje Lindén

Avdelningen för precisionsodling

*Division of precision agriculture
Swedish University of Agricultural Sciences*

**Teknisk rapport 4
Skara 2006**

Report 4

ISSN 1652-2834

Förord

Denna rapport är en slutredovisning av det ettåriga pilotprojektet ”Stimulering av höstraps-halmens förmåga till kvävefixering i jorden efter skörden för minskning av kväveutlakningsrisken” som finansierats av Stiftelsen Svensk Oljeväxtforskning. Med höstraps som förfrukt till höstvetete ökar avkastningen och den goda kväveefterverkan kan också minska behovet av kvävegödsling till eftergrödan. Detta är fördelar, som dock i viss mån motverkas av större kväveutlakning under vinterhalvåret efter höstrapskörden. Jordbearbetningen inför sådden av höstsäd har stor betydelse för anhopningen av utlakningsbart kväve i marken på hösten. Denna studie belyser hur olika sätt att bearbeta jorden och behandla halmen efter skörd av höstraps kan inverka på kvävemineriseringen i marken på hösten i efterföljande höstvetete. Syftet var att finna bästa möjliga sätt att etablera höstvetete efter höstraps utan att stimulera kvävemineriseringen i marken på hösten (och istället öka kväveimmobiliseringen) och därmed minska kväveutlakningsrisken samtidigt som högsta möjliga skördenivå bibehålls. Studien startades i augusti 2004 med skörd av höstraps och pågick fram till skörd av höstvetete 2005. Försöket utfördes på Bjertorps egendom, Vara, Lanna försöksstation, med Rolf Tunared som ansvarig försöksledare.

Skara 2006-10-12

Författarna

Lena Engström, Maria Stenberg och Börje Lindén

Avdelningen för precisionsodling
Institutionen för markvetenskap,
Sveriges lantbruksuniversitet
Box 234, 532 23 Skara

Tel. 0511-67000

e-post. lena.engstrom@mv.slu.se, maria.stenberg@mv.slu.se, linden.borje@telia.com

Innehållsförteckning

FÖRORD	3
INNEHÅLLSFÖRTECKNING	4
INLEDNING	5
MATERIAL OCH METODER	6
Försöksplats och försöksplan	6
Väderdata	7
Provtagningar och analyser	8
RESULTAT OCH DISKUSSION	9
Kärnskörd.....	9
Mineralkväve i marken under hösten	13
Mineralkväve i marken tidig vår	14
Specialstudier av mineralkväve i matjorden.....	14
SLUTSATSER	15
LITTERATUR.....	17
BILAGOR	18

Inledning

Höstraps är en värdefull gröda, bl.a. genom dess växtpatologiskt sanerande verkan i stråsädesdominerade växtföljder, vilket höjer efterföljande grödas avkastning i jämförelse med stråsäd (se t.ex. Engström & Gruvaeus, 1998). Höstrapsen har dessutom god kväveefterverkan, som i princip minskar behovet av kvävegödsling till eftergrödan (Engström & Gruvaeus, 1998; Knudsen et al., 2000). Härtill har ett bra höstrapsbestånd på hösten efter sådden större förmåga än höstsäd att tömma marken på utlakningsbart kväve, så att N-utlakningsrisken minskar (Engström et al., 2000; Lindén & Wallgren, 1988). Detta är fördelar, som dock i viss mån motverkas av större kväveutlakning under vinterhalvåret efter höstrapskörden, vilket fastställts i ett utlakningsförsök i sydvästra Skåne (Hessel et al., 1998; Aronsson & Torstensson, 2003). Även konstaterat större mineralkväveförråd på hösten efter rapsskörden än efter havre (Lindén & Engström, 2006, Hallgren, 2003) tyder på detta.

Förklaringarna till den större kväveutlakningsrisken efter höstraps kan ha att göra med dess biologiskt styrda utveckling, där tidig mognad och bladfällning under sommaren tycks vara viktiga faktorer. Den i jämförelse med stråsädesgrödor tidiga avslutningen på kväveupptagningen medför att mer mineraliserat kväve hinner anhopas i marken fram till senhösten än efter flertalet andra grödor, och nedbrytningen av de nedfallna bladen kan bidra till detta.

Höstsädens kväveupptag under hösten är som utlakningsbegränsande faktor av liten betydelse, då höstvetete, rågvete och även höstråg tar upp jämförelsevis små kvävemängder under denna tid (Lindén et al., 2000). Det tycks istället vara så, att den vanliga jordbearbetningen inför sådden av höstsäd har större betydelse för anhopningen av utlakningsbart kväve i marken på hösten än höstsädens kväveupptag under denna tid.

Långvariga undersökningar på Lanna försöksstation visar att en tidig plöjning stimulerade höstmineraliseringen mer än en tidig stubbearbetning (Stenberg et al., 2005). Man bör följaktligen kunna minska kvävemineraliseringen genom att bearbeta ganska grunt eller genom direktsådd av höstsäd (utan egentlig jordbearbetning). Dessa åtgärder är också i linje med vad jordbrukarna själva alltmer gör vid höstsådd efter höstraps. I det nämnda utlakningsförsöket i sydvästra Skåne (Hessel et al., 1998; Aronsson & Torstensson, 2003) hade emellertid plöjning skett efter höstrapsen.

Frågan är vidare om höstrapsens halm kan fastlägga kväve efter inbrukning i marken. Det har konstaterats att höstrapshalmen är kvävefattig och har en kol-kvävekvote (C/N) liknande havrens (Hallgren 2003; Lindén & Engström, 2006). Inkubationsförsök i fält med höstrapshalm inblandad i jord (Hallgren 2003; Lindén & Engström, 2006) visar, att denna halm immobiliserar kväve ungefär som havrehalm och uppenbarligen förmår att minska mängden mineralkväve (ammonium- och nitratkväve) jorden. I dessa inkubationsstudier var halmen hackad i 2-4 cm långa halmbitar och väl inblandad i jord i ventilerade burkar, som sattes ned centralt i matjorden på ett fält.

Fältförsök med nedplöjning av stråsädeshalm (tidigt och sent) i jämförelse med bärgning av halm, i en sexårig studie på en lerjord i Västergötland, visar en påtaglig minskning (10%) av mängderna mineralkväve i marken under hösten och fram till mars (Stenberg et al. 2005). I försök på lätt jord i Halland (Myrbeck, 2005) var motsvarande effekt av halmnedbrukning eller halmbortförsel begränsad till första åren i studien medan senare års mätningar visade på

mer mineralkväve i led där halmen brukats ned. Däremot visar studier att stubbearbetning (med inbrukning av halm) ökar nettomineraliseringen av kväve (Stenberg et al., 1999; Stenberg et al. 2005) i jämförelse med obearbetad jord. Stenberg et al. (2005) fann också att den potentiella kvävemineraliseringen i matjorden 0-20 cm (mätt som mg ammonium-N (g ts jord)⁻¹) var som störst i led där halmen nedbrukats genom stubbearbetning (plöjningsfritt) jämfört med tidigt eller sent plöjda led.

Det som påtagligt skiljer de nämnda inkubationsförsöken och nedbrukning av halm i praktiken synes vara halmens sönderdelning i de förra (hackat i ”småbitar”) och dess jämna fördelning i jord, medan halmen på ett åkerfält kan vara mer eller mindre lång och ofta inarbetas i klumpar och strängar. Sådana praktikförhållanden medför att mikroorganismerna får sämre möjligheter till nedbrytning (jmf. Jensen & Ambus, 2000). Ju mindre halmbitarna å andra sidan är, desto fler angreppsytor för nedbrytning får mikroorganismerna, vilket gynnar kvävefastläggningen (jmf. Jensen & Ambus, 2000). Det gäller då att i praktiken sönderdela och fördela halmen på ett sätt som liknar förhållandet i de nämnda inkubationsförsöken.

För att bättre bevara kvävet i marken efter höstraps, där höstsäd sedan etableras, bör man 1) undvika att stimulera kvävemineraliseringen, vilket kan ske genom reducerad eller utebliven jordbearbetning inför sådden av höstsäden, och 2) stimulera fastläggningen av kväve i marken under hösten i samband med höstrapshalmens nedbrytning.

Det gäller då att efterlikna detta under praktiska förhållanden. Minskad kväveutlakningsrisk efter höstraps med ledning av resultaten bör därför kunna uppnås genom åtgärder enligt följande hypoteser: 1) Finfördelning av halmen med exempelvis en betesputs och jämn inarbetning och fördelning av halm i ett 5-7 cm tjockt ytskikt genom ytlig jordbearbetning med lämpliga tallriksredskap. Detta bör gynna kväveimmobiliseringen och leda till nettofastläggning av kväve. 2) Obearbetad mark i den underliggande jorden (under 5-7 cm djup). Härigenom undviker man att stimulera kvävefrigörelsen i matjordens centrala och djupare delar.

Sammantaget bör detta medföra, att den samlade mängden mineralkväve (utlakningsbart kväve) i marken på hösten efter höstraps blir mindre än med mer traditionella jordbearbetnings-sätt vid etablering av höstsäd efter rapsen. För att pröva hypoteserna ovan och jämföra med andra jordbearbetningsåtgärder vid sådd av höstvetete efter höstraps med avseende på mängderna utlakningsbart kväve i marken genomfördes ett fältförsök i Västergötland med höstraps 2004 och höstvetete 2005.

Material och metoder

Försöksplats och försöksplan

Pilotstudien gjordes som ett fältförsök under en växtsäsong på Bjertorps egendom, Vara, Västergötland (58°22'N). Matjorden (0-30 cm) var en något mullhaltig moig sandjord (8% lerhalt och 2,6% mullhalt), mellanskiktet 30-60 cm utgjordes av mullfattig sandig lättlera (15% lerhalt och 1% mullhalt) och skiktet 60-90 cm av mullfattig mellanlera (35% lerhalt och 0,2% mullhalt). Försöket var ett randomiserat blockförsök med tre upprepningar. Höstraps (Banjo) såddes i augusti 2003 på försöksplatsen och gödslades med 46 kg N/ha hösten 2003 och med 69 + 95, totalt 164 kg N/ha på våren 2004. Höstrapsen skördades 11 augusti 2004 och frö-

skörden uppmättes till 4 240 kg ts/ha. Stubben lämnades 40-50 cm hög och den tröskade och hackade halmen lämnades på marken. Därefter såddes höstvetete Kosack, 200 kg/ha med en Väderstad Rapid såmaskin, 24 september i alla led efter olika jordbearbetningar och stubbehandlingar (A-G i tabell 1).

Tabell 1. *Behandlingar i led A-G innan sådd av höstvetete efter höstraps.*

Led	Jordbearbetning innan sådd	Sådatum	Behandling av stubb
A	Stubbearbetning 6 cm (kultivator) 20/8, plöjning 25 cm 22/9	24 sep	ingen
B	Plöjning 25 cm 22/9	24 sep	ingen
C	Stubbearbetning 12 cm (kultivator) 20/8 and 24/9	24 sep	ingen
D	Stubbearbetning 6 cm (Carrier) 20/8	24 sep	hackad med betesputs
E	Stubbearbetning 6 cm (Carrier) 20/8 and 24/9	24 sep	hackad med betesputs
F	Stubbearbetning 6 cm (Carrier) 20/8	24 sep	ingen
G	Direktsådd 24/9	24 sep	ingen

I två av de sju leden hackades stubben med betesputs 2 gånger till 4 cm över markytan strax efter skörd. En vecka senare gjordes en grund jordbearbetning (6 cm) med en Carrier så att halmen blandades ner i jorden, vid ett tillfälle i led D och i led E vid två tillfällen med en månads mellanrum. Syftet var här att studera halmens eventuella effekt på kväveimmobilisering. Carrieren är ett slags tallriksredskap med eftermonterade knasterliknande rullar för tilljämning och viss återpackning.

Detta jämfördes med led A som stubbearbetades 6 cm med en stubbkultivator tidigt, strax efter skörd, och sedan plöjdes strax innan sådd (konventionell såbäddsberedning) och led C som stubbearbetades 12 cm med stubbkultivator vid två tillfällen, tidigt (strax efter skörd) och sent (strax innan sådd). Jämförelser gjordes även med led där ingen tidig bearbetning gjordes innan sådd: direktsådd i led G och plöjning strax innan sådd i led B. I de plöjda leden, A och B, gjordes även en såbäddsharvning och vältning innan sådd.

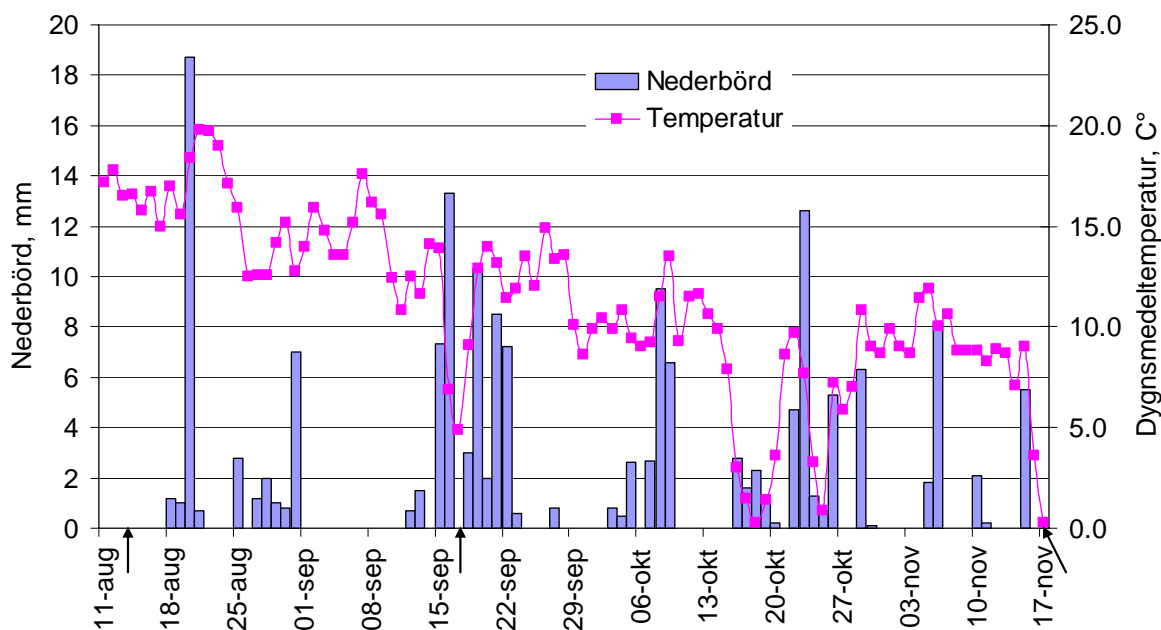
Höstvetetet gödslades med totalt 145 kg N/ha (NS 27-4) vid två tillfällen (12 april och 28 april). Fosfor, kalium tillfördes den 26/4 i form av 200 kg/ha PK 13-13. Då mycket spillraps och ogräs fanns i försöket gjordes ogräsbekämpning höst (25/9 och 14/10) och vår (13/5) i höstvetetet. Förebyggande bekämpning av bladfläcksvampar utfördes den 20/6 2005.

Väderdata

Under sommaren 2004 blev nederbördsmängden större än den normala (i jämförelse med medelvärden för perioden 1961-1990) i juni och juli och temperaturen normal. Från augusti och fram till och med november var nederbörd och temperatur normal. Vinterperioden december till och med februari blev något varmare än normalt förutom mars månad som var kallare. Endast för två (februari och mars) av normalt fyra månader var månadsmedelvärdet minusgrader. Nederbörden från december och fram till och med april var under det normala med undantag av januari. Därefter var den över det normala från maj till och med juli 2005.

Tabell 2. Månadsmedelvärden för lufttemperaturen och ackumulerad månadsnederbörd under projektåren 2004/2005 samt normalvärden (1961-1990) för lufttemperaturen och nederbörden på Lanna försöksstation.

	Aug	Sep	Okt	Nov	Dec	Jan	Feb	Mar	Apr	Maj	Jun	Jul	Aug
Lufttemperatur (°C) 2004/2005	17,1	12,2	7,1	1,8	2,3	1,0	-1,7	-1,4	6,0	9,9	12,8	16,6	15,6
1961-1990	14,9	11	7	2,1	-1,3	-3,1	-3,4	-0,2	4,7	10,6	14,7	15,8	14,9
Nederbörd (mm) 2004/2005	61	55	62	58	18	37	14	18	23	56	96	104	47
1961-1990	62	65	61	57	39	37	24	30	30	41	51	63	62



Figur 1. Månadsmedelvärden för lufttemperaturen och ackumulerad dygnsnederbörd under hösten efter skörden av höstrapsen, från 11 augusti till 17 november 2004. Pilar anger jordprovtagningstillfällena.

Provtagningar och analyser

Höstrapsgrödan år 1 provtogs vid skördemognad genom rutvis avklippning vid markytan inom två ytor om 0,25 m² i varje ruta, dvs. totalt 1,5 m² per led. Efter torkning separerades halm (inkl. boss) från frö, varefter de olika delarna vägdes och innehållet av totalkväve i höstrapsfröet bestämdes enligt elementaranalys (Dumas) på analyslaboratoriet Cerealia, Svalöv.

Höstveteskorörden mättes rutvis genom att 24 m² (12 x 2 m²) tröskades inom varje bruttoruta på 108 m². Ett kärnprov på 1000 g analyserades på vattenhalt, och totalkväve bestämdes med en Leco CNS 2000 (Leco, St. Joseph, Michigan, USA) vid Avdelningen för växtnäringslära, Institutionen för markvetenskap, SLU, Uppsala.

För bestämning av mängderna mineralkväve (ammonium och nitrat) i jorden vid olika tidpunkter i vart och ett av leden provtogs marken till 90 cm djup ledvis med uppdelning i skikten 0-30 cm (24 borrstick), 30-60 cm (12 stick) och 60-90 cm (12 stick). Jordproverna förvarades djupfrysta, varefter de homogeniserades genom frysmalning. De extraherades med 2 M KCl i jord-vätskeförhållandet 1:2,5 (jmf. Bremner & Keeney, 1966), varefter ammonium- och nitratkväve bestämdes med en autoanalytator (TRAACS 800, metod ST9002-NH₄-D och ST9002-NO₃-D). Analysvärdena omräknades skiktvis till kg per ha med beaktande av aktuel-

la vattenhalter och under antagande att volymvikten i matjorden (0-20 cm) var 1,25 kg/dm³ och 1,50 kg/dm³ i skikten därunder. Kväveprofilprovtagningarna utfördes vid följande tidpunkter:

- 1) vid skörd av höstrapsen 13/8
- 2) mellan första och andra bearbetningen 17/9
- 3) senhösten 17/11
- 4) tidigt på våren 5/4.

Specialstudier av mineralkväve i matjorden

För att studera hur mineralkvävedynamiken påverkades i skilda delskikt i matjorden efter olika djup bearbetning, med och utan halminblandning, togs även jordprover inom 0-7 cm och 7-30 cm i led B, D och G. Detta gjordes 17 september och 17 november. Provtagningarna utfördes inom delrutor som inte besåddes med höstvetete för att undvika att grödans kväveupptagning påverkade resultaten.

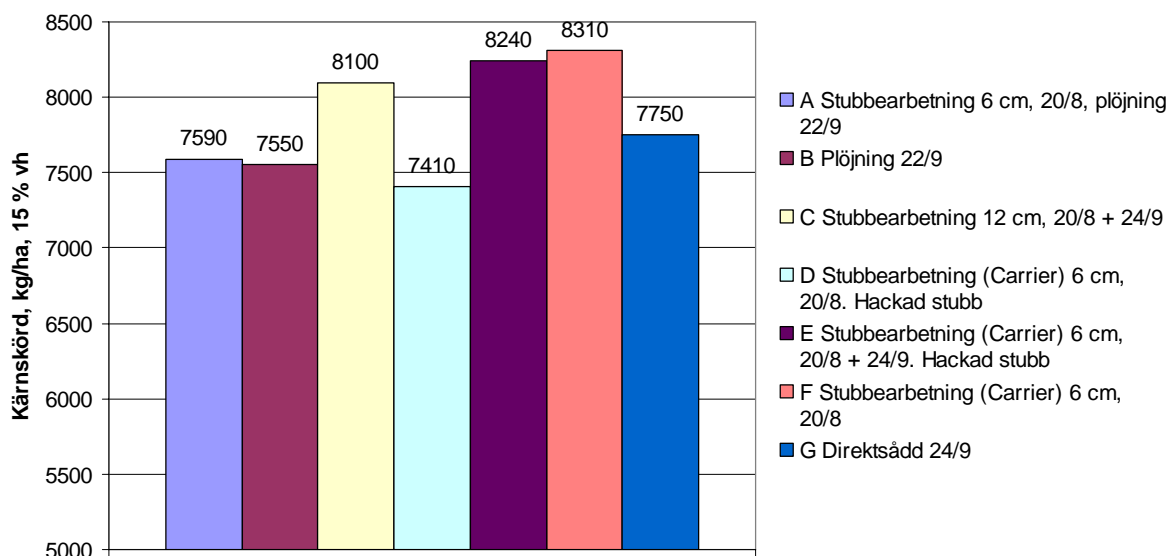
Resultat och diskussion

Kärnskörd

Största skördarna av höstvetete uppkom i leden med grund bearbetning direkt efter skörd: led C, E och F. Inga signifikanta skillnader i höstveteskörd fastställdes mellan leden men en tendens fanns till större skörd i led F än i D ($p = 0,1$). Skördarna i C, E och F var 510, 650 respektive 720 kg/ha större än i led A med konventionell bearbetning (bearbetning tidigt och plöjning strax innan sådd) där skörden blev 7590 kg/ha. Undantaget bland de led som bearbetats grunt var led D (hackad stubb och halm och en bearbetning med Carrier) där den minsta skörden uppmättes (180 kg/ha mindre än led A). Led D avkastade 820 kg/ha mindre än led E där stubb och halm också hade hackats med betesputsare men två grunda bearbetningar (Carrier) hade gjorts istället för en innan sådd av höstvetete. Skörden i led D var också 900 kg/ha mindre än i led F som bearbetats på samma sätt (en gång med Carrier) men utan att stubben hackats med betesputsare.

Skördarna i de plöjda leden, A och B, samt där direktsådd gjordes, led G, var (liksom led D) lägre än de övriga (C, E och F) och varierade mellan 7500 och 7750 kg/ha, se figur 2. Inga signifikanta skillnader fanns mellan proteinhalterna men en tendens till signifikant skillnad mellan led B och G som hade 11,0 % respektive 10,3 %. ($p = 0,05$).

Liknande skördeökningar efter grund tidig bearbetning (Carrier och kultivator) jämfört med plöjda och direktsådda led har också erhållits i medeltal för en treårig studie redovisad av Myrbeck (2006). I denna undersökning var skörden större efter plöjning än direktsådd på platser med lerjordar (Uppland och Skåne) men något mindre på lätta jordar (Västergötland).



Figur 2. Kärnskörd av höstvetete med förfrukten höstraps, led A-G.

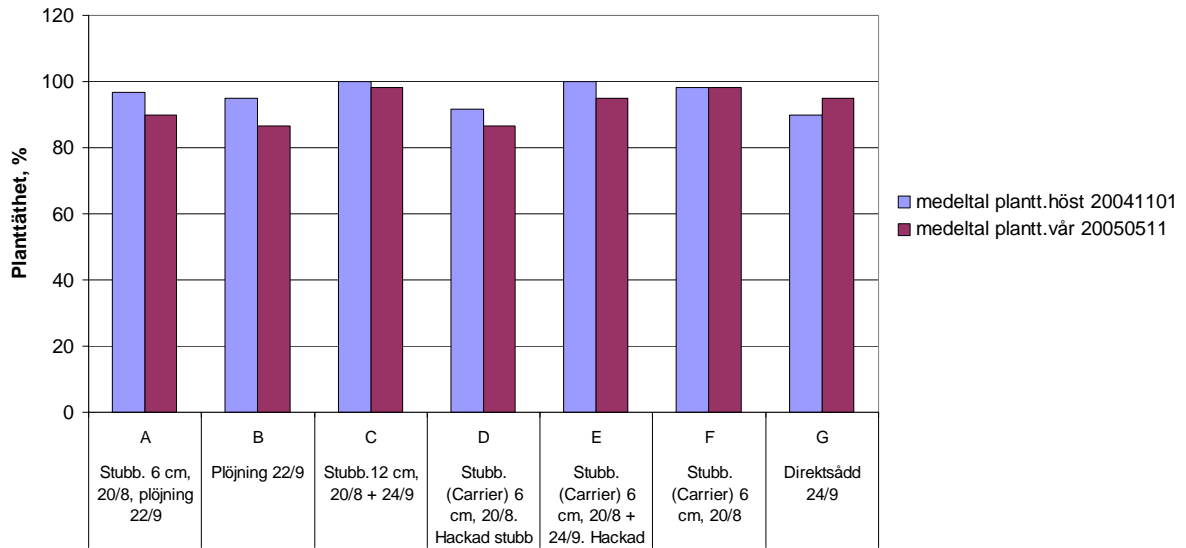
Den relativt intensiva men grunda bearbetning av jorden som gjordes med Carriern lämnade en mycket jämn såbädd där växtresterna var väl inblandade i de översta 6 cm av matjorden och mycket lite växtrester fanns på ytan. Något mer växtrester blev kvar på ytan i led C, där halmen och stubben inte hackats, än i led D och E där dessa hackats med betesputsare. I led C gjordes en något djupare jordbearbetning, 12 cm, med en kultivator vilket gav en mycket ojämnare bearbetning med ganska mycket halm kvar på ytan och mest växtrester inblandade i ytskiktet av matjorden. Eftersom planttätheten liksom skördenivån var högst i dessa led C, E och F (med undantag för led D) tyder resultaten på att dessa behandlingar varit de mest gynnsamma för groningen och etablering av höstvetet (figur 3) liksom för skördenivån (figur 2). I alla led med grund bearbetning (6-12 cm) och plöjningsfritt var nedbrukningen av växtresterna ganska ytlig och berörde knappast marken under 6 cm, figur 5-10.

Plöjning (och även direktsådd) verkar ha missgynnat höstvetets etablering och skördenivå i jämförelse med den tidiga och grunda bearbetningen i led C, E och F. Figur 4 visar att planttätheten på våren kunde förklara skördenivån med 44 % vilket visar att det även fanns fler orsaker till den lägre skördenivån. I led A och B kan den 8-11 % lägre planttätheten på våren ha orsakats av att plöjningen av denna sandjord, alldeles innan sådd, gav för lucker matjord (trots vältning och fuktig jord) och därmed orsakat dålig kontakt mellan frö och jord och därmed försvårat groningen och etablering.

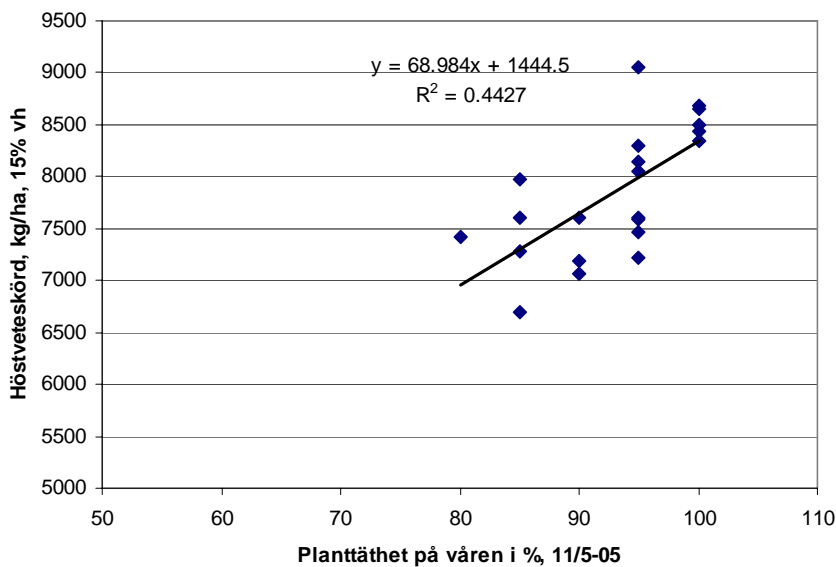
I led D kan den relativt stora mängden finhackad halm och stubb som blandades in grunt (6 cm) ha försämrat frö-jordkontakten och orsakat sämre groningen och etablering än i E, där en extra bearbetning gav bättre inblandning av växtresterna och motverkade detta. Detta gäller även i jämförelse med led F, där stubben inte hackats. Här räckte det med en grund bearbetning för god plantetablering.

Den lägre skörden i led G, direktsådd, kan ha orsakats av växtrester i ytan (trots att stubben lämnades 40-50 cm hög för minska mängden växtrester på marken) som försvårade både myllningen av utsädet och kontakten mellan kärna och jord, vilket därmed medförde sämre etablering av höstvetet. Något luckigt bestånd vid besiktning höst och vår tyder på det. I det direktsådda ledet var planttätheten på hösten lägre än i de andra leden. Den ökade visserligen-

fram till våren men kom inte upp till samma nivå som i led C, E och F med högst planttäthet. En mindre mängd växttillgängligt kväve under växtsäsongen, eftersom ingen jordbearbetning stimulerat kväve mineraliseringen vid direktsådd (Lindén & Engström, 2006), kan också ha missgynnat skörden i detta led jämfört med de bearbetade leden med god planttäthet.



Figur 3. Planttäthet i försöket på hösten 1/11 2004 och våren 11/5 2005



Figur 4. Samband mellan planttäthet på våren och kärnskörd av höstvet, baserat på sju led och tre block, n=21.



Figur 5-10. Bilderna visar halmens inblandning i profilen och mängden halm på ytan i de olika leden 3/10-04, strax efter sådd. Överst vä. till hö.: Led A: stubbearbetning 6 cm en gång (kultivator + plöjning), led C: stubbearbetning 12 cm två gånger, led D: betesputsning av halm och stubb + stubbearbetning 6 cm en gång (Carrier), led E: betesputsning av halm och stubb + stubbearbetning 6 cm två gånger (Carrier), led F: stubbearbetning 6 cm en gång (Carrier), och led G: direktsådd 24/9.

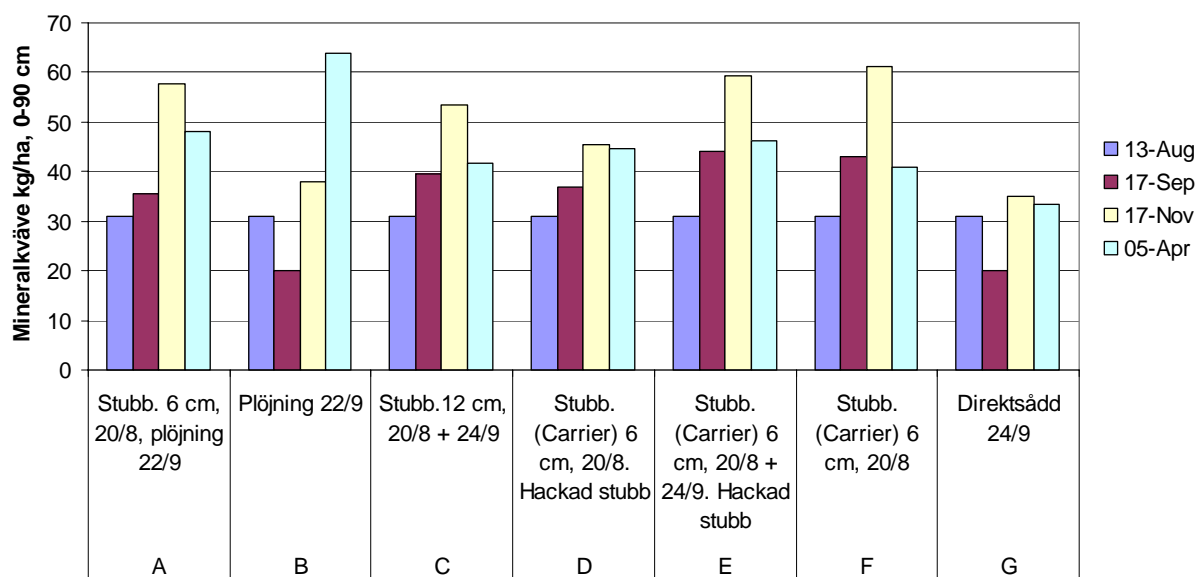
Mineralkväve i marken under hösten

Den största ökningen av mineralkväve i marken (0-90 cm) efter skörden av höstrapsen och fram till provtagningen den 17 november ägde rum där jordbearbetning gjorts tidigt och grunt (6-12 cm djupt), led A, C, E och F, men med undantag av led D (figur 9). Mineralkvävet i marken ökade med 23-30 kg N/ha upp till 54-61 kg N/ha i november i dessa led (i led D en ökning med 14 kg N/ha upp till 45 kg/ha).

Minsta nettoökningen och minsta mängden mineralkväve i marken i november konstaterades i leden där ingen tidig bearbetning gjorts: led B (enbart plöjning strax innan sådd) och G (direktsådd). Ökningen fram till 17 november i led B och G var 7 respektive 4 kg N/ha och mängden mineralkväve i marken blev då 38 respektive 35 kg/ha. Myrbeck (2006) erhöll liknande resultat i de nämnda försöken på lätta jordar, där mineralkväveförrådet i marken i november uppgick till ca. 40 kg/ha i både plöjda och direktsådda led. På lerjordarna däremot återfanns största mängden mineralkväve i november (48-83 kg/ha) i de plöjda leden vilket var ca. 10 kg/ha mer än i de direktsådda. Anledning till den större mineraliseringen på lerjordarna kan ha varit att de plöjdes (och såddes) tidigare än vad som gjordes på de lättare jordarna. I vissa fall hade även en grund bearbetning gjorts strax efter skörd och innan plöjningen.

Att den tidiga och grunda bearbetningen utfördes en månad innan plöjning (led B) och direktsådd (led G) gjordes är troligen orsaken till den större mineraliseringen av kväve i marken i de stubbearbetade leden. Förutom en längre tidsperiod inverkade också den högre medeltemperaturen under perioden efter den första bearbetningen (12°C i september) som stimulerade mineraliseringen mer än under senare delen av hösten (7°C i oktober) efter plöjning och direktsådd.

Någon tydlig nettoimmobilisering av kväve förekom inte i led D och E, där både stubb och halm hackats och inarbetats ytligt i jorden. Att det fanns 15 kg N/ha mindre i marken i november i led D, där bara en bearbetning gjorts efter att stubben hackats, kan tyda på mindre nettomineralisering än i led E där stubb och halm blandades ännu mer intensivt med jorden eftersom marken bearbetades vid två tillfällen. Den intensivare inblandningen i jord i led E kan ha åstadkommit en snabbare omsättning och därför större nettomineralisering efter 24/9 än i led D, där omsättningen bör ha långsammare till följd av något sämre stubb- och halminblandningen.



Figur 9. Mineralkväve i marken från strax efter skörd av höstraps till tidig vår i efterföljande höstvetete i led A-G.

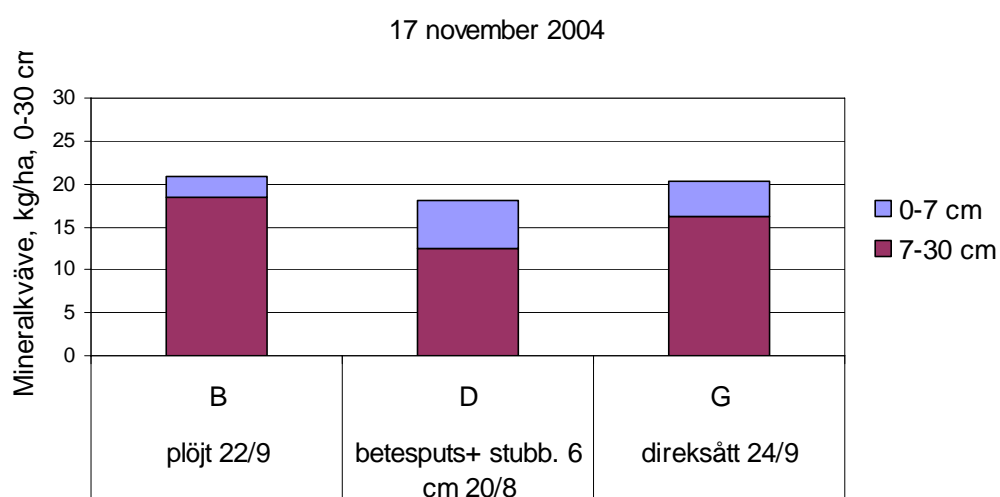
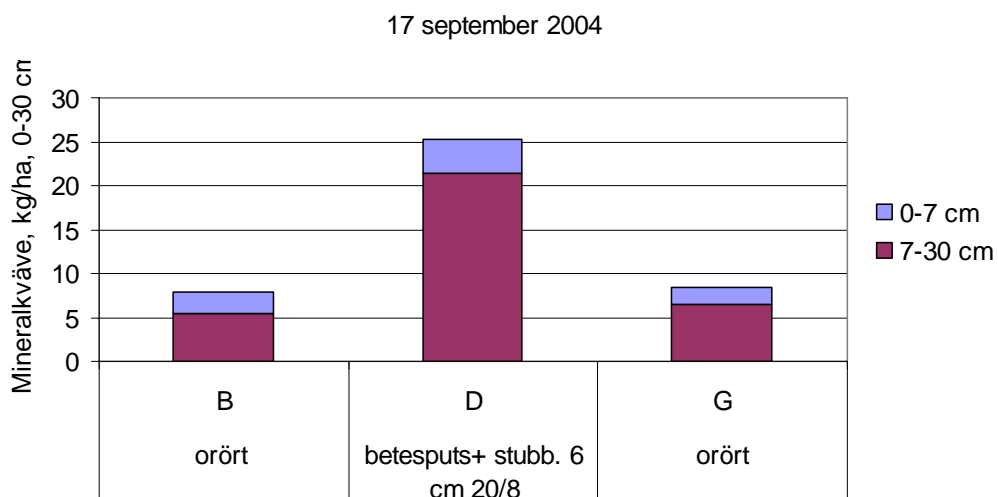
Mineralkväve i marken tidig vår

I alla led utom B, där jordbearbetning (plöjning) utfördes sent (strax innan sådd), minskade mineralkväve i marken från provtagningen på senhösten fram till våren den 5 april. I led B tycks istället den sena bearbetningen (plöjningen) ha fördröjt kväve mineraliseringen så att den skett mellan senhöst och vår, då mineralkväveförrådet ökade med 25 kg N/ha. I det direkt-sådda ledet G, där ingen bearbetning gjordes och därmed ingen stimulering av kväve mineraliseringen skedde, ökade mineralkvävet under hösten mycket lite, precis som i led B, men sen minskade den något fram till våren. Eftersom mineraliseringen på hösten i led B och G uppvisade liknande förlopp, så visar detta att plöjningen i led B inte hade någon påtaglig effekt på mineraliseringen på hösten. Effekten kom istället under tiden från senhösten till efterkommande vår. Den milda vintern kan ha bidragit till att stimulera mineraliseringen.

Specialstudier av mineralkväve i matjorden

Alla de led som bearbetats grunt den 20/8 hade en månad senare generellt ca. 10 kg N/ha mer mineralkväve i matjorden än de som inte bearbetats vid denna tidpunkt, led B och G. Den specialstudie som gjordes i matjorden i led B, D och G visade, att från de cirka 20 kg mineralkväve per ha som fanns i matjorden (0-30 cm) efter rapsskörden uppkom en ökning av nitratmängden i matjorden efter den tidiga jordbearbetningen fram till den 17/9 (figur 10). Detta kväve återfanns i skiktet 7-30 cm och inte inom djupet 0-7 cm, där dess halm bearbetats in. Någon sådan ökning konstaterades inte i led B och G, som inte hade bearbetats.

Den grunda bearbetningen i led D, med väl inblandade växtrester påverkade alltså även mängden kväve i det obearbetade skiktet under. Den 17/11 var skillnaderna i matjorden utjämnade och det fanns ca. 20 kg N/ha i alla led. Den större mängden kväve från september hade rört sig ner i profilen till 30-90 cm.



Figur 10. Mineralkväve i matjorden, 0-7 cm och 7-30 cm, i led B, D och G vid två tillfällen under hösten 2004, 17 september och 17 november.

Slutsatser

- Led C, E och F, med den grunda tidiga bearbetningen, gav 510-760 kg/ha större kärnskörd än de plöjda leden (A och B) och ledet som direksåtts (G). Inga signifikanta skillnader fanns mellan leden i skörd eller proteinhalt.
- Resultaten visade också att grund tidig jordbearbetning strax efter skörd av höstraps stimulerade kväve mineraliseringen mer än vad plöjning en månad senare eller direksådd av höstvet. När tidig bearbetning utfördes i kombination med plöjning strax innan sådd (led A) orsakade detta lika stora mängder mineralkväve i marken i november (58 kg N/ha) som i de led som bara bearbetats tidigt och grunt (led C, E och F). Tidpunkten för bearbetningen hade större betydelse än metoden.

- Bästa sättet att inte stimulera kväveminaliseringen på hösten efter höstrapsen var att direktså höstvetet eller att inte bearbeta tidigt och bara plöja omedelbart innan sådd. Mängden mineralkväve i marken i november var 35 och 38 kg N/ha efter direktsådd respektive plöjning strax innan sådd. Det var emellertid också de leden som gav lägst skörd, troligen beroende på en försämrad etablering av grödan på grund av dålig kontakt mellan frö och jord i de plöjda leden och för mycket växtrester på ytan efter direktsådd.
- Betesputsning av stubb och inblandning av finfördelad halm gav ingen påvisbar nettoeffekt på kväveimmobiliseringen utan ökade snarare kvävefrigörelsen. Bearbetningen har mycket stor betydelse för kväveminaliseringen. Betesputsning av höstrapsstubben och sedan två grunda jordbearbetningar (tidigt och sent, led E) innan sådd av höstvetet stimulerade kväveminaliseringen under hösten mer än om bara en grund bearbetning gjordes tidigt efter putsningen av stubben (led D). Grund tidig bearbetning utan betesputsning av stubben (led F) orsakade lika stor kväveminalisering som i led E.
- Resultaten indikerar att grund jordbearbetning i samband med sådd av höstvetet borde kunna ge bättre inblandning av växtrester, bättre etablering av höstvetet och därmed högre skördenivå än direktsådd (utan bearbetning).
- De grunda jordbearbetningarna utfördes tidigt (20/8), då högre temperatur uppenbarligen gynnade omsättningen i marken och därmed kväveminaliseringen mer än senare bearbetning (plöjning). Grund jordbearbetning först i samband med höstvetesådden borde inte stimulera kväveminaliseringen mer än direktsådd, men detta får fortsatta studier utvisa

Litteratur

- Bremner, J. M. & Keeney, D.R. 1966. Determination and isotope-ratio analysis of different forms of nitrogen in soils: 3. Exchangeable ammonium, nitrate, and nitrite by extraction-distillation methods. *Soil Science Society of America Proceedings* 30, 577-582.
- Engström, L., Lindén, B. & Roland, J. 2000. Höstraps i Mellansverige – Inverkan av såtid och ogräsbekämpning på övervintring, skörd och kvävehushållning. Institutionen för jordbruksvetenskap Skara, Sveriges lantbruksuniversitet. Serie B Mark och växter, rapport 7, 29 s.
- Lindén, B. & Engström, L. 2005. Höstraps, havre och ärter som förfrukter till höstvete: inverkan på kvävedynamiken i marken och på vetets avkastning. Institutionen för markvetenskap, Avd. för precisionsodling, Sveriges lantbruksuniversitet. Rapport 4.
- Hallgren, S. 2003. Mineralkväve i marken efter höstraps och efter havre – en fältstudie samt ett inkubationsförsök avseende inverkan av höstraps- och havrehalm på kväveförhållandena i jorden. Examensarbete. Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för jordbruksvetenskap Skara. Examens- och seminariearbeten, nr 9.
- Hessel, K., Aronsson, H., Lindén, B., Stenberg, M., Rydberg, T. & Gustafson, A. 1998. Höstgrödor - fånggrödor – utlakning. Kvävedynamik och kväveutlakning på en moränlättera i Skåne. Avdelningen för vattenvårdslära, Sveriges lantbruksuniversitet, *Ekohydrologi* 46, 28 s.
- Jensen, E. S. & Ambus, P. 2000. Prospects for manipulating crop residues to control nitrogen mineralisation-immobilisation in soil. *Kungl. Skogs- och Lantbruksakademiens Tidskrift*, nr 8, årg.139, 25-39.
- Myrbeck, Å. 2004. Jordbearbetningsavdelningens årsrapport 2003. Rapporter från jordbearbetningsavdelningen, nr 107, 75-77.
- Myrbeck, Å. 2006. Jordbearbetningsavdelningens årsrapport 2005. Rapporter från jordbearbetningsavdelningen, nr 109, 73-75.
- Stenberg, M., Aronsson, H., Lindén, B., Rydberg, T. & Gustafson, A. 1999. Soil mineral nitrogen and nitrate leaching losses in soil tillage systems combined with a catch crop. *Soil & Tillage Research* 50, 115-125
- Stenberg, M., Myrbeck, Å., Lindén, B., Aronsson, H., Engström, L. & Hessel, K. 2000. Soil nitrogen mineralization influenced by primary tillage. ISTRO, 15 International conference, 2-7 july, Fort Worth, Texas, USA.

Bilagor

Bilaga 1. Mineralkväve i marken , 0-90 cm vid tre tillfällen efter skörd av höstraps 11/8-2004

13/08/200

4

Led	Profil	AmmoniumNitrat	totalt	%	
A-G	0-30	3.9	15.7	19.5	64
	30-60	1.4	5.9	7.3	24
	60-90	1.6	2.3	3.8	12
	Summa	7	24	31	

17/09/200

4

Led	Profil	AmmoniumNitrat	totalt	%	
A	0-30	5.4	10.2	16	44
	30-60	1.5	13.8	15	43
	60-90	1.5	3.2	5	13
	Summa	8	27	36	
B+G (orört)	0-30	4.4	4.6	9	45
	30-60	1.5	6.3	8	39
	60-90	1	2.2	3	16
	Summa	7	13	20	
C	0-30	5.1	16.3	21	54
	30-60	1.2	12.5	14	35
	60-90	1.3	3.1	4	11
	Summa	8	32	40	
D	0-30	4.9	17	22	59
	30-60	1.1	10.3	11	31
	60-90	1.1	2.5	4	10
	Summa	7	30	37	
E	0-30	5.0	20.8	26	58
	30-60	1.0	12.8	14	31
	60-90	1.0	3.6	5	10
	Summa	7	37	44	
F	0-30	5.8	17.2	23	54
	30-60	1.1	13.1	14	33
	60-90	1.4	4.3	6	13
	Summa	8	35	43	
Medeltal alla led					
	0-30	5.1	14.4	19	52
	30-60	1.2	11.5	13	35
	60-90	1.2	3.2	4	12
	Summa	8	29	37	
Medeltal tidig bearbetning, led A, C, D, E, F					
	0-30	5.2	16.3	22	54
	30-60	1.2	12.5	14	35
	60-90	1.3	3.3	5	12
	Summa	8	32	40	

17/11/200

4

Led	Profil	AmmoniumNitrat		totalt	%
A	0-30	9.5	12	22	37
	30-60	1.3	24.3	26	44
	60-90	0.8	9.8	11	18
	Summa	12	46	58	
B	0-30	5.9	9.7	16	41
	30-60	1.2	14	15	40
	60-90	0.8	6.3	7	19
	Summa	8	30	38	
C	0-30	6.3	13.9	20	38
	30-60	1.3	21.2	23	42
	60-90	0.8	10	11	20
	Summa	8	45	54	
D	0-30	10.9	13.1	24	53
	30-60	1	13.6	15	32
	60-90	0.9	5.8	7	15
	Summa	13	33	45	
E	0-30	6.2	16.6	23	39
	30-60	1.3	22.6	24	40
	60-90	0.6	11.9	13	21
	Summa	8	51	59	
F	0-30	20.9	13.1	34	55
	30-60	1.1	16.2	17	28
	60-90	1.3	8.7	10	16
	Summa	23	38	61	
G	0-30	5.7	10.3	16	46
	30-60	1.5	9.5	11	31
	60-90	1.3	6.7	8	23
	Summa	9	27	35	
<hr/> Medeltal alla led					
	0-30	9.3	12.7	22	44
	30-60	1.2	17.3	19	37
	60-90	0.9	8.5	9	19
	Summa	12	38	50	
<hr/> Medeltal tidig bearbetning, led A, C, D, E, F					
	0-30	10.8	13.7	25	44
	30-60	1.2	19.6	21	37
	60-90	0.9	9.2	10	18
	Summa	13	43	55	
<hr/> Medeltal för sen bearbetning, led B och G					
	0-30	5.8	10	16	43
	30-60	1.35	11.8	13	36
	60-90	1.05	6.5	8	21
	Summa	8	28	36	

05/04/200

5

Led	Profil	AmmoniumNitrat		totalt	%
A	0-30	6.4	10.8	17.2	36
	30-60	1.3	13.1	14.4	30
	60-90	0.8	15.7	16.5	34
	Summa	9	40	48	
B	0-30	5.2	12.3	17.5	27
	30-60	9	23.4	32.4	51
	60-90	0.7	13.3	14	22
	Summa	15	49	64	
C	0-30	4.4	9.4	13.8	33
	30-60	0.8	12.5	13.3	32
	60-90	1	13.5	14.5	35
	Summa	6	35	42	
D	0-30	4.6	10.7	15.3	34
	30-60	2.2	14.2	16.4	37
	60-90	0.9	12	12.9	29
	Summa	8	37	45	
E	0-30	4.6	10.3	14.9	32
	30-60	1.9	13.8	15.7	34
	60-90	0.6	15	15.6	34
	Summa	7	39	46	
F	0-30	5.2	9.9	15.1	37
	30-60	1.1	12.6	13.7	34
	60-90	0.8	11.2	12	29
	Summa	7	34	41	
G	0-30	4.3	9.1	13.4	40
	30-60	1.3	10.2	11.5	35
	60-90	1.1	7.3	8.4	25
	Summa	7	27	33	
<hr/> Medeltal alla led					
	0-30	5.0	10.4	15	34
	30-60	2.5	14.3	17	36
	60-90	0.8	12.6	13	30
	Summa	8	37	46	
<hr/> Medeltal tidig bearbetning, led A, C, D, E, F					
	0-30	5.0	10.2	15	34
	30-60	1.5	13.2	15	33
	60-90	0.8	13.5	14	32
	Summa	7	37	44	
<hr/> Medeltal för sen bearbetning, led B och G					
	0-30	4.75	10.7	15	34
	30-60	5.15	16.8	22	43
	60-90	0.9	10.3	11	24
	Summa	11	38	49	

Förteckning över rapporter utgivna på Avdelningen för precisionsodling i serien
Tekniska rapporter:

1. Stenberg, M., Bjurling, E., Gruvaeus, I., Gustafsson, K. 2005. Gödslingsrekommendationer och optimala kvävegivor för lönsamhet och kväveeffektivitet i praktisk spannmålsodling. En förstudie av hur mycket gödselgivorna i praktiken skiljer sig från beräknat optimala givor enligt dagens officiella rekommendationer genom uppföljning av fältförsök och av gårdsdata från Lantmännens databas över Svenska Sigill-gårdar. SLU, Skara, Avd. för precisionsodling. Teknisk rapport 1.
2. Wetterlind, J. Stenberg, M. 2005. Inventering av lösligt organiskt kväve. En studie på 14 gårdar i Västergötland hösten 2004. SLU, Skara, Avd. för precisionsodling Teknisk rapport 2.
3. Engström, L., Roland, J., Tunared, R. 2006. Ekologiska demonstrationsodlingar på Lanna försöksstation 1996-2006. SLU, Skara, Avd. för precisionsodling. Teknisk rapport 3.
4. Engström, L., Stenberg, M., Lindén, B. 2006. Grund eller djupare jordbearbetning i samband med sådd av höstvetete efter höstraps – möjligheter att minska nettomineraliseringen av kväve i marken på hösten. SLU, Skara, Avd. för precisionsodling. Teknisk rapport 4.