

## Höstraps och ärter i växtföljden

- metoder att minimera den större  
N-utlakningsrisken



Lena Engström, Börje Lindén, Helena Aronsson  
och Maria Stenberg

**Precisionsodling**  
**2008:5**  
**Skara**

ISBN xx-xxx-xxxx-x (tryck)  
ISBN xx-xxx-xxxx-x (pdf)



## **Förord**

I projektet ingick två treåriga fältförsök, 2004-2006 och 2005-2007, som utfördes av försökspatrullen på Skaraborgsläns Hushållningssällskap. Inom detta projekt gjordes även ett examensarbete av Ola Sixtensson (2006) som det refereras till i rapporten. Projektet finansierades genom anslag av Stiftelsen Lantbruksforskning, Stiftelsen Svensk Oljeväxtforskning och Stiftelsen Svensk Växtnäringsforskning.

Skara i november 2008

Författarna

**Innehållsförteckning**

Förord	1
Innehållsförteckning	2
Sammanfattning	3
Inledning	4
Material och metoder	5
Försöksplats och försöksplan	5
Utlakningsstudier	7
Mineralkväve i marken	7
Grödornas kväveupptag och skörd	7
Bladavfall under växtsäsongen	8
Statistisk analys och beräkningar	8
Resultat och diskussion	8
Temperatur och nederbörd	8
Mineral-N i marken från sådd av höstraps till tidig vår	9
Kväveinnehåll i ogräs och gröda på senhösten efter sådd av höstraps	10
Mineral-N i marken under växtsäsongen	11
Skörd av havre, ärter och höstraps	12
N-utlakning efter sådd av höstraps	13
Kväveupptag i fånggrödor och höstvetete på senhösten efter skörd av höstraps och ärter	17
Mineral-N i marken från skörd av förfrukterna till skörd av efterföljande vetete	17
Skörd av höst- och vårvete	19
N-utlakning efter skörd av höstraps, ärter och havre	20
Slutsatser	26
Referenser	26

## Sammanfattning

I såväl konventionell som ekologisk odling är det angeläget att ta tillvara höstrapsens och ärternas fördelar, men samtidigt är det angeläget att odlingen av dessa grödor inte ökar kväveförlusterna. Frågan är i vilken utsträckning tilltagande kväve mineralisering efter höstraps och ärter och ofullständigt utnyttjande av gödselkväve för höstrapsens del är orsaker till den större kväveutlakningsrisken. För att närmare undersöka orsakerna till ökade risker för ökad kväveutlakning vid odling av höstraps och ärter i jämförelse med stråsäd och utveckla metoder som minskar förlusterna samtidigt som kväveförlusterna förbättras utfördes två utlakningsförsök med sugceller på en sandjord i Västergötland, 2004-2006 och 2005-2007.

Kväveutlakning mättes dels två höst och vinterperioder efter sådd av höstraps och dels två vinterperioder efter skörd av höstraps, ärter och havre i efterkommande höst- och vårvete. Effekten på kväveutlakning av höstgödsling till rapsen med 30 och 60 kg N/ha, olika kvävegivor på våren (0-200 kg N/ha) till höstrapsen och olika metoder för att minska utlakningen som direktsådd, fånggrödor efter ärter och höstraps studerades i dessa fältförsök.

Höstrapsen (Kronos och Calypso) som såddes den 18 och 25 augusti hade tagit upp 47 och 75 kg N/ha i led gödslade med 30 respektive 60 kg N/ha fram till senhösten i båda försöken. Mineralkväve i marken på senhösten var samma i de två leden, ca. 30 kg N/ha (vilket kan anses som lågt på denna plats med stallgödsel i växtföljden) och tyder på att höstrapsen tagit upp både gödselkväve och tillgängligt markkväve inför vintern oavsett gödselgiva. Kväveutlakningen under vinterperioden blev också lika oavsett om kvävegivan var 30 eller 60 kg N/ha vid sådd.

På grund av höstrapsens effektiva kväveupptag minskade kväveutlakningen under vinterperioden med 40 % (14 kg N/ha) i jämförelse med led där jordbearbetning gjordes vid samma tidpunkt som där höstrapsen såddes och ingen gröda fanns. Detta visar på betydelsen av att ha gröda som kan ta upp tillräckligt med kväve under hösten efter att jorden bearbetats och sedan följs av en vinter som är mild och med avrinning främst i oktober-januari som 2004/2005.

Kväveutlakningen under vinterperioden efter skörden av höstrapsen, ärterna och havren, då höstvete odlades, blev 18 – 32 kg N/ha större än under den föregående vinterperioden med höstrapsgrödan. Liksom andra undersökningar visar detta, att det är under vinterhalvåret efter höstraps och ärter som den största utlakningsrisken föreligger. Orsaken till detta är främst större mängder mineralkväve i marken vid rapsens och ärternas mognad än efter stråsäd men också att höstvete har sämre förmåga än höstraps att ta upp kväve på hösten. Det höstvete som odlades året efter höstrapsen innehöll på senhösten i försök 1 och 2 i medeltal 15 respektive 9 kg N/ha i de ovanjordiska växtdelarna, vilket var helt otillräckligt för att påtagligt minska kväveutlakningen. Anledningen är uppenbarligen att det vid odling av höstraps och ärter uppkommer ökad kväve mineralisering under sensommaren genom frigörelse av kväve från lättnedbrytbara växtrester såsom rötter, blad och blomblad efter höstraps och ärter. Efter ärter beror de större kvävemängderna i marken vid skörd även på att denna kvävefixerande baljväxt inte utnyttjar markens mineralkväveförråd lika effektivt som t.ex. havre och höstraps.

I båda försöken medförde en överoptimal kvävegiva på 200 kg N/ha till höstraps den största utlakningen i efterföljande höstvetete, vilket var 20 och 49 kg N/ha mer än efter havre och 25 och 27 kg N/ha mer än efter höstraps gödslad med 150 kg N/ha på våren. Största orsaken till ökad kväveutlakning var överoptimal gödsling till höstraps oavsett om vintern var frusen (med största avrinning i mars-april 2005/2006) eller mild (med största avrinningen i oktober-januari 2006/2007). Därmed är den viktigaste åtgärden för att minska kväveutlakningsrisken efter höstraps att inte gödsla mer än till grödans behov.

Ökad risk för kväveutlakning efter höstraps som gödslats optimalt, jämfört med efter havre, fanns efter en mild vinter (+22 kg N/ha) med avrinning på hösten, men inte en frusen vinter med avrinningen på våren, eftersom kvävekoncentrationerna i markvätskan var högre än efter havre på hösten. Ökad risk för kväveutlakning efter ärter fanns både en frusen (+7 kg N/ha) och mild vinter (+18 kg N/ha) eftersom kvävekoncentrationerna var högre än efter havre både på hösten den milda vintern och på våren den frusna vintern.

Fånggrödor efter ärter (fram till sen höstplöjning och sen vårvete) och fånggröda efter höstraps (fram till sådd av höstvetete i september) samt direktsådd av höstvetete efter höstraps minskade utlakningen med 24, 20 och 12 % (vilket motsvarade 14, 12 respektive 8 kg N/ha) endast den milda vintern då avrinningen skedde på hösten. Minskningen i kväveutlakning gav ingen ökad kväveefferverkan i efterföljande höst- eller vårvete och skörden påverkades inte av dessa åtgärder. Den frusna vintern med avrinning på våren orsakade fånggrödor och direktsådd ingen minskning av kväveutlakningen. Höstvetetet som direktsåddes det året blev däremot dåligt etablerat och orsakade lika mycket utlakning som efter ärter och höstraps som gödslats med 200 kg N/ha.

## Inledning

Kväveutlakningens storlek och åtgärder för minskning av denna har ingående studerats här i landet vad gäller stråsådd, medan de mindre arealerna av höstraps och ärter uppenbarligen har gjort att dessa grödors inverkan på kväveförlusterna föga beaktats. Vissa studier tyder på att kväveutlakningen är större under den höst och vinter som följer efter sådd av höstraps (Hessel et al., 1998) medan andra tyder på att detta gäller under vinterhalvåret efter rapsskörden (Sieling & Christen, 1999; Knudsen et al., 2000). Förklaringen till ökad utlakning efter sådd av höstraps var i det nämnda fallet ett litet kväveupptag på grund av sen sådd av rapsgrödan i kombination med kvävegödsling i samband med sådd. Härtill kommer anhopning av mineral- N i marken orsakad av den tidiga jordbearbetningen, som görs i samband med sådd och som stimulerar kvävemineriseringen. Andra undersökningar pekar i motsats här till på höstrapsens stora kväveupptagningsförmåga under hösten efter sådden och därigenom minskade kväveförluster. Ökad kväveutlakning efter skörd av höstraps kan förklaras dels av att en större anhopning av mineralkväve i marken vid skörd och under hösten uppkommer på grund av tidig mognad och tidigt avslutat kväveupptag och dels av mineralisering av rötter och lättnedbrytbara växtrester som fallit till marken under växtsäsongen (Dejoux et al., 1999; Engström et al., 2000). När det gäller ärter, tyder olika slag av studier på ökad kväveminerisering redan under hösten och vintern efter deras skörd och därmed större kväveutlakningsrisk (Lindén, 1984; Knudsen et al., 2000, Engström & Lindén, 2008).

Höstraps och andra oljevaxter samt baljväxter är emellertid grödor med gott förfruktsvärde, dels genom deras välkända, patologiskt sanerande effekter i stråsådesdominerade växtföljder och dels genom förbättrad kväveefterverkan i jämförelse med stråsåd. Inom den ekologiska odlingen är inte bara baljväxter såsom ärter utan även höstraps viktiga grödor för kraftfoderförsörjningen med hänsyn till kravet på ökad andel hemmaproducerat foder och förbudet inom EU mot användning av hexanextraherade produkter från olje- och fettindustrin som kraftfoder. I såväl konventionell som ekologisk odling är det därför viktigt att ta tillvara höstrapsens och ärternas fördelar, men samtidigt är det angeläget att odlingen av dessa grödor inte ökar kväveförlusterna. Frågan är i vilken utsträckning tilltagande kväve mineralisering efter höstraps och ärter och ofullständigt utnyttjande av gödselkväve för höstrapsens del är orsaker till den större kväveutlakningsrisken.

Det gäller att utveckla odlingsmetoder, som bl.a. medverkar till att kväve som mineraliserats efter dessa grödor inte anhopas i marken under hösten utan binds eller förblir bundet i organisk substans och att kväve mineraliseringen i större utsträckning styrs mot den efterföljande växtsäsongen, då de nya grödan bäst kan utnyttja det frigjorda kvävet. För att nå dithän måste man emellertid skapa ökad kännedom om de faktorer och processer som leder till kvävefrigörelse vid odling av dessa grödor och hur tillgängligt kväve utnyttjas av dem. När det gäller höstraps i konventionell odling, är det även viktigt att belysa samband mellan kvävegödslingsnivåer och -utlakning vilket inte har studerats här i landet.

För att närmare undersöka orsakerna till ökade risker för ökad kväveutlakning vid odling av höstraps och ärter i jämförelse med stråsåd och utveckla metoder (odling av fånggrödor och direktsådd), som minskar förlusterna och därmed bättre tar tillvara deras kväveefterverkan, utfördes två utlakningsförsök med sugceller på en sandjord i Västergötland, 2004-2006 och 2005-2007.

## Material och metoder

### Försöksplats och försöksplan

Två treåriga utlakningsförsök utfördes på en sandjord på Götala egendom, Skara, Västergötland 2004-2006 (försök 1) och 2005-2007 (försök 2). Matjorden (0-20 cm djup) hade på hösten 2004 ett kalium- och fosfortillstånd motsvarande P-AL-klass IV och K-AL-klass III (tabell 1). Jordarten i skiktet 0-30 cm var mullhaltig lerig moig sand, på 30-60 cm djup lerig sand och för 60-90 cm djup lerig sand.

Tabell 1. Kemisk sammansättning i matjorden

Djup (cm)	pH (H <sub>2</sub> O)	Mullhalt (%)	mg/100g luft torr jord			
			P-AL	K-AL	Mg-AL	K/Mg
0-20	6,4	2,6	11,7	14,1	6,2	2,27

Försöken utgjordes av randomiserade blockförsök med tre block och en rutstorlek om 6x30 m, samt med ledvisa grödor och behandlingar enligt tabell 2. Varje försök grundgödslades med 50 kg P-20 per ha och 60 kg kaliumsulfat per ha vid sådden av höstraps år 1. För att få god etablering utfördes konventionell jordbearbetning och såbäddsbered-

ning innefattande två stubbearbetningar följt av plöjning, två harvningar och sådd av samtliga grödor med Rapidsåmaskin. Höstraps (*Brassica napus L.*) av typen hybridraps såddes 18 och 25 augusti (Kronos 4 kg/ha och Calypso 6,5 kg/ha) i försök 1 respektive 2 i fem av de åtta leden (led D-I) och gödslades med 30 kg N/ha i led D och 60 kg N/ha i led E-I i samband med sådden. Marken i leden med försökets vårsådda grödor, led A, B och C, stubbearbetades två gånger i augusti i försök 1 samtidigt som leden där höstraps skulle sås men ingen sådan stubbearbetning gjordes i led A-C i försök 2. På våren därefter genomfördes plöjning och harvning innan havre (Freddy, led A) och ärter (Brutus 2005 och Faust 2006, led B-C) i april, 13/4-2005 och 24/4 2006 i försök 1 resp. 2. Engelskt rajgräs (*Lolium perenne L.*) och italienskt rajgräs (*Lolium multiflorum Lam.*) såddes (8 och 9 kg/ha) utan nedmyllning som fånggröda i höstrapsen (led D) 4 och 24 april samt i ärter (led C) 6 maj och 24 april i försök 1 resp. försök 2. N-gödsling gjordes på våren vid sådd med 100 kg N/ha till havre och till höstrapsen tillfördes 0, 100, 150 och 200 kg N/ha i led E, F, G respektive H. I led D och I tillfördes 150 kg N/ha.

Tabell 2. Försöksplan för utlakningsförsöket

Led	År 1	År 2	År 3 (delning av rutorna)
A	Höstvete	Havre, 100 kg N/ha	Höstvete, 0 kg N/ha    Höstvete, 100 kg N/ha
B	Höstvete	Foderärter, utan N-gödsling	Höstvete, 0 kg N/ha    Höstvete, 100 kg N/ha
C	Höstvete	Foderärter + fånggröda insädd i ärterna, utan N-gödsling	Vårvete, 0 kg N/ha    Vårvete, 100 kg N/ha
D	Höstvete + sådd av höstraps 30 kg N/ha till rapsen <sup>a</sup>	Höstraps, 150 kg N/ha*, fånggröda insädd i rapsen, konventionell sådd av höstvete	Höstvete, 0 kg N/ha    Höstvete, 100 kg N/ha
E	Höstvete + sådd av höstraps 60 kg N/ha till rapsen <sup>b</sup>	Höstraps, 0 kg N/ha <sup>b</sup> , konventionell sådd av höstvete	Höstvete, 0 kg N/ha    Höstvete, 100 kg N/ha
F	Höstvete + sådd av höstraps 60 kg N/ha till rapsen <sup>b</sup>	Höstraps 100 kg N/ha*, konventionell sådd av höstvete	Höstvete, 0 kg N/ha    Höstvete, 100 kg N/ha
G	Höstvete + sådd av höstraps 60 kg N/ha till rapsen <sup>b</sup>	Höstraps 150 kg N/ha*, konventionell sådd av höstvete	Höstvete, 0 kg N/ha    Höstvete, 100 kg N/ha
H	Höstvete + sådd av höstraps 60 kg N/ha till rapsen <sup>b</sup>	Höstraps 200 kg N/ha*, konventionell sådd av höstvete	Höstvete, 0 kg N/ha    Höstvete, 100 kg N/ha
I	Höstvete + sådd av höstraps 60 kg N/ha till rapsen <sup>b</sup>	Höstraps 150 kg N/ha*, direktsädd av höstvete	Höstvete, 0 kg N/ha    Höstvete, 100 kg N/ha

a) 15 kg S/ha i kieserit, b) svavelsalpeter. \*) Kvävet uppdelades på två N-givor: en tidig giva (60 kg N/ha, svavelsalpeter) och en sen, varierad giva (kalksalpeter) med tidsfördelning enligt gällande rekommendationer.

På hösten år 2 plöjdes marken i mitten av september (15/9-2005 och 20/9-2006) för sådd av höstvete (Harnesk 19/9-05 och Olivin 18/9-06). Även ledet med fånggröda efter höstraps (D) plöjdes och såddes då, men fånggrödan i ett av ärtleden (led C) fick stå kvar till senhösten, då marken plöjdes (1/11-05 och 2/11-06). Avsikten var här att så vårvete (Triso 24/4-06 och Vinjett 30/3-07) för att efterlikna tillvägagångssätt inom ekologisk odling.

År 3, då höstvete (vårvete i led C) odlades, uppdelades området utanför sugcellerna i rutorna (se nedan) i två delar: en småruta utan N-gödsling för att renodlat bestämma

Precisionsodling 2008:5



kväveefterverkan och en småruta med tillförsel av en måttlig kvävegiva (100 kg N/ha), så att tydliga skördeutslag av de olika behandlingarna skulle erhållas. Området med sugceller gödslades med 100 kg N/ha i alla led. Ogräs- och insektsbekämpning gjordes enligt gällande rekommendationer för området. Temperatur och nederbördsdata erhöles från en närliggande klimatstation: Lanna försöksstation, Lidköping.

### Utlakningsstudier

Utlakningen studerades med hjälp av sugcellsteknik (Djurhuus, 1990 och 1992). Dessa sugceller var nedgrävda på 80 cm djup på tre olika platser längs med en diagonal linje inom en 10 m lång delruta i en ytterdel av varje ruta. Provtagning för bestämning av NO<sub>3</sub>-N-halt i markvätskan skedde varannan vecka under perioder med avrinning. Ett undertryck applicerades i sugcellerna, varefter provtagning av markvätskan gjordes efter 24 timmar. Avrinningsperioden bestämdes genom att regelbundet följa grundvattennivån i täckdikesbrunnar i anslutning till försöksplatsen. Utlakningsstudierna påbörjades på hösten år 1 i samband med sådden av höstrapsen och pågick fram t.o.m. skörden av vetet det tredje året. N-utlakning beräknades utifrån uppmätta N-koncentrationer i markvattnet i försöken och avrunna vattenmängder i ett närliggande utlakningsförsök: Fotegården, Lidköping.

### Mineralkväve i marken

Bestämningar av mineralkväveförråden i marken (0-90 cm) gjordes vid sådd av höstrapsen och på senhösten år 1, tidigt på våren, vid 2 tillfällen under växtsäsongen, vid skörd (av höstraps, ärter och havre), på senhösten år 2, tidigt på våren år 3 och vid skörd av efterföljande höstvetete. Kväveprofilprover för bestämning av mängden mineralkväve togs rutvis på djupen 0-30 cm (8 stick per ruta) samt 30-60 och 60-90 cm (6 stick per ruta). Jordproven slogs ihop till ett samlingsprov för respektive djup och ruta och förvarades frysa. De maldes i fruset tillstånd och därefter extraherades 100 g jord med 250 ml 2 M KCl och analyserades med avseende på mineralkväve (nitrat- och ammoniumkväve) med en spektrofotometer, AutoAnalyzer TRAACS 800 enligt Mulvaney (1996).

### Grödornas kväveupptag och skörd

På senhösten i början av november och tidigt på våren (samtidigt med jordprovtagningarna) samt vid fullmognad provtogs det ovanjordiska växtmaterialet av höstrapsen för bestämning av ts-produktion och kväveupptag. Fånggrödorna provtogs vid respektive huvudgrödans mognad och före nedplöjning på hösten för att belysa tillväxt och upptag av kväve som annars kunnat gå förlorat. För bestämning av N-efterverkan i höstvetete och vårvetete provtogs grödan vid skördemognad, DC90 (Zadoks et al., 1974). Grödprovtagningarna gjordes genom klippning vid markytan av två ytor om 0,25 m<sup>2</sup> per ruta, varefter materialet torkades i torkskåp vid 55°C. Totalkväveinnehållet bestämdes genom att malda växtprover genomgick en förbränningsprocess och analyserades med en LECO (LECO<sup>®</sup> CNS-2000, Carbon, Nitrogen and Sulfur Analyzer).

För bestämning av fröskörd av höstraps, ärter och havre tröskades 22 m<sup>2</sup> rutvis och 1000 g togs ut för bestämning av totalkvävehalt och oljehalt. Havre och ärt analyserades med avseende på kvävehalt med Nära Infraröd Transmittans (NIT) (Infratech 1240) och höstrapsfrö analyserades med avseende på oljehalt enligt Troëng och total-N elementaranalys enligt Dumas. Skörden av höst- och vårvetete i båda gödslingsleden (0 kgN/ha och

100 kg N/ha) bestämdes genom att 20-22 m<sup>2</sup> tröskades rutvis och N-innehållet i skörden bestämdes som för havre och ärt.

### *Bladavfall under växtsäsongen*

På en yta av 1,0 m<sup>2</sup> i varje ruta i led G (höstraps, 135 kg N/ha på våren) lades ett finmaskigt plastnät (maskor: 3 x 2 mm) ut i beståndet på markytan på våren. Rapsplantorna trädde sedan genom hål som gjorts i nätet, så att ett naturligt rapsbestånd växte över näten. Alla avfallna blad samlades veckovis in och vägdes från det att bladen började falla till dess att bladavfallet upphört (från begynnande blomning till skörd). Den avfallna bladmassans innehåll av kväve och organiskt kol bestämdes enligt samma metod som för grödprover, se ovan. Resultaten för 2005 finns presenterade i ett examenarbete (Sixtensson, 2006). Inga resultat finns för 2006, då fröskidor och frön hade drösat till marken vid andra provtagningen efter ett angrepp av skidgallmyggan, varför fortsatta provtagningar avbröts.

### *Statistisk analys och beräkningar*

Statistisk bearbetning av resultaten utfördes med hjälp av programmet MINITAB där variansanalys (GLM med Tukeys test) gjordes för att bestämma signifikanta skillnader.

För bestämning av optimal N-giva till höstrapsen antogs att förhållandet mellan fröskörd och kvävegiva bäst efterliknas av kurvan för en tredjegrads ekvation. För att bestämma den ekonomiskt optimala kvävegivan i försöket anpassades avkastningskurvan till skörderesultaten i försöken med hjälp av ett tredjegrads polynom:  $y = a + bx + cx^2 + dx^3$ . I denna ekvation avser  $y$  fröskörd (kg ha<sup>-1</sup>),  $x$  är kvävegiva (kg N ha<sup>-1</sup>) och  $a$ ,  $b$ ,  $c$  och  $d$  är konstanter som räknats fram med hjälp av regressionsanalys (i Excel). Genom att multiplicera ekvationen med rapsfröpriset erhöles en ekvation för skördevärdet. Genom derivering av denna ekvation, erhöles ett uttryck ( $b + 2cx + 3dx^2$ ) som belyste värdeökningen ( $y^1$ ) vid ökad kvävegödsling:  $y^1 = kr$  per kg rapsfrö. Ekonomiskt optimum sammanfaller med den punkt på kurvan för skördevärdet där denna värdeökning ( $y^1$ ) är lika stor som gödslingskostnaden (kr per kg N). Detta innebär att vid ekonomiskt optimum är kostnaden för det sist tillförda kilot kväve lika stor som skördeökningens värde.

För beräkningarna användes priskvot 5 som avser kvoten av ett kvävepris (t.e.x. 10 el. 15 kr per kg) och ett rapsfröpris på 2 el. 3 kr per kilo, d.v.s.  $10/2 = 5$  eller  $15/3 = 5$ . En priskvot på 5 innebär att en ökning av kvävegivan med ett kilo kräver en ökning i skörd på 5 kg frö för att betala kostnaden för insatsen i form av kväve. När man på skördekurvan har nått denna punkt har man också nått ekonomiskt optimum.

## **Resultat och diskussion**

### *Temperatur och nederbörd*

Den första hösten och vintern 2004/2005, efter sådd av höstraps i försök 1, var delvis mildare än normalt (september, december och januari), men därefter blev det något kallare från februari till juni (tabell 3). Nederbörden blev normal under samma period förutom i juni och juli, då den var över det normala med 44 resp. 41 mm. Efter en torrperiod från 15 augusti till 19 oktober blev vintern 2005/2006 mycket kallare än normalt med minusgrader från 20 december till 27 mars och med ett snötäcke som låg fram till slutet

på mars. Nederbörden var under det normala under hösten och fram till och med januari och översteg det normala i april och maj med 19 resp. 21 mm. År 2006/2007 var det under hösten och fram till och med januari mildare än vanligt, varefter temperaturerna blev normala. Nederbörden höll sig över det normala med 28-83 mm i augusti, oktober, december, januari, juni och juli.

Tabell 3. Månadsmedelvärden för lufttemperatur och månadsnederbörd under de agrohydrologiska åren 2004/2005 - 2006/2007 samt normalvärden (1961-1990) för lufttemperatur och nederbörd på Lanna försöksstation, Lidköping

	Aug	Sep	Okt	Nov	Dec	Jan	Feb	Mar	Apr	Maj	Jun	Jul
Lufttemperatur (°C)												
2004/2005	17,0	12,0	6,8	1,1	2,1	1,0	-1,7	-1,4	6,0	9,9	12,8	16,6
2005/2006	15,6	11,6	7,8	4,8	-0,1	-4,3	-3,8	-5,9	4,9	11,1	15,2	18,9
2006/2007	16,8	14,8	9,9	5,3	4,5	1,3	-1,6	4,1	7,5	10,3	15,5	15,2
1961-1990	14,9	11	7,1	2,1	-1,4	-3,1	-3,4	-0,3	4,4	10,6	14,7	15,7
Nederbörd (mm)												
2004/2005	61	55	62	58	18	37	14	18	23	56	96	104
2005/2006	47	14	56	40	18	21	23	29	49	62	35	33
2006/2007	96	23	101	49	67	80	19	48	26	63	95	146
1961-1990	62	65	61	56	39	37	24	29	30	41	51	63

#### Mineral-N i marken från sådd av höstraps till tidig vår

Trots höstvetete som förfrukt fanns det stora mängder mineral-N i marken i alla led vid tiden för sådden av höstraps i båda försöken (tabell 4). Detta kan förklaras av att försöken låg på en djurgård där stallgödsel regelbundet tillförts grödorna i växtföljden (dock ej de tre närmaste åren innan starten av försöket). I leden med höstraps minskade mineral-N under hösten med mer än 50 %, och mängderna på senhösten blev 26 och 13 kg N/ha mindre i försök 1 resp. 2 än med de led där ingen gröda fanns. Dessa hade stubbearbetats under hösten i försök 1 men var orörda i försök 2. Där höstraps växte kan markprofilen anses vara ganska väl tömd på senhösten, då endast ca 30 kg N/ha återfanns i marken vid denna tidpunkt. Från senhöst till tidig vår förblev mängderna kväve oförändrade i de osådda leden men ökade i leden med höstraps till samma nivå som i de osådda. De olika N-gödslingarna till höstrapsen (30 och 60 kg N/ha) påverkade inte mängderna mineral-N på senhösten eller under tidig vår.

Tabell 4. Mineral-N i marken (0-90 cm djup) vid tre tillfällen från sådd av höstraps till tidig vår. Endast rutvis provtagning och statistisk analys 17 november 2005 och 12 april 2006.

Led	Behandling första hösten (år1)	Mineral-N i marken (kg N/ha)		
		vid sådd	senhöst	vår
<i>Försök 1</i>		18-aug-04	08-nov-04	01-apr-05
ABC	stubbearbetning 12/8 (osått)	106	55	54
D	höstraps (30 kg N/ha)	117	28	48
EFGH	höstraps (60 kg N/ha)	91	30	51
<i>Försök 2</i>		23-aug-05	17-nov-05	12-apr-06
ABC	obearbetad stubb (osått)	64	46 <sup>a</sup>	53
D	höstraps (30 kg N/ha)	72	34 <sup>b</sup>	41
EFGH	höstraps (60 kg N/ha)	68	32 <sup>b</sup>	50
	<i>p</i> -värde*		0,006	0,55

\* *p*-värdet är beräknat för respektive försök och tidpunkt.

#### Kväveinnehåll i ogräs och gröda på senhösten efter sådd av höstraps

Den höstraps som vid sådden gödslades med 60 jämfört med 30 kg N/ha tog fram till senhösten i båda försöken upp ca 28 kg N/ha mer kväve, vilket var signifikant mer i försök 1 (tabell 5). Detta påverkade tydligen inte mineralkvävet i marken, som var lika i dessa led (tabell 4). Detta tyder på att allt gödselkväve tagits upp av rapsgrödan. Den ovanjordiska biomassan minskade över vintern med ca 1 ton i båda N-gödslingsleden. Förluster av kväve från bladen över vintern, genom nedvissning av bladmassa på grund av frost, kan beräknas utifrån försök 1 till 25 kg och 23 kg N/ha i leden med 30 resp. 60 kg N/ha som N-giva på hösten. Detta innebär att den höstraps som fått den högre N-givan på hösten även på våren innehöll mer kväve.

Båda försöken visar på bladförlusten över vinter som motsvarar i kvävemängd ökningen i mineral-N från senhöst till tidig vår (tabell 4) och kan troligtvis vara orsaken. Den höga kvävehalten i bladmassan hos rapsen tyder på att kvävet måste ha varit lättmineraliserat vilket de större mineralkväveförråden på våren tyder på. Andra studier har visat att höstrapsen förlorar biomassa över vintern motsvarande 15-28 kg N/ha (Augustinusson, 1987 och Holmes, 1980) vilket stämmer väl med resultaten i denna undersökningen. Dejoux et al. (2000) visade att ca. 40 % av det som förloras under vintern återabsorberas av grödan, 20 % immobiliseras och resten avgår som N<sub>2</sub>O alternativt läcker ut som NO<sub>3</sub> vid mycket nederbörd.

Tabell 5. Mängd biomassa och kväveinnehåll i höstrapsens ovanjordiska växtdelar (led D-I) samt i ogräs och grodd spillsäd (led A-C) på senhöst år 1 och tidig vår år 2. Led A-C stubbearbetades 12/8 2004 och lämnades som stubb fram till vårsådd 2005.

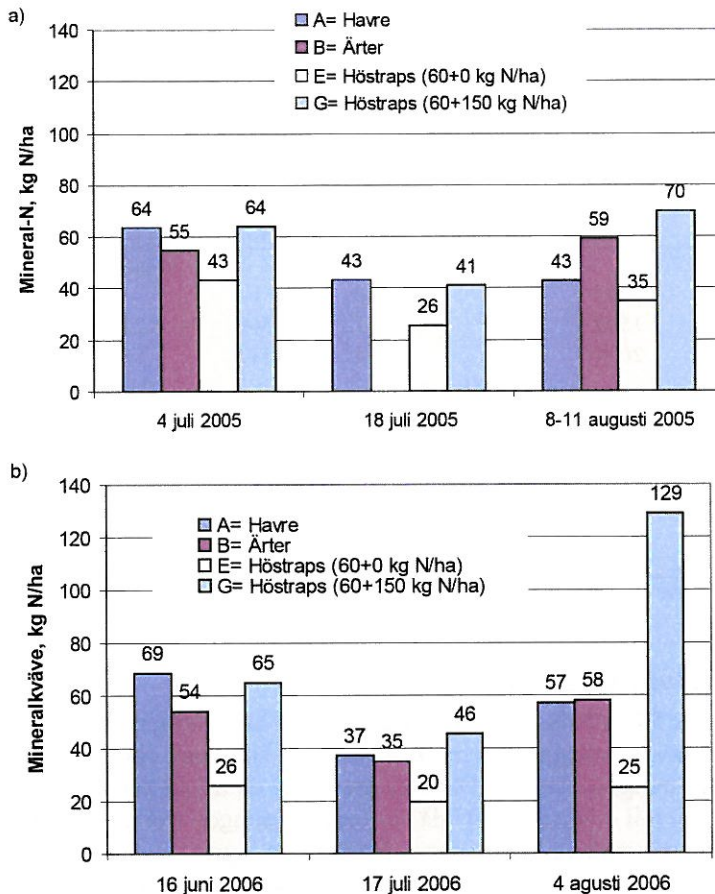
Led	Senhöst			Tidig vår		
	Biomassa kg ts/ha	Kväve i gröda kg N/ha	N-halt % av ts	Biomassa kg ts/ha	Kväve i gröda kg N/ha	N-halt % av ts
<i>Försök 1</i>		05-nov-04			30-mar-05	
ABC = jordbearbetat och osått	192	8 <sup>a</sup>	4,0	-	-	-
D = Höstraps, 30 kg N/ha	1520	47 <sup>b</sup>	3,1	509	22	4,3
EFGHI = Höstraps, 60 kg N/ha	2070	74 <sup>c</sup>	3,6	1117	51	4,6
<i>p</i> -värde		0,000			0,06	
<i>Försök 2</i>		11-nov-05				
ABC = ej bearbetad stubb	370	14 <sup>a</sup>	3,7	-	-	-
D = Höstraps, 30 kg N/ha	1390	47 <sup>b</sup>	3,2	-	-	-
EFGHI = Höstraps, 60 kg N/ha	1720	75 <sup>b</sup>	4,2	-	-	-
<i>p</i> -värde		0,006				

\* *p*-värdet är beräknat för respektive försök.

#### Mineral-N i marken under växtsäsongen

I led A med havre, där drygt 50 kg N/ha fanns före sådden 2005 och 2006, medförde kvävegödsling på våren, att kvävemängderna i marken var stora i juni och i början av juli och därmed ännu ofullständigt utnyttjade. Därefter minskade de till ett lägsta värde, som uppgick till 43 kg N/ha i juli – augusti 2005 då kväveupptagningen troligtvis avslutats. I ärtledet (B) minskade mineralkvävemängderna 2006 till ett lägsta värde i mitten av juli, varefter kväve mineraliseringsstillskottet uppenbarligen ökade kväveförrådet igen. I början av augusti återfanns båda åren närmare 60 kg N/ha. Liknande ökning, med mer mineral-N vid ärternas mognad än vid odling av stråsäd, fastställdes av Lindén (1984). För havren blev de återstående, outnyttjade mineralkvävemängderna större än i andra undersökningar (Aronsson et al., 2006).

I led E och G med höstraps fastställdes de minsta mineralkvävemängderna i mitten på juli under båda åren, med lägst värde (i medeltal drygt 20 kg N/ha) i E (utan N-gödsling på våren). I led G återstod båda åren drygt 40 kg N/ha vid denna tidpunkt. Fram till i början av augusti ökade mineralkväveförråden igen. I det ogödslade ledet återfanns då emellertid mindre mineralkväve (ca 30 kg N/ha) än efter havre och ärter. I led G (150 kg N/ha på våren) hade det skett en betydande anhopning av mineraliserat kväve, till igitomsnitt 100 kg N/ha. Störst mängd mineral-N i led G (129 kg N/ha) fastställdes i försök 2, där angrepp av skidgallmygga skett. Angreppet skulle kunna vara en orsak till de större mängderna kväve i marken vid skörd 2006 än 2005. Den angripna grödan slutade troligen sitt kväveupptag något tidigare och större mängder lättnedbrytbara växtrester föll till marken på grund av angreppet än i grödan 2005.



Figur 1a och b. Mineralkväveförrådets förändringar (kg N/ha, 0-90 cm djup) i marken vid odling av höstraps, ärter och havre under växtsäsongen 2005 (a) och 2006 (b).

#### Skörd av havre, ärter och höstraps

Den fånggröda som såtts in i ärterna påverkade i medeltal inte skörden negativt (jämför led B och C) i de två försöken (tabell 6). Även insådd av fånggröda i höstraps (led D) inverkar inte på skördenivån jämfört med led G och I utan fånggröda. Den låga raps-skörden i försök 2 kan förklaras av att höstrapsen angripits av skidgallmygga vilket orsakade fröförluster på grund av att baljorna sprack upp innan skörd. Angreppet bedömdes vara jämnt över hela försöket och därmed borde skillnaderna i skördesiffrorna mellan leden vara rättvisande. I båda försöken erhöles inga signifikanta skillnader i fröskörd mellan leden med N-givor från 100 till 200 kg N/ha, men i led E (ogödslat) var skörden signifikant lägre än i övriga led. Råfettsskörden i försök 2 visade samma tendenser på samma sätt som fröskörden. I försök 1 var dock råfettsskörden högst i leden med 150 kg N/ha (D, G och I), vilket också blev den framräknade optimala N-givan för höstrapsen detta år. Eftersom skörden i försök 2 påverkades av angreppet av skidgallmygga beräknades inte optimal N-giva som i försök 1 utan bedömdes utifrån skördesiffrorna ligga mellan 100 och 150 kg N/ha .

Den större N-gödslingen vid sådd (i led G och I jämfört med led D) gav inga effekter på fröskörd eller råfettsskörd i något av försöken. Men höstrapsledet med den lägre N-givan

vid sådd hade jämfört med den högre (jämför led D och G) större N-effektivitet i båda försöken (tabell 6) och var därmed det led som gav bäst ekonomi.

Tabell 6. Ledvisa medelvärden av kärn- och fröskörd, råfettskörd, oljehalt, N-effektivitet (N-innehållet i fröskörd i % av N-giva) och N-innehåll i höstvetete eller fånggröda på senhösten.

Led	Gröda	Gödsling kg N/ha	Fröskörd		Råfettskörd kg/ha	Oljehalt % av ts	N-effektiv. %
			kg ts/ha	kg N/ha			
<i>Försök 1</i>							
A	Havre	100	4810	97			97
B	Ärt	0	3680	145			
C	Ärt + fg*	0	4220	162			
	<i>p</i> -värde**		0,13				
D	Höstraps + fg*	30+150	3640 <sup>a</sup>	124	1610 <sup>a</sup>	44	69
E	Höstraps	60+0	2030 <sup>b</sup>	55	1020 <sup>b</sup>	50	92
F	Höstraps	60+100	3110 <sup>a</sup>	96	1460 <sup>ab</sup>	47	60
G	Höstraps	60+150	3640 <sup>a</sup>	129	1610 <sup>a</sup>	44	61
H	Höstraps	60+200	3480 <sup>a</sup>	133	1440 <sup>ab</sup>	41	51
I	Höstraps	60+150	3480 <sup>a</sup>	123	1500 <sup>a</sup>	43	59
	<i>p</i> -värde**		0,000		0,000		
<i>Försök 2</i>							
A	Havre	100	5980	135			135
B	Ärt	0	2930	99			
C	Ärt + fg*	0	2770	90			
	<i>p</i> -värde**		0,58				
D	Höstraps + fg*	30+150	2130 <sup>a</sup>	86	960 <sup>a</sup>	45	48
E	Höstraps	60+0	1210 <sup>b</sup>	44	570 <sup>b</sup>	47	73
F	Höstraps	60+100	1850 <sup>a</sup>	76	830 <sup>a</sup>	45	48
G	Höstraps	60+150	1960 <sup>a</sup>	81	880 <sup>a</sup>	45	39
H	Höstraps	60+200	1980 <sup>a</sup>	86	860 <sup>a</sup>	43	33
I	Höstraps	60+150	2100 <sup>a</sup>	89	930 <sup>a</sup>	44	42
	<i>p</i> -värde**		0,000		0,000		

\*fg = fånggröda. \*\**p*-värdet är beräknat för respektive gröda.

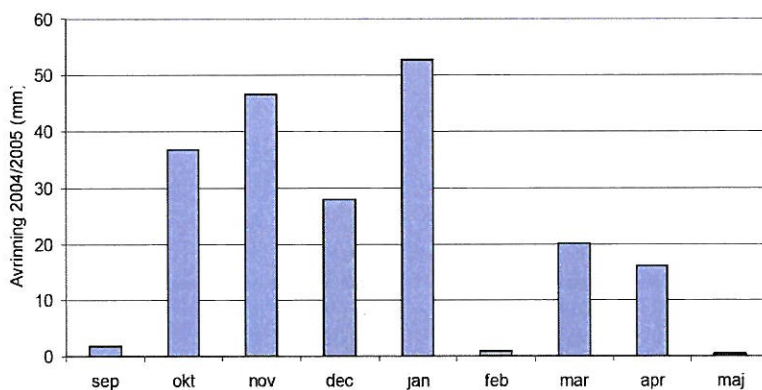
### N-utlakning efter sådd av höstraps

Under året för försök 1 antas den huvudsakliga avrinningen ha skett, som på Fotegården där avrinningen mättes, från och med oktober till och med januari under vinterhalvåret 2004/2005 (figure 2). För hela avrinningsperioden (sep - maj) utlakades totalt 14 kg nitratkväve per ha mer från den mark som enbart stubbearbetats (led A-C), och som inte hade någon växande gröda under höst och vinter, i jämförelse med mark som såtts med höstraps (led D-I, tabell 7). Det betyder att höstrapsgrödan minskade N-utlakningen med 40 %. Den största utlakningen skedde i november, men december och januari bidrog tillsammans med lika mycket. Vid månadsvis jämförelse av leden fastställdes för december, januari och februari signifikanta skillnader i N-utlakningen mellan de stubbearbetade leden (A-C) och leden med höstraps (D-I). För summan av N-utlakningen för hela avrinningsperioden fanns en tendens till skillnad mellan dessa led.

Nitratkvävekoncentrationen i markvätskan på 80 cm djup steg i de led där enbart stubbearbetning gjorts från 5 till 25-30 mg/l vatten under hösten men i övriga led ökade den

Precisionsodling 2008:5

från 5 till 10-15 mg/l vatten (figur 2). Signifikant högre N-koncentrationer fanns i något av leden utan gröda (led A-C) jämfört med ett eller flera led med höstraps (led D-I) vid fem provtagningstillfällena (2/12 – 19/1, figur 3). Höstgödsling av rapsen med 30 eller 60 kg N/ha tycks inte ha påverkat N-koncentrationerna i marken eller N-utlakningen då inga skillnader uppkom mellan leden med höstraps.



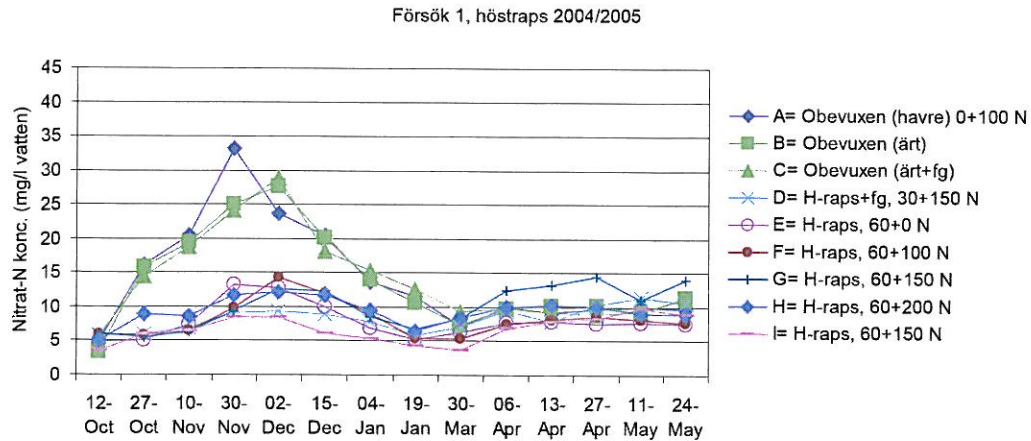
Figur 2. Avrinning september- maj 2004/2005 från sandjord vid Fotegården, totalt 214 mm.

Tabell 7. Nitratkväveutlakning (kg N/ha) månadsvis i försök 1 (september-juni 2004/2005). Sådd av höstraps i led D-I och enbart stubbearbetning i led A-C i augusti 2004. Havre och ärter såddes våren 2005 i led A-C

Led	A	B	C	D	E	F	G	H	I	p-värde*
Månad										
sep	0,1	0,1	0,1	4,4	2,6	5,2	5,5	3,8	3,2	
okt	5,3	5,2	4,9	2,2	1,9	2,2	2,1	3,0	2,1	
nov	13,6	10,8	10,4	3,9	5,3	4,1	3,9	5,0	3,7	
dec	6,3 <sup>ab</sup>	6,6 <sup>ab</sup>	6,7 <sup>a</sup>	2,5 <sup>b</sup>	3,2 <sup>ab</sup>	3,5 <sup>b</sup>	3,2 <sup>b</sup>	3,3 <sup>ab</sup>	2,1 <sup>ab</sup>	0,009
jan	6,8 <sup>ab</sup>	6,7 <sup>ab</sup>	7,5 <sup>a</sup>	3,7 <sup>b</sup>	3,3 <sup>b</sup>	4,0 <sup>b</sup>	4,2 <sup>b</sup>	4,4 <sup>b</sup>	2,6 <sup>b</sup>	0,001
feb	0,1 <sup>ab</sup>	0,1 <sup>ab</sup>	0,1 <sup>a</sup>	0,1 <sup>ab</sup>	0,1 <sup>ab</sup>	0,0 <sup>b</sup>	0,1 <sup>b</sup>	0,1 <sup>ab</sup>	0,0 <sup>ab</sup>	0,041
mar	1,6	1,6	2,0	1,4	1,2	1,1	1,6	1,6	0,8	
apr	1,5	1,5	1,5	1,4	1,2	1,2	2,0	1,6	1,1	
maj	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	
jun	1,0	1,2	1,2	1,1	0,8	0,8	1,5	1,0	1,0	
Summa	35 <sup>ab</sup>	33 <sup>ab</sup>	33 <sup>a</sup>	20 <sup>b</sup>	19 <sup>ab</sup>	21 <sup>b</sup>	23 <sup>b</sup>	23 <sup>ab</sup>	16 <sup>ab</sup>	0,06

\* p-värdet är beräknat månadsvis.

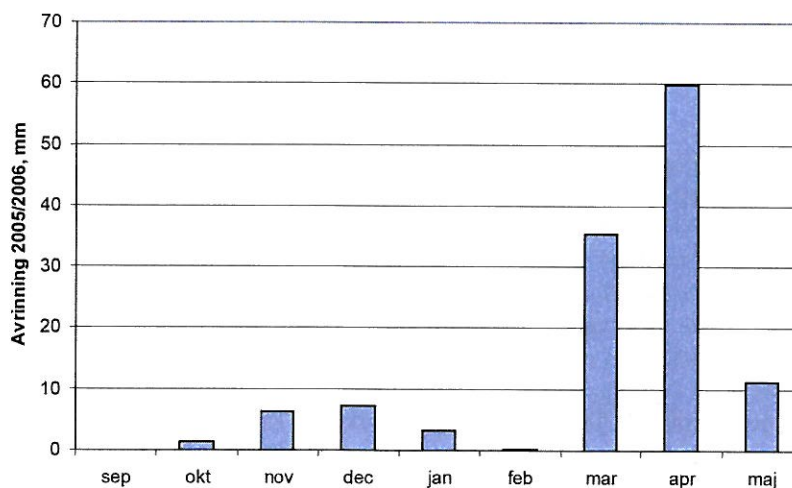




Figur 3. Nitratkvävekoncentrationer i markvätskan på 80 cm djup i försök 1, 2004/2005.

Under året för försök 2 skedde den huvudsakliga avrinningen (uppmätt på Fotegården) och N-utlakningen i mars och april, eftersom nederbörden var lägre än normalt under hösten och marken var frusen från december till slutet av mars (figur 4). N-utlakningen under denna period tycktes inte påverkas av höstraps såtts eller att marken var en obearbetad stubbåker som lämnats hösten 2005, då inga skillnader fanns mellan leden (tabell 8). Inga säkra skillnader fanns ej heller mellan leden i summan av N-utlakningen för hela avrinningsperioden ( $p=0,72$ ) eller månadsvis N-utlakning. Slutsatsen kan dras att 30 eller 60 kg N/ha vid sådd till rapsen inte hade någon inverkan på N-utlakningen detta år, precis som i försök 1.

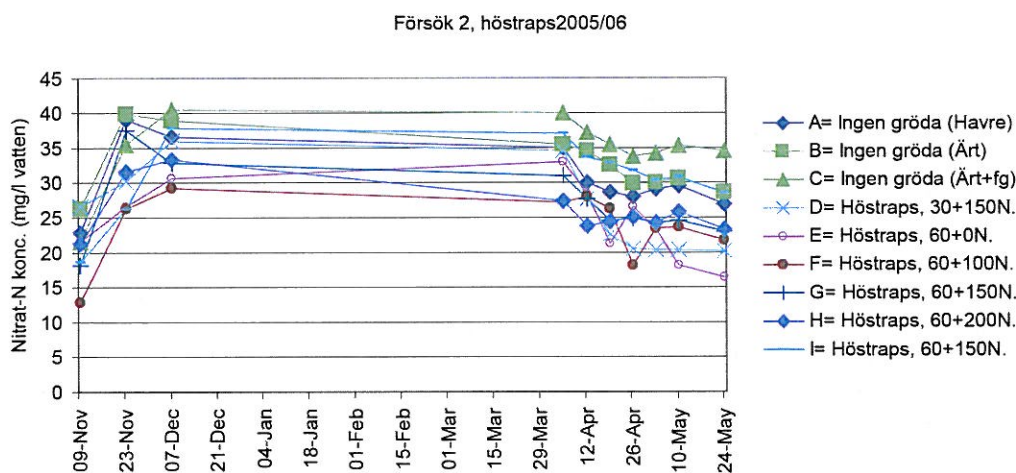
N-koncentrationen i markvätskan på 80 cm djup ökade från 20 till 30-40 mg/l under hösten, men när avrinningen började i mars, sjönk den från 30-40 till 20-25 mg/l vatten vid sista provtagningen 24/5 (figur 5). N-koncentrationerna i led A-C låg högre än de flesta led med raps (led D-I), men inga signifikanta skillnader erhöles under avrinningsperioden.



Figur 4. Avrinning september – maj 2005/2006 från sandjord på Fotegården, totalt 130 mm.

Tabell 8. Nitratkväveutlakning (kg N/ha) månadsvis i försök 2 (september-juni 2005/2006). Sådd av höstraps i led D-I och ingen stubbearbetning eller sådd i led A-C i augusti 2005. Havre och ärter såddes våren 2006 i led A-C.

Led	A	B	C	D	E	F	G	H	I	p-värde
Månad										
sep	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
okt	0,3	0,4	0,3	0,4	0,3	0,2	0,3	0,3	0,3	
nov	1,6	1,8	1,5	1,7	1,4	0,9	1,3	1,4	1,3	
dec	2,6	2,8	2,9	2,6	2,2	2,1	2,4	2,4	2,7	
jan	1,2	1,3	1,3	1,2	1,0	0,9	1,1	1,0	1,2	
feb	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,0	0,1	0,1	0,1	
mar	12,4	12,6	14,1	12,2	11,6	9,6	11,0	9,7	13,1	
apr	19,6	21,0	23,2	18,1	18,0	16,3	17,5	15,6	21,3	
maj	2,8	2,9	3,5	2,0	1,9	2,3	2,4	2,4	2,9	
jun	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Summa	41	43	47	38	37	32	36	33	43	0,72



Figur 5. Nitratkvävekoncentrationer i markvätskan på 80 cm djup i försök 2, 2005/2006.

I försök 2 (2005/2006) var skillnaderna mindre mellan leden med och utan höstrapsgröda med avseende på N-koncentrationer, mineral-N i marken på senhösten och N-utlakning än i försök 1 (2004/2005). Anledningen var att det inte stubbearbetades i försök 2 (orörd stubbåker till vårplöjningen inför vårsådden) och att ogräs och spillsäd växte till där och tog upp 75 % mer N under hösten än i försök 1, där dessa led stubbearbetades tidigt (tabell 5). Trots detta var N-koncentrationerna under hela avrinningsperioden på en högre nivå i försök 2 än i 1. Den generellt högre N-koncentrationen på hösten 2005, trots att rapsen hade tagit upp lika mycket N och mineralkvävemängderna i marken var lika stora som i försök 1 2004, kan troligtvis förklaras av att nederbörden som kom efter en torrperiod från 15 augusti till 19 oktober, orsakade kraftigt ökad N-mineralisering i den återfuktade jorden. När sedan avrinningen började i mars och blev som störst i mars och april låg N-koncentrationerna kvar på en hög nivå, eftersom

markkvävet inte utlakats under hösten utan fanns kvar under den frusna vintern. Högre N-koncentrationer tidigt på våren efter en frusen vinter (2005/2006) jämfört med en mild vinter (2004/2005), vilket var fallet i denna studie, överensstämmer även med andra studier där man funnit mer mineral N i marken tidigt på våren efter en lång vinter med frusen mark på grund av att N-utlakningen under höst och vinter därigenom hämmades (Lindén, 1981)

Studien visade att den totala N-utlakningen för hela avrinningsperioden (32-47 kg N/ha) blev större under den kallare vintern 2005/2006, trots att marken var frusen långvarigt. Huvuddelen av avrinningen skedde då i mars och april. Under den mildare vintern 2004/2005 med en utlakning på 16-35 kg N/ha ägde den största avrinningen rum i perioden oktober-januari då det generellt anses vara större risk för N-utlakning. Generellt högre N-koncentrationer i marken under avrinningsperioden 2005/2006 (130 mm) än för 2004/2005 (241 mm) tycks vara den främsta orsaken till den större N-utlakningen då avrinningen var mindre.

Under den milda hösten och vinterperioden 2004/2005, med avrinningsperiod från oktober till januari (försök 1), var N-koncentrationerna i markvätskan under hösten och den totala N-utlakningen på lägre nivåer i leden med höstraps, som tog upp N, jämfört med leden utan gröda. N-koncentrationen i markvätskan höll sig under det av EU satta gränsvärdet på 10 mg NO<sub>3</sub>-N/l för dricksvatten där det växte höstraps. Ett större N-upptag än 47 kg N/ha av höstrapsen på senhösten (75 kg N/ha) orsakat av den större N-givan till höstrapsen vid sådden (60 istället för 30 kg N/ha) påverkade inte mineral-N i marken på senhösten, N-koncentrationer eller N-utlakning. Detta tyder på att höstrapsen tog upp och utnyttjade lika mycket markkväve oavsett de tillförda kvävegivorna.

Resultaten från leden där enbart jordbearbetning gjorts vid tiden för rapssädden tyder på att tidig jordbearbetning stimulerar N-mineraliseringen i marken och ger därmed upphov till större mineralkvävemängder i marken på senhösten och större N-utlakning. Sås däremot en höstrapsgröda kan denna ta upp det kväve som bildats. En minskning på 14 kg N/ha i N-utlakning tack vare rapsgödan fastställdes i försök 1. Liknande resultat med höstraps redovisas i ett utlakningsförsök vid Lönnstorp i Skåne av Aronsson & Torstensson (2003 b).

#### *Kväveupptag i fånggrödor och höstvetete på senhösten efter skörd av höstraps och ärter*

Fånggrödan efter ärtled C hade tagit upp 30 kg N/ha fram till i början på november i båda försöken vilket kan jämföras med 15 och 9 kg N/ha som höstvetet tagit upp under samma period i försök 1 resp. 2. Fånggrödan i led D efter höstraps innehöll 19 kg N/ha när den plöjdes ner 15 september inför höstvetesådden (endast data för försök 1).

#### *Mineral-N i marken från skörd av förfrukterna till skörd av efterföljande vete*

Vid skörd av förfrukterna höstraps, ärter och havre fanns minst mineral-N efter ej gödslad höstraps (led E), och sedan ökade mineral-N med N-gödslingsnivå till höstrapsen i båda försöken (tabell 9). Efter ärter med fånggröda fanns 17 och 13 kg N/ha mindre mineral-N i försök 1 resp. 2 än utan fånggröda, vilket var på samma nivå (i försök 1) eller under (i försök 2) som efter havre. På senhösten fanns större mängder mineral-N i alla led med höstvetete där höstrapsen gödslats med 200 kg N/ha (led H) än i övriga led i

båda försöken. I led I där direktsådd gjordes av höstvetet fanns i försök 1 mer mineral-N än i övriga leden med jämförbara N-gödslingar till höstrapsen. Troligvis kan dåliga etablering av höstvetet i led I (85 % av planttätheten i övriga led) förklara den större mängden kväve i marken. I försök 2 var etableringen av höstvetet i led I lika god som i övriga led och där var också mineral-N på senhösten samma som i led med motsvarande N-giva till höstrapsen (led D och G).

Tabell 9. Mineral-N i marken vid fyra tillfällen, från skörd av förfrukterna höstraps, ärter och havre till skörd av efterföljande höst- och vårvete (i ogödslade led, 0N, och gödslade med 100 kg N/ha, 100N), d.s. = direktsådd av höstvetet.

Led	Gröda	Plöj- ning efter skörd	Gröda	Mineral-N, (kg N/ha)				
				Vid skörd av förfrukterna	På sen- hösten	På våren	Vid skörd av höst- och vårvete	
						0N	100N	
Försök 1				8-11/08/05	18/11/05	21/04/06	07/08/06	
A	havre	15/9	höstvetet	43 <sup>ad</sup>	57	49	35	35 <sup>ab</sup>
B	ärt	15/9	höstvetet	59 <sup>acd</sup>	54	52	29	41 <sup>ab</sup>
C	ärt + fg.*	1/11	vårvete	42 <sup>ad</sup>	38	53	36	62 <sup>c</sup>
D	höstraps+fg.*	15/9	höstvetet	64 <sup>a</sup>	59	51	38	37 <sup>b</sup>
E	höstraps	15/9	höstvetet	35 <sup>d</sup>	45	61	32	39 <sup>bc</sup>
F	höstraps	15/9	höstvetet	54 <sup>a</sup>	48	49	31	38 <sup>b</sup>
G	höstraps	15/9	höstvetet	70 <sup>a</sup>	62	60	36	37 <sup>b</sup>
H	höstraps	15/9	höstvetet	103 <sup>b</sup>	80	62	35	43 <sup>bc</sup>
I	höstraps	19/9	höstvetet	79 <sup>bc</sup>	86	71	44	52 <sup>bc</sup>
<i>p</i> - värde**				0,000	-	0,20	0,06	0,02
Försök 2				04/08/06	06/11/06	28/03/07	30/07/07	
A	havre	20/9	höstvetet	57	47 <sup>a</sup>	32	20	21
B	ärt	20/9	höstvetet	58	47 <sup>a</sup>	44	17	17
C	ärt + fg.*	2/11	vårvete	45	30 <sup>b</sup>	42	19	21
D	höstraps+fg.*	20/9	höstvetet	60	56 <sup>ac</sup>	26	21	19
E	höstraps	20/9	höstvetet	25	40 <sup>ab</sup>	25	18	18
F	höstraps	20/9	höstvetet	32	43 <sup>ab</sup>	31	18	17
G	höstraps	20/9	höstvetet	129	55 <sup>ac</sup>	27	19	19
H	höstraps	20/9	höstvetet	142	71 <sup>c</sup>	29	19	18
I	höstraps	18/9	höstvetet	45	53 <sup>a</sup>	31	20	20
<i>p</i> - värde**				0,21	0,000	0,14	0,36	0,58

\*fg = fånggröda. \*\**p*-värdet är beräknat för respektive försök och tidpunkt.

På våren blev mineral-N mängderna i marken större efter den kalla vintern 2005/2006 (försök 1) än den milda vintern 2006/2007 (försök 2), men utjämnat mellan leden i båda försöken. Vid skörd av höst- och vårvetet i försök 2, som hade den huvudsakliga utlakningen på hösten året innan, var mineral-N på låga nivåer och utjämnade mellan leden. I försök 1, där utlakningen skedde på våren efter den kallare vintern, fanns precis som på våren mer mineral-N kvar vid skörd än i försök 2 och skillnader rådde mellan leden. Vid skörd av vårvetet blev mineral-N signifikant högre efter ärter med fånggröda än utan fånggröda. Möjligtvis kan en fördröjd N-mineralisering orsakad av den sena plöjningen i led C i kombination med en kall vinter, då N-mineralisering bör ha varit nedsatt, vara anledningen till detta. I leden med höstraps som förfrukt fanns fortfarande något mer

Precisionsodling 2008:5

kväve i marken i ledet med det dåligt etablerade direktsådda höstvetet. N-gödslingen till vetet (0N och 100N) hade ingen inverkan på mineral-N vid skörd 2006/2007 i försök 2, medan N-givan 100 kg N/ha medförde större mängder outnyttjat mineralkväve 2005/2006 i försök 1.

### Skörd av höst- och vårvete

I försök 1 avkastade höstvete efter höstraps (led D-I) i medeltal 420 och 780 kg/ha mer än efter havre i ogödslad (0N) resp. gödslad led (100N) men inga signifikanta skillnader fanns i skörd mellan de olika leden A-I. Merskördarna varierade från 240 till 710 (stdav. 177) i icke N-gödslade led och från 220 till 1170 kg/ha (stdav. 367) i N-gödslade led. Efter ärter (led B) blev merskörderna i höstvete 350 och 340 kg/ha i ogödslad resp. gödslad led jämfört med efter havre. Proteinhalten var högre i vårvetet för både ogödslad och gödslad led. I försök 2 var merskördarna efter höstraps, i jämförelse med havre som förfrukt, i medeltal 590 och 260 kg/ha i ogödslad resp. gödslad led och varierade från 440 till 710 kg/ha (stdav. 113) och 40-530 kg/ha (stdav. 203) för resp. led. Höstveteskördarna i ogödslade led var signifikant högre (i medeltal 700 kg/ha) efter raps i led D, F och G än efter havre och ärter (led A-C) men inga skillnader fanns i gödslade led. Efter ärter avkastade höstvete 70 kg/ha mindre och 320 kg/ha mer jämfört med efter havre i ogödslad resp. gödslad led. Proteinhalten i vårvete var högre än i höstvete i båda leden.

Någon effekt på skörden av höstvete av olika N-givor till höstraps samt höstraps och ärter med och utan fånggröda erhöles inte i något av försöken. Det fanns dock en tendens till stigande höstveteskördar efter ökande N-givor till höstrapsen i leden utan kväve till höstvetet. Detta gäller båda försöken men effekten uteblev i det N-gödslade höstvetet. Inga signifikanta skillnader fanns mellan direktsådd höstvete och övriga jämförbara led (D och G) i något av försöken trots en sämre etablering och till synes 700 - 800 kg/ha lägre skörd i försök 1.

Det fanns inga skillnader i vetets N-efterverkan (i 0N-led) i de olika leden A-I i försök 1. I försök 2 var N-efterverkan signifikant större i led med vårvete efter ärter och fånggröda (C) än med höstvete efter ärter (B), och tre av leden med höstraps som förfrukt (E, G och H) vilket främst berodde på högre proteinhalt i vårvetet. Direktsådden tycktes inte haft någon effekt på N-efterverkan trots att det innebar minskad jordbearbetning på hösten och därmed minskad risk för N-utlakning.

Merskördarna av höstvete efter höstraps och ärter var något lägre än vad som erhöles i nio försök i Skåne 2000-2004 där merskörderna i medeltal för stigande N-givor (0-240 kg N/ha) till höstvete var 1000 kg/ha och vid optimal N-giva 700 kg/ha (Engström & Lindén, 2008). De låga merskördarna i höstvete efter höstraps kan möjligtvis förklaras av att den naturliga N-mineraliseringen var stor på denna plats (pga. stallgödsel i växtföljden under en längre tid) och suddade ut effekten av förfrukterna. I ovan nämnda studie blev merskördarna efter ärter dubbelt så stor som i denna undersökning. Lägre ärtskördar i försöken på Götala i Västergötland jämfört med försöken i Skåne, kan vara en del-förklaring till en sämre efterverkan i höstvete. Större utlakning efter höstraps och ärter jämfört med efter havre den milda vintern 2006/2007 än den kallare vintern 2005/2006 bidrog troligtvis till de lägre merskördarna det året.

Bättre N-utnyttjande under efterföljande växtsäsong till följd av minskad N-utlakning (se nästa avsnitt) syntes ej i det efterföljande höstvetet efter fånggröda och höstraps eller

efter direktsådd av höstvetete efter höstraps. Minskningen var troligtvis inte tillräckligt stor för att påverka den N-efterverkan som förfrukterna och den troligen naturligt stora mineraliseringen på platsen redan bidrog till.

Tabell 10. Effekt av olika förfrukter och behandlingar innan sådd på skörd och protein av höst- och vårvete i försök 1 (2006) och försök 2 (2007). Höstvetete gödslades med 0 kg N/ha (0N) och 100 kg N/ha (100N). d.s. = direktsådd av höstvetete.

Led	Gröda	Plöjning	Gröda	Skörd 0N			Skörd 100N	
				15 % vh kg/ha	protein % av ts	kg N/ha i gröda	15 % vh kg/ha	protein % av ts
	år 2	efter skörd	år 3					
Försök 1								
A	havre	15/9	höstvetete	4120	9 <sup>a</sup>	61	6310	11 <sup>a</sup>
B	ärt	15/9	höstvetete	4470	9 <sup>a</sup>	53	6650	12 <sup>a</sup>
C	ärt + fg.*	1/11	vårvete	3900	12 <sup>b</sup>	72	5080	15 <sup>b</sup>
D	höstraps+fg.*	15/9	höstvetete	4390	9 <sup>a</sup>	59	7390	10 <sup>a</sup>
E	höstraps	15/9	höstvetete	4540	9 <sup>a</sup>	56	7480	11 <sup>a</sup>
F	höstraps	15/9	höstvetete	4470	9 <sup>a</sup>	57	6950	11 <sup>a</sup>
G	höstraps	15/9	höstvetete	4650	9 <sup>a</sup>	63	7290	11 <sup>a</sup>
H	höstraps	15/9	höstvetete	4830	9 <sup>a</sup>	69	6870	11 <sup>a</sup>
I	höstraps	d.s. 19/9	höstvetete	4360	9 <sup>a</sup>	65	6520	12 <sup>a</sup>
p-värde**				0,91	0,006	0,46	0,29	0,001
Försök 2								
A	havre	20/9	höstvetete	3280 <sup>a</sup>	11 <sup>ab</sup>	79 <sup>ab</sup>	6540 <sup>a</sup>	11 <sup>a</sup>
B	ärt	20/9	höstvetete	3210 <sup>a</sup>	10 <sup>ab</sup>	65 <sup>a</sup>	6860 <sup>a</sup>	11 <sup>a</sup>
C	ärt + fg.*	2/11	vårvete	3230 <sup>a</sup>	11 <sup>b</sup>	90 <sup>b</sup>	4040 <sup>b</sup>	14 <sup>b</sup>
D	höstraps+fg.*	20/9	höstvetete	3990 <sup>b</sup>	10 <sup>ab</sup>	79 <sup>ab</sup>	7030 <sup>a</sup>	12 <sup>a</sup>
E	höstraps	20/9	höstvetete	3720 <sup>ab</sup>	10 <sup>a</sup>	71 <sup>a</sup>	7070 <sup>a</sup>	12 <sup>a</sup>
F	höstraps	20/9	höstvetete	3960 <sup>b</sup>	10 <sup>a</sup>	76 <sup>ab</sup>	6730 <sup>a</sup>	12 <sup>a</sup>
G	höstraps	20/9	höstvetete	3940 <sup>b</sup>	10 <sup>a</sup>	73 <sup>a</sup>	6720 <sup>a</sup>	13 <sup>a</sup>
H	höstraps	20/9	höstvetete	3860 <sup>ab</sup>	10 <sup>a</sup>	68 <sup>a</sup>	6580 <sup>a</sup>	12 <sup>a</sup>
I	höstraps	d.s. 18/9	höstvetete	3750 <sup>ab</sup>	11 <sup>ab</sup>	79 <sup>ab</sup>	6660 <sup>a</sup>	12 <sup>a</sup>
p-värde**				0,009	0,005	0,002	0,001	0,000

\*fg = fånggröda. \*\*p-värdet är beräknat för respektive försök.

### N-utlakning efter skörd av höstraps, ärter och havre

I försök 1, efter sådd av höstvetete 2005, skedde den huvudsakliga N-utlakningen i mars och april 2006 (tabell 11). Hösten föregicks av en torrperiod från 15 augusti till 19 oktober och marken var frusen från mitten på december till slutet av mars. Inga skillnader fanns mellan leden i den totala N-utlakningen för hela avrinningsperioden september - juni. En tendens fanns till att utlakningen var 26 kg N/ha större vid odling av höstvetete efter höstraps som gödslats med 200 kg N/ha (led H) än efter ogödslad höstraps (led E). I ledet med det dåligt etablerad höstvetetet efter direktsådd och efter höstraps (led I) och i vårvete efter ärter (led C) var utlakningen på liknande nivåer som i led H, 21 respektive 19 kg N/ha större än i led E, men ej signifikant större. I övriga led med höstvetete efter höstraps som gödslats med 150 kg N/ha eller mindre, blev utlakningen mindre eller lika stor som i ledet med höstvetete efter havre. Resultaten visade inte på minskad N-utlakning med fånggrödor på hösten efter höstraps eller ärter när avrinningen skedde i mars-april som detta år.

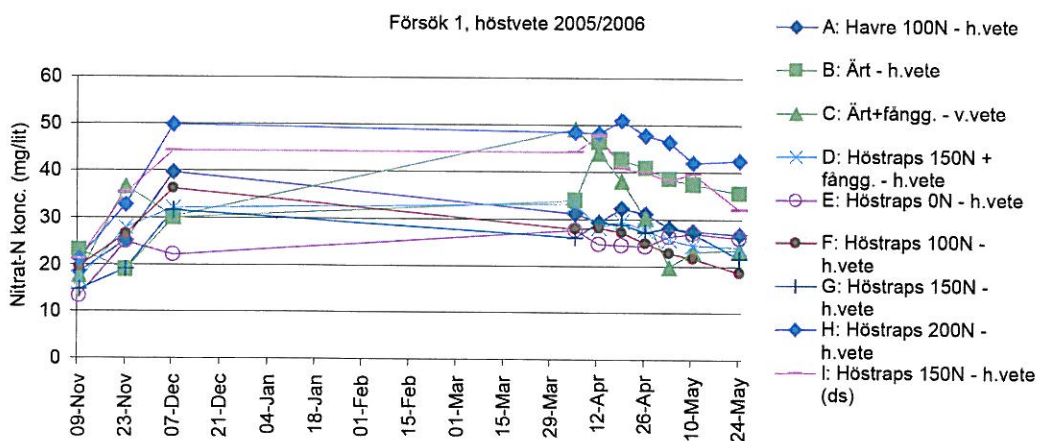
Månadsvis fanns skillnader i januari då N-utlakningen var högre i höstvetete efter höstraps som gödslats med 200 kg N/ha (led H) än efter ogödslad höstraps (led E) samt i maj mellan F (100 kg N/ha) och H.

N-koncentrationen i markvätskan ökade från 15-20 till 20-50 mg/l vatten under hösten, från 9 november då avrinning och provtagning började och fram till 7 december. Efter ett avbrott, då marken var frusen och ingen avrinning skedde, låg koncentrationerna fortfarande på denna nivå när avrinningen började (figur 6). Under den korta period som avrinning förekom under hösten (november-december) var N-koncentrationen vid provtagningen 7 december signifikant högre ( $p=0,04$ ) i ledet med höstvetete efter höstraps som gödslats med 200 kg N/ha än efter ogödslad höstraps. Även led I med dåligt etablerad höstvetete hade vid denna tidpunkt högre koncentrationer än övriga led (ej signifikanta skillnader). Under april och maj hade led H, I och led med ärter (B och C) som förfrukt högre nitrathalter än övriga led, Signifikant högre koncentrationer fanns endast i led H jämfört med led E 26 april och jämfört med led F 3-24 maj.

Tabell 11. Nitratkväveutlakning (kg N/ha) månadsvis i försök 1 (september-juni 2005/2006). Höstvetete sätts i alla led hösten 2005 utom C som plöjdes i november och vårvetete såddes på våren 2006.

Led	A	B	C	D	E	F	G	H	I	p-värde*
Månad										
sep	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
okt	0,3	0,3	0,2	0,2	0,2	0,3	0,2	0,3	0,3	
nov	1,2	1,4	1,3	1,2	0,9	1,3	1,0	1,4	1,5	
dec	2,8	2,2	2,2	2,3	1,6	2,6	2,2	3,6	3,2	
jan	1,2 <sup>ab</sup>	1,0 <sup>ab</sup>	1,2 <sup>ab</sup>	1,1 <sup>ab</sup>	0,8 <sup>a</sup>	1,1 <sup>ab</sup>	1,0 <sup>ab</sup>	1,6 <sup>b</sup>	1,5 <sup>ab</sup>	0,04
feb	0,1	0,1	0,1	0,1	0,0	0,1	0,0	0,1	0,1	
mar	11,1	11,9	17,1	11,7	9,7	9,9	9,2	17,1	15,6	
apr	18,6	24,1	27,0	18,6	15,9	16,8	16,7	29,6	27,2	
maj	2,7 <sup>ab</sup>	3,7 <sup>ab</sup>	2,2 <sup>ab</sup>	2,5 <sup>ab</sup>	2,6 <sup>ab</sup>	2,0 <sup>a</sup>	2,4 <sup>ab</sup>	4,4 <sup>b</sup>	3,5 <sup>ab</sup>	0,02
jun	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Summa	38	45	51	38	32	34	33	58	53	0,10

\* p-värdet är beräknat månadsvis.



Figur 6. Nitratkvävekoncentrationer i markvätskan på 80 cm djup i försök 1, 2005/2006. H.vete (ds) = direktsädd av höstvetete.

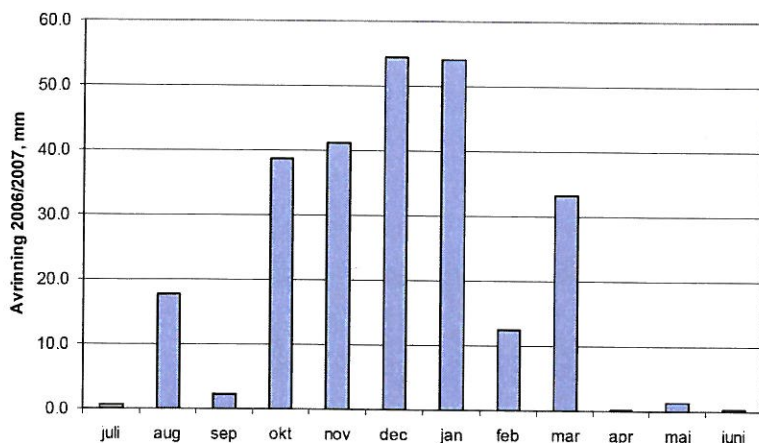
Efter att höstvetete såtts i försök 2, 2006, var nederbörden över det normala på hösten (oktober, december, januari och mars) och vintern mild. Den största avrinningen skedde under perioden oktober – januari men även i mars 2007 förekom kraftig avrinning (figur 7). Den största totala utlakningen för perioden uppkom i ledet med höstvetete efter höstraps (94 kg N/ha) som gödslats med 200 kg N/ha (led H). Detta var 27 kg N/ha mer än i ledet med höstvetete efter optimalt gödslad höstraps (led G), 59 kg N/ha mer än efter ogödslad höstraps (led E) och 49 kg N/ha mer än efter havre som förfrukt till höstvetete. Höstraps med lägre N-givor (100 och 150 kg N/ha i led F resp. G) som förfrukt till höstvetete orsakade 11 respektive 22 kg N/ha större N-utlakning än med havre som förfrukt medan ärter (led B) som förfrukt medförde 18 kg N/ha större utlakning än efter havre. Minst utlakning uppkom i ledet med höstvetete efter ogödslad höstraps (led E). I medeltal var utlakningen högre i efterföljande vete denna milda vintern (51, 62 och 65 kg N/ha efter havre, ärter resp. höstraps) jämfört med den kallare vintern (35, 45 och 38 kg N/ha efter havre, ärter resp. höstraps).

Fånggrödan efter höstraps (led D) minskade utlakningen med 12 kg N/ha i efterföljande höstvetete jämfört med efter höstraps utan fånggröda (led G). Direktsådd av höstvetete efter höstraps (led I) minskade utlakningen med 8 kg N/ha jämfört med konventionellt sådd höstvetete (led G) men skillnaderna var inte signifikanta (tabell 12). Fånggröda efter ärter (kombinerat med sen plöjning och vårvete) minskade N-utlakningen med 14 kg N/ha jämfört med höstvetete sått direkt efter ärter (jämför led B och C) men skillnaderna var inte signifikanta.

Nitratkvävekoncentrationen i markvätskan på 80 cm djup vid första provtagningen i slutet av oktober varierade i leden från 8 till 55 mg/l vatten och var 32 mg/l vatten i höstvetete efter havre. Lägst var koncentrationen efter höstraps som gödslats med 0 kg N/ha och högst efter höstraps som fått 200 kg N/ha. Nitrathalten ökade under hösten i alla led (främst i H och B) men sjönk i januari till 23 mg/l vatten eller mindre i alla led utom i led H som då låg på 35 mg/l vatten. Ärtar som förfrukt till höstvetete orsakade inga signifikanta högre N-koncentrationer i markvätskan jämfört med havre som förfrukt, men en tendens fanns ( $p=0,14$ ) att den var högre i början på december.

Med höstraps som förfrukt var N-koncentrationen signifikant högre än efter havre där N-givan varit 200 kg N/ha vid alla provtagningstillfällen från oktober till april. För övriga led med höstraps som förfrukt var koncentrationen signifikant högre endast i mitten på december (led I) och i mitten på januari (led D och G). I ledet med fånggröda efter höstraps (led D) och direktsådd av höstvetete (led I) låg N-koncentrationerna på till synes lägre nivåer (figur 8) under hösten fram till december än efter höstraps utan fånggröda och med samma N-giva (led G) men skillnaderna var inte signifikant lägre. I ledet med fånggröda efter ärter och sen höstplöjning (led C) minskade koncentrationen av kväve i markvätskan under hela hösten (oktober – december) från 35 till 8 mg/l vatten till skillnad från led B, där höstvetete såtts direkt efter ärter. I led B ökade N-koncentrationen från oktober till sista november från 35 till 54 mg/l vatten varefter den sjönk till 17 mg/l vatten i slutet på december. Skillnaden mellan led B och C var som störst i slutet på november (25 mg/l vatten) men inga signifikanta skillnader erhöles mellan leden.



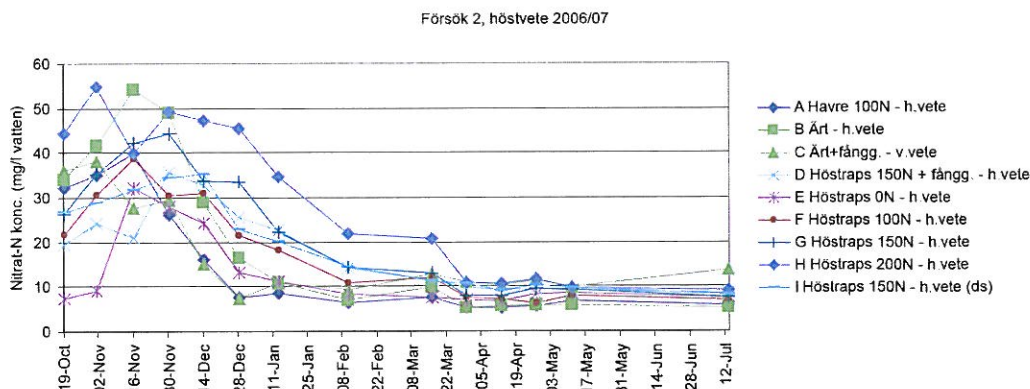


Figur 7. Avrinning under perioden juli - juni 2006/2007 från sandjord på Fotegården, totalt 238 mm.

Tabell 12. Nitratkväveutlakning (kg N/ha) månadsvis i försök 2 (augusti-juni 2006/2007). Höstvetete sått i alla led hösten 2006 utom C som plöjdes i november och vårvete såddes på våren 2007.

Led	A	B	C	D	E	F	G	H	I	p-värde
Månad										
aug	5.7 <sup>ab</sup>	6.0 <sup>ab</sup>	6.4 <sup>ab</sup>	3.4 <sup>ac</sup>	1.3 <sup>c</sup>	3.8 <sup>ac</sup>	4.7 <sup>abc</sup>	7.9 <sup>b</sup>	4.8 <sup>abc</sup>	0,001
sep	0.7 <sup>ab</sup>	0.8 <sup>ab</sup>	0.8 <sup>ab</sup>	0.4 <sup>ac</sup>	0.2 <sup>c</sup>	0.5 <sup>ac</sup>	0.6 <sup>abc</sup>	1.0 <sup>d</sup>	0.6 <sup>abc</sup>	0,001
okt	13.3 <sup>abd</sup>	15.4 <sup>abd</sup>	14.5 <sup>abd</sup>	8.9 <sup>ac</sup>	3.5 <sup>c</sup>	11.0 <sup>bc</sup>	12.8 <sup>bc</sup>	20.1 <sup>d</sup>	11.0 <sup>bcd</sup>	0,000
nov	14.4 <sup>abc</sup>	19.9 <sup>ac</sup>	13.0 <sup>abc</sup>	10.5 <sup>b</sup>	9.5 <sup>b</sup>	13.9 <sup>abc</sup>	16.6 <sup>abc</sup>	19.5 <sup>c</sup>	12.9 <sup>abc</sup>	0,004
dec	9.2 <sup>ab</sup>	16.8 <sup>b</sup>	9.1 <sup>ab</sup>	17.6 <sup>ab</sup>	12.8 <sup>ab</sup>	16.1 <sup>ab</sup>	19.2 <sup>bc</sup>	25.8 <sup>c</sup>	18.3 <sup>bc</sup>	0,000
jan	4.4 <sup>ac</sup>	5.7 <sup>c</sup>	5.6 <sup>c</sup>	11.5 <sup>bc</sup>	5.8 <sup>ac</sup>	9.2 <sup>ac</sup>	11.6 <sup>bc</sup>	17.8 <sup>b</sup>	10.4 <sup>c</sup>	0,000
feb	0.8 <sup>a</sup>	0.9 <sup>a</sup>	1.2 <sup>a</sup>	1.8 <sup>ab</sup>	1.1 <sup>a</sup>	1.4 <sup>ab</sup>	1.8 <sup>ab</sup>	2.8 <sup>b</sup>	1.8 <sup>ab</sup>	0,005
mar	2.4 <sup>a</sup>	3.1 <sup>a</sup>	4.1 <sup>ab</sup>	3.8 <sup>ab</sup>	2.5 <sup>a</sup>	3.8 <sup>ab</sup>	4.2 <sup>ab</sup>	6.6 <sup>b</sup>	3.8 <sup>ab</sup>	0,006
apr	0.0 <sup>a</sup>	0.0 <sup>a</sup>	0.0 <sup>b</sup>	0.0 <sup>ab</sup>	0.0 <sup>ab</sup>	0.0 <sup>ab</sup>	0.0 <sup>ab</sup>	0.0 <sup>b</sup>	0.0 <sup>ab</sup>	0,005
maj	0.1 <sup>ab</sup>	0.1 <sup>a</sup>	0.1 <sup>b</sup>	0.1 <sup>ab</sup>	0.1 <sup>ab</sup>	0.1 <sup>ab</sup>	0.1 <sup>ab</sup>	0.1 <sup>ab</sup>	0.1 <sup>ab</sup>	0,05
juni	0.0 <sup>ab</sup>	0.0 <sup>a</sup>	0.0 <sup>b</sup>	0.0 <sup>ab</sup>	0.0 <sup>ab</sup>	0.0 <sup>ab</sup>	0.0 <sup>ab</sup>	0.0 <sup>ab</sup>	0.0 <sup>ab</sup>	0,05
Summa	45 <sup>ad</sup>	63 <sup>ac</sup>	48 <sup>acd</sup>	55 <sup>acd</sup>	35 <sup>d</sup>	56 <sup>acd</sup>	67 <sup>c</sup>	94 <sup>b</sup>	59 <sup>acd</sup>	0,000

\* p-värdet är beräknat månadsvis.



Figur 8. Nitratkvävekoncentrationer i markvätskan på 80 cm djup i försök 2, 2006/2007. H.vete (ds)= direktsådd av höstvete.

I båda försöken blev N-utlakningen i medeltal (led D-I) större i leden med vete efter höstraps och efter ärter (led B) än efter sådd av höstraps, 18 och 25 kg N/ha större 2005/2006 och 32 och 30 kg N/ha större 2006/2007. Detta visar liksom andra undersökningar att det är under året med den efterföljande grödan efter dessa förfrukter som den största utlakningsrisken finns

Den för led A-I i medeltal större N-utlakningen vid odling av efterföljande vete under den milda vintern (58 kg N/ha) jämfört med den kallare vintern (42 kg N/ha) kan förklaras av främst större avrinning (238 resp. 130 mm) eftersom N-koncentrationerna låg på liknande nivåer. Skillnaden var 16 kg N/ha. Detta kan jämföras med att utlakningen den kallare vintern efter sådd av höstraps var 17 kg N/ha större än under den milda vintern, vilket främst högre N-koncentrationer var orsaken till, eftersom avrinningen var högre, 214 resp. 130 mm. Detta visar att en vinter medfrusen mark från december till mars inte nödvändigtvis medför en lägre N-utlakning än en mild vinter, vilket ofta antas.

Det gemensamma för båda vintrarna och de två försöken var att den högsta N-givan (200 kg N/ha) till höstraps orsakade den största utlakningen i efterföljande höstvete, 25 respektive 27 kg N/ha mer än efter höstraps gödslad med 150 kg N/ha. Detta berodde uppenbarligen på att gödslingen översteg grödans behov av kväve (överoptimal). Ökade mängder mineral-N i marken efter skörd och på senhösten samt ökad N-utlakning vid odling av efterkommande gröda där N-givor har överstigit grödans behov har även andra studier visat (Sieling et al., 1996; fransk..)

Effekten av övriga led med höstraps med lägre N-givor (led D-I) och ärter (led B) på N-utlakningen vid odling av efterföljande höstvete i jämförelse med havre som förfrukt (led A) varierade däremot mellan de två olika vintrarna. Resultaten visade 0 och 7 kg N/ha större utlakning efter raps och ärter den kallare vintern 2005/2006 och 20 resp. 18 kg N/ha mer den milda vintern 2006/2007. Förutom något outnyttjat gödselkväve torde N-mineraliseringen efter dessa förfrukter ha påverkat utlakningen och gett upphov till skillnaden mellan åren i dessa led.

Efter den kallare vintern fanns en viss risk för ökad N-utlakning efter ärter och efter höstraps där höstvetet var sämre etablerat efter direktsådd. N-koncentrationerna låg på högre nivåer än i övriga led tidigt på våren då den stora avrinningen skedde (figur 6) troligen orsakat av att N från mer lättnedbrytbara växtrester efter ärter (pga. lägre C/N-  
Precisionsodling 2008:5

kvot än höstraps och havre) fanns kvar efter den kalla vintern och ett dåligt N-upptag av ett tunt och luckigt höstvetebestånd efter en misslyckad direktsådd (orsakat av dålig groningen pga. växtrester i ytan). Övriga led efter höstraps som var gödslade optimalt eller mindre orsakade samma eller mindre utlakning som efter havre främst beroende på att avrinningen var liten denna höst men också att N-koncentrationerna var lika i leden. Detta kan ha berott på att den ökade N-mineralisering (av lättnedbrutna växtrester) som är vanlig efter skörd av höstraps och ärter inte hann ske i samma utsträckning som hösten 2006 eftersom hösten inleddes med en torrperiod från 15 augusti till 19 oktober och marken sedan frös i mitten på december. En kort N-mineraliseringsperiod på hösten 2005 kan ha medverkat till att effekten av de olika leden på N-mineraliseringen inte syntes på N-koncentrationerna i markvattnet (figur 6) lika tydligt som hösten 2006 (figur 8).

Under hösten 2006 som var längre och hade högre temperaturer än normalt från augusti till januari (vilket stimulerade N-mineraliseringen) erhöles däremot större skillnader mellan leden i N-koncentrationer i markvattnet. I kombination med stor avrinning under hösten förklarar detta varför N-utlakningen blev större i höstvetet efter både optimalt gödslad höstraps och ärter än efter havre den milda vintern. Högre N-koncentrationer i marken efter höstraps med optimal N-giva än i leden med lägre N-giva bör bero på att grödan där hade större biomassa och därmed också efterlämnade mer växtrester så som blad och rötter, som kunde bidra till den ökade N-mineraliseringen under hösten. Att mängden mineral-N i marken blev lika efter skörd av ärter och en optimalt gödslad höstraps överensstämmer väl med andra studier (Engström & Lindén, 2008) och kan förklara att även utlakningen blev likartad efter dessa förfrukter. Den större utlakningen under hösten 2006 kan också förklara att det fanns mindre mängder mineral-N på senhösten 2006 än 2005 (30-70 resp. 50-80 kg N/ha).

De metoder som prövades för att minska N-utlakningen indikerar (dock ej signifikanta) att åtgärden att inte bearbeta jorden förrän i november och låta fånggrödan växa så länge som möjligt och därmed ta upp mest N (led C) var mer utlakningsbegränsande (24 % minskning) än åtgärden att bearbeta jorden i september (inför sådd av höstvetet i led D), då fånggrödan hann ta upp mindre N (20 % minskning). Minst effekt (12 % minskning) gav direktsådd av höstvetet i september. Jorden rördes obetydligt av såmaskinen vid direktsådden och N-upptaget av grödan (höstvetet) blev som minst. Andra undersökningar visar att fånggröda och vårplöjning minskning utlakningen med 50 – 60 % i jämförelse med tidig höstbearbetning. Nedbrukning på hösten ledde till sämre effekt på utlakningen, 30-50 % minskning (Aronsson et al., 2003 a och Aronsson & Torstensson, 2003 b). I dessa studier var förfrukterna spannmål vilket kan förklara den större effekten av fånggrödan på utlakningen än vad det blev med höstraps och ärter som förfrukter som ger en mycket större anhopning av kväve på hösten.

## Slutsatser

På grund av höstrapsens effektiva kväveupptag minskade kväveutlakningen under vinterperioden med 40 % i jämförelse med led där jordbearbetning gjordes vid samma tidpunkt som där höstrapsen såddes och ingen gröda fanns. Detta visar på betydelsen av att ha gröda som kan ta upp tillräckligt med kväve under hösten efter att jorden bearbetats och sedan följs av en vinter som är mild och med avrinning främst i oktober-januari som 2004/2005.

Studien bekräftar tidigare studier att störst risk för N-utlakning finns i höstvetete efter skörd av höstraps och ärter jämfört med efter sådd av höstraps på grund av ökad kväve-mineralisering efter dessa förfrukter och ett litet N-upptag av efterföljande höstvetete. Största orsaken till ökad N-utlakning var överoptimal gödsling till höstraps oavsett om vintern var frusen (med största avrinning i mars-april) eller mild (med största avrinningen i oktober-januari). Utlakningen ökade med 53 och 109 % jämfört med efter havre 2005/2006 respektive 2006/2007. Därmed är den viktigaste åtgärden för att minska N-utlakningsrisken efter höstraps att inte gödsla mer än till grödans behov.

Ökad risk för N-utlakning efter höstraps som gödslats optimalt, jämfört med efter havre, fanns efter en mild vinter (49 % eller +22 kg N/ha) med avrinning på hösten, men inte en frusen vinter med avrinningen på våren, eftersom N-koncentrationerna i markkvätskan var högre än efter havre på hösten. Ökad risk för N-utlakning efter ärter fanns både en frusen (18 % eller +7 kg N/ha) och mild vinter (40 % eller +18 kg N/ha) eftersom N-koncentrationerna var högre än efter havre på hösten den milda vintern och på våren den frusna vintern, men skillnaderna var inte signifikanta.

Fånggrödor efter ärter (fram till sen plöjning och sen vårvetete) och höstraps (fram till sådd av höstvetete) samt direktsådd av höstvetete efter höstraps minskade utlakningen med 24, 20 respektive 12 % (motsvarande 14, 12 och 8 kg N/ha), men minskningen var inte signifikant. Minskning i N-utlakning gav ingen ökad kväveefterverkan i efterföljande höst- eller vårvetete och påverkade inte skördarna.

## Referenser

Augustinussen, E., 1987. Kvælstofgødsningens indflydelse på vækst og udvikling af vinterraps. Tidsskr. Planteavl 91, 301-311.

Aronsson, H., Torstensson, G., 2003 (a). Höstgrödor - fånggrödor - utlakning. Kvävedynamik och kväveutlakning i två växtföljder på moränlätter i Skåne. Resultat från 1993-2003. SLU, Uppsala, Inst. för markvetenskap, avd. för vattenvårdslära, Ekohydrologi 75.

Aronsson, H., Torstensson, G., 2003 (b). Höstgrödor - fånggrödor - utlakning. Kvävedynamik och kväveutlakning i två växtföljder på moränlätter i Skåne. Resultat från 1993-2003. SLU, Uppsala, Inst. för markvetenskap, avd. för vattenvårdslära, Ekohydrologi 75

- Aronsson, H., Lindén, B., Stenberg, M., Torstensson, G., Rydberg, T., Forkman, J., 2006. Växtnäringsutlakning från en lerjord med höstveteväxtföljd och vallträda. SLU, Uppsala, Inst. för markvetenskap, avd. för vattenvårdslära, Ekohydrologi 93.
- Dejoux, J-F., Meynard, J-M., Reau, R., 1999. Rapeseed new crop management with very early sowing in order to reduce N-leaching and N-fertilization. In: New Horizons for an Old Crop. Proc. Of the 10<sup>th</sup> International Rapeseed Congress, GCIRC: CD-RON, Canberra- Australia.
- Dejoux, J-F., Recous, S., Meynard, J-M., Trinsoutrot, I., Leterme, P., 2000. The fate of nitrogen from winter-frozen rapeseed leaves: mineralization, fluxes to the environment and uptake by rapeseed crop in spring. *Plant and Soil* 218, 257-272.
- Djurhuus, J. 1990. Sammenligning af nitrat i jordvand udtaget med sugekopper og ekstraheret fra jordprøver. Landbrugsministeriet, Statens Planteavlsvforsøg. Beretning nr. 2101. *Tidsskrift for Planteavl* 94, 487-495.
- Djurhuus, J. 1992. N-transformation and N-transport in a sandy loam and a coarse sandy soil cropped with spring barley. II. Nitrate leaching. Beretning nr. 2214. Landbrugsministeriet, Statens Planteavlsvforsøg. *Tidsskrift for Planteavl* 94, 137-152.
- Engström, L., Lindén, B. 2000. Höstraps i Mellansverige, inverkan av såtid och ogräsbekämpning på övervintring, skörd och kvävehushållning. SLU, Skara, Inst. för jordbruksvetenskap, rapport 3.
- Engström, L. & Lindén, B., 2008. Importance of soil mineral N in early spring and subsequent net N mineralisation for winter wheat following winter oilseed rape and peas in a milder climate. *Acta Agriculturae Scandinavica*, under tryckning.
- Hessel, K., Aronsson, H., Lindén, B., Stenberg, M., Rydberg, T., Gustafsson, A., 1998. Höstgrödor – Fånggrödor – Utlakning. Kvävedynamik och kväveutlakning på en moränlättera i Skåne. SLU, Uppsala. Inst. för markvetenskap, avd för vattenvårdslära, Ekohydrologi 46.
- Holmes, M. R. J., 1980. Nutrition of the oilseed rape crop. Applied Science Publishers, London.
- Knudsen, L., Østergaard, H. S. & Schultz, E. 2000. Kvælstof – et næringsstof og et miljøproblem. Landbrugets Rådgivningscenter, Landskontoret for Planteavl, Århus, Danmark.
- Lindén, B. 1981. Relationships between cultivation practices and the supply of mineral nitrogen in the soil. The Royal Swedish Academy of Agriculture and Forestry, report 5, 67-123.
- Lindén, B. 1984. Ärternas inverkan på mineralkvävetillgången i marken och efterföljande grödans gödselkvävebehov. Årtodling. Nordiske Jordbruksforskere Forening. NJF-utredning/rapport nr 15, 23:1-8.

Mulvaney, R.L., 1996. Nitrogen – inorganic forms. In: Sparks D,L, et al, (eds) Methods of Soil Analysis, Part 3-Chemical methods, Soil Science Society of America Book Series, Nr 5. Madison, Wisconsin, USA, 1123-1184.

Sieling, K., Christen, O., 1999. Yield, N uptake and N-use efficiency of and N leaching after oilseed rape grown in different crop management systems in northern Germany. In: New Horizons for an Old Crop. Proc. Of the 10<sup>th</sup> International Rapeseed Congress, GCIRC: CD-RON, Canberra- Australia.

Sixtensson, O. 2006. Kväve i mark och gröda från sådd till skörd vid odling av höstraps (*Brassica napus* L.). Nitrogen in soil and plant from sowing to harvest during cultivation of winter oilseed rape (*Brassica napus* L.). SLU, Skara. Inst. för markvetenskap, Avd. för precisionsodling, Examensarbete nr 2.

Titlar utgivna i serien Precisionsodling:

- 2008:1. Sofia Delin och Lena Engström, Kväve mineraliseringsförlopp efter gödsling med organiska gödselmedel vid olika tidpunkter.
- 2008:2. Börje Lindén, Flytgödselspridning på hösten: möjligheter att minska kväveutlakningsriskerna genom olika åtgärder i växtodlingen - Litteraturoversikt: kunskapsläge och kunskapsluckor.
- 2008:3. Emma Eriksson, Markkartering anpassad för precisionsodling.
- 2008:4. Sofia Delin, Kväve mineraliseringsförlopp och inverkan på skörd efter gödsling med fjäderfågödsel
- 2008:5. Lena Engström, Börje Lindén, Helena Aronsson och Maria Stenberg Höstraps och ärter i växtföljden - metoder att minimera den större N-utlakningsrisken

## **Institutionen för mark och miljö, SLU, Skara,**

**Precisionsodling och pedometri** bedriver forskning med precision i odlingen som mål. Detta forskningsarbete tar sikte på att utveckla metoder för bättre utnyttjande av markens resurser samt styrning av processer som inverkar på grödornas tillväxt, framför allt genom bättre växtnäringshushållning, bl.a. platsspecifikt för tillämpning inom precisionsjordbruket.

Forskning bedrivs främst i fältstudier och fältförsök. Huvudsyftet med denna forskning är att förstärka den ekonomiska uthålligheten i svenskt lantbruk genom att förbättra grödornas avkastning och jordbruksprodukternas kvalitet och samtidigt utnyttja våra naturliga tillgångar på ett miljövänligt och resursbevarande sätt. Forskning, utbildning och information präglas av helhetssyn och sker i nära samarbete med näringsliv, myndigheter och rådgivning.



### **Sveriges lantbruksuniversitet**

Institutionen för mark och miljö  
Precisionsodling och pedometri  
Box 234, 532 23 SKARA  
Internet: <http://po-mv.slu.se>