

Kväveförsörjning i ekologiska odlingssystem med vall – höstraps – vete

*N-supply in organic crop systems
with ley - winter oilseed rape – wheat*



Lena Engström och Börje Lindén

Avdelningen för precisionsodling

*Division of precision agriculture
Swedish University of Agricultural Sciences*

**Rapport 16
Skara 2008**

Report 16

ISSN 1652-2788
ISBN 978-91-85911-24-0

Innehållsförteckning

INNEHÅLLSFÖRTECKNING	3
FÖRORD	4
SUMMARY	5
SAMMANFATTNING	6
INLEDNING	7
MATERIAL OCH METODER	9
Fältförsök och utförande	9
Bestämning av valltillväxt samt provtagning och analys av vallgröda.....	11
Skörd av höstraps samt provtagning och analys av höstraps och fånggröda.....	12
Provtagning, skörd och analys av höst- och vårvete	12
Jordprovtagningar och analyser	13
Flytgödselanalyser	13
Statistik och beräkningar.....	14
RESULTAT OCH DISKUSSION.....	14
Nederbörd	14
Vallskördar	15
Mineralkväve i marken vid vallbrott och senhösten samt kväveupptag i höstraps.....	16
Fröskörd av höstraps	19
Kväveupptag i höstraps vid mognad och netto mineralisering av kväve under växtsäsongen	21
Mineralkväve i marken efter skörd av höstraps och kväveupptag i fånggröda och annan höstväxande vegetation.....	21
Kärnskörd, proteinhalt och kväveefterverkan i höst- och vårvete	23
SLUTSATSER	25
LITTERATUR.....	27
BILAGOR	29

Förord

I syfte att belysa kväveförsörjningen i ekologiska odlingssystem med vall – höstraps - vete utfördes fem treåriga fältförsök (2001-2006), belägna i Bohuslän och Halland. Försöken utfördes av försökspatrullerna på Hushållningssällskapet i Göteborg och Bohuslän, Hushållningssällskapet i Halland och Lanna försöksstation, Skaraborgs län.

Agronom Lars Olrog på Dingle lantbruksskola, Hushållningssällskapet i Göteborg och Bohuslän, har deltagit i projektet som idégivare och med fotografering av försöken m.m.

Projektet finansierades genom anslag från States Jordbruksverk.

Skara 30 januari 2008

Författarna

Författarna har följande adresser:

Lena Engström
Avdelningen för precisionsodling
Institutionen för markvetenskap, SLU
Box 234
532 23 SKARA
Tel. 0511-671 41
E-post: lena.engstrom@mv.slu.se

Börje Lindén
Agrostis Konsult
Ödegårdsvägen 7
532 73 Varnhem
Tel. 0511-128 10
E-post: linden.borje@telia.com

Summary

Winter oilseed rape can take up more nitrogen during autumn than cereal crops and requires high amounts of nitrogen (N) for maximum yield. In organic farming clover-grass leys are often the previous crop to winter oilseed rape since large amounts of nitrogen are mineralised during the autumn, after ploughing the ley, and the following growing season. Whether the N-supply to winter oilseed rape is affected by harvesting the ley once or twice or keeping it as a green mulching crop are discussed in organic farming. Winter oilseed rape gives a good residual-N effect on the following crop but increased amounts of soil mineral nitrogen (N_{\min}) is often found at harvest of oilseed rape and late autumn which increases the risk for N-losses during winter. Consequently there is a need to optimise the N-supply to winter oilseed rape and reduce the risk for N-losses. This is especially important in organic farming where N often is a limiting source. In five field trials (2001-2006) the effect of three treatments of a clover-grass ley (no harvest, one harvest, two harvests) on N_{\min} , net N-mineralisation, N-uptake and seed yield of organically grown winter oilseed rape (with and without application of dairy slurry in the spring) was studied. In the subsequent year the effect on N_{\min} , N-uptake and grain yield was studied in winter wheat (following early soil cultivation/ploughing) and in spring wheat (following early soil cultivation/ploughing, catchcrop/late ploughing and no catchcrop/late ploughing).

Different amounts of above ground ley crop incorporated into the ground (in the three treatments) had no impact on oilseed rape seed production or N_{\min} in late autumn after ploughing the ley, in early spring or at harvest of the following winter oilseed rape. The reason for this could be that the roots are of more importance for the N-supply after leys and were most likely similar in all treatments. The impact of the slurry application to the winter oilseed rape was surprisingly small and increased yield with 300 kg ts/ha. In late autumn after harvest of oilseed rape N_{\min} was reduced by 50 % with catch crop (or spontaneously occurring crop) and late ploughing compared to where winter wheat was sown after early cultivation and ploughing or early cultivation followed by late ploughing. The results showed that catch crop (or spontaneous crop) and late ploughing (followed by spring wheat) were efficient methods to reduce the risk for N-losses after winter oilseed rape.

Subsequent wheat yield was relatively high, indicating a sufficient N-supply, but was not affected by the ley treatments, slurry application or various soil cultivation (with or without catchcrop) after harvest of oilseed rape. Yield of winter and spring wheat was similar and with a price 0,5 kr/kg higher for spring wheat, economically as well as environmentally the best choice of subsequent crop to winter oilseed rape was spring wheat.

Sammanfattning

I fem treåriga fältförsök (2001-2006), belägna i Bohuslän och Halland, studerades efterverkan av klövergräsvall, utnyttjad som slåttervall och grüngödslingsvall, vid odling av höstraps som efterföljande gröda. I en av tre behandlingar av vallen togs två skördar, innan vallen bröts efter andraskörden. I ett annat led togs första skörden tillvara, medan återväxten plöjdes ned vid tidpunkten för andraskörden. I den tredje behandlingen utnyttjades vallen helt för grüngödsling, med en putsning vid tiden för första vallskörden. Efter vallbrottet såddes höstraps. Vidare undersöktes i vilken utsträckning flytgödseltillförsel till höstrapsen på våren förbättrade dess kväveförsörjning och avkastning. Efterverkan av vallen och höstrapsen studerades efter höstrapsåret, dels i höstvetete (med relativt tidig plöjning efter rapsskörden) och dels i vårvetete, med och utan stubbearbetning efter rapsskörden samt med och utan fånggröda (rödklöver+engelskt rajgräs) som såts in i höstrapsen. I de led där vårvetete skulle sås plöjdes marken på senhösten eller våren därefter.

I de led där två skördar togs av klövergräsvallarna fördes i medeltal drygt 160 kg N/ha bort med den skördade grönmassan, och endast stubb innehållande närmare 20 kg N/ha brukades ned vid vallbrottet. Där förstaskörden togs tillvara bortfördes med denna drygt 80 kg N/ha, och närmare 80 kg N/ha i grönmassa samt kväve i stubb plöjdes ned i samband med vallbrottet. I det rena grüngödslingsledet fastställdes en total kväveproduktion på ca 300 kg N/ha i form av avslaget växtmaterial och stubb, som lämnades kvar på marken fram till plöjningen av vallen.

Den större anhopningen av mineraliserat kväve i marken till följd av vallbrottet togs väl tillvara av den sådda höstrapsen, där denna utvecklades bra (med ett N-upptag i blasten på i medeltal 47 kg N/ha på senhösten). I totalt sett fyra försök (utöver de fem nämnda), där det var för torrt för att rapsfröet skulle gro väl, förblev emellertid det mineraliserade kvävet outnyttjat och mängden mineralkväve (min-N) inom 0-90 cm markdjup på senhösten ökade från i medeltal 20 kg N/ha till ca 90 kg N/ha, vilket var nästan dubbelt så mycket som på senhösten i försöken med väl etablerad höstraps. Torkans verkan blev särskilt påtaglig, genom att vallen tidigare tömt marken på vatten. Slutsatsen av detta är, att man bör ta den andra vallskörden och bryta vallen så tidigt som möjligt, så att det blir större chans att nederbörd hinner fukta upp jorden inför höstrapssådden.

Efterverkan av vallen möjliggjorde en fröskörd av höstrapsen på i medeltal 1720 kg ts/ha. De olika vallbehandlingarna (ett led med två bärgade vallskördar, ett led med en bärgad skörd + andra skörd utnyttjad som grüngödsling och ett tredje led med grüngödslingsvall som putsats en gång) hade mot förmodan ingen tydlig inverkan vare sig på höstrapsens avkastning eller på min-N på senhösten efter vallbrottet, under våren därpå eller vid skörden av höstrapsen. Förklaringar kan vara ammoniakavgång vid putsningen av vallen, N-utlakning efter mineralisering av kväve i det nedplöjda vallmaterialet och/eller att kväve härstammande från vallens rotsystem är en viktig komponent i dess N-efterverkan. Den nötflytgödsel som tillfördes på våren till rapsen (i medeltal 76 kg N/ha som ammoniumkväve) hade ganska liten skördestergande verkan, men skörden blev ändå signifikant större än i ogödslade led, i medeltal 300 kg rapsfrö per ha mer. Flytgödseln ökade höstrapsens N-upptag med 21 kg N/ha, vilket motsvarade 28 % av ammoniumkväveinnehållet. Eftersom det inte alltid är farbart tidigt på våren med tunga traktorekipage utrustade med flytgödselspridare, tvingas man ofta sprida lite väl sent i förhållande med rapsens tillväxtrytm, vilket förutom ammoniakavdunstning och denitrifikation av kväve kan vara en orsak till den låga merskörden.

Fånggrödan (rödklöver+rajgräs) och den stora mängden spontan vegetation (i ett led utan stubbearbetning och med sen plöjning) innehöll 30-40 kg N/ha vid provtagning under senhösten. Detta var tre och fyra gånger mer kväve än i den spontana vegetationen efter stubbearbetning respektive i höstvetebrodden på senhösten. I leden med den kraftigaste höstvegetationen minskade mineralkvävemängderna till ca 28 kg N/ha, vilket var omkring 50 % mindre på senhösten än i leden med höstvetete och tidig plöjning. Det fanns en tendens till större höstmineralisering efter flytgödseltillförseln till höstrapsen våren dessförinnan. Den uteblivna tidiga jordbearbetningen i leden med fånggröda och sen plöjning medverkade troligtvis till att hålla N-frigörelsen på en låg nivå, medan plöjning och harvning inför höstvetesådden, eller tidig stubbearbetning följt av sen plöjning, stimulerade N-mineraliseringen, med ökad N-utlakningsrisk som följd. Då det efter höstraps normalt återfinns mer mineralkväve i marken på hösten än efter stråsäd, är uppenbarligen fånggröda och senarelagd jordbearbetning viktiga åtgärder för att minska vinterns kväveförluster efter denna gröda.

Höstvetet avkastade i genomsnitt 3870 kg/ha (15 % vattenhalt) och vårvetet 3530-3790 kg/ha i de olika leden, vilket är förhållandevis bra skördar i jämförelse med officiell skördestatistik för ekologisk odling. Orsaken är troligen bl.a. god N-efterverkan av både klövergräsvallen och höstrapsen, med så mycket som 120-130 kg utnyttbart kväve från mark och förfruktsgrödor. Skörden av höst- och vårvetet påverkades dock inte av den flytgödsel som sprits till höstrapsen, och vårveteskorde ej heller av jordbearbetningen efter rapsskorde och av fånggrödan. Trots mindre min-N på senhösten genom fånggrödan och utebliven jordbearbetning fram till sen plöjning, och eventuellt större N-förluster över vintern i de övriga leden (med dubbelt så mycket min-N på senhösten), erhöles ingen tydlig efterverkan i form av större kväveinnehåll i vårvetet vid mognad och ej heller någon merskörd av detta i något av leden. En tendens till mer växttillgängligt kväve, som vårvetet kunde utnyttja, fanns dock efter fånggrödan.

Som framgätt blev skörden av höstvetet i genomsnitt lika stor som i medeltal för vårvetet, men proteinhalten var signifikant högre i vårvetet. Med ett pris för ekologisk vårvete som de senaste fem åren varit ca. 0,50 kr/kg högre än för höstvete blev det ekonomiska utbytet av vårvete efter höstraps bättre än med höstvete efter höstraps.

Inledning

Höstraps har blivit en allt viktigare gröda i ekologisk odling. Orsaken är bl.a. marknadens behov av ekologisk rapsolja, förbud i ekologisk mjölkproduktion mot användning av sådant kraftfoder, som erhållits som biprodukter vid hexanextraktion av olja ur frö, och krav på hemmaproducerat kraftfoder till ekologiska mjölkkor. För det senare tycks rapskakor vara ett gott alternativ till importerat kraftfoder (Johansson & Nadeau, 2006). Som komplement till fodersäd och ersättning för trindsäd kan rapskakor särskilt behövas i utfodringen på gårdar med lerjord, där örter lätt drabbas av ärtrottröta under våta somrar. Av dessa olika skäl är det angeläget att utveckla odlingen av ekologisk höstraps, bl.a. för att tillgodose dess N-försörjning och för att ta tillvara dess fördelar i växtföljden på bästa sätt.

Höstraps är en gröda som tar upp betydligt mer kväve på hösten än stråsäd (jmf. Engström et al., 2000) och i övrigt kräver god tillgång på kväve för att ge bra avkastning. Vallar är därför lämpliga som förgrödor, eftersom det efter vallbrott frigörs större N-mängder dels under hösten och dels under det efterföljande året. Klövergräsvallar, som utnyttjas för slåtter, brukar ge

en N-efterverkan på 30-40 kg N/ha (Lindén & Wallgren, 1993), men denna effekt kan behöva kompletteras genom att stallgödsel (flytgödsel) på gården tillförs rapsen på våren. På gårdar utan djurhållning kan istället gröngödslingsvallar bestående av klöver med eller utan gräsinslag användas, vilket enligt undersökningar redovisade av bl.a. Wivstad & Andersson (1991) och Torstensson (1998) tycks ge N-efterverkningar på i storleksordningen 50-80 kg N/ha eller rentav mer. Höstraps har i sin tur god inverkan på eftergrödan bl.a. genom sin kväveefterverkan, som i konventionell odling tycks uppgå till omkring 25 kg utnyttbart jord- och förfruktskväve per ha (Lindén & Engström, 2006), motsvarande 30-35 kg mineralgödselkväve per ha. Det finns bl.a. därför skäl till att odla en så pass värdefull gröda som höst- eller vårvete efter höstraps. Vidare synes det vara viktigt att på basis av den nu nämnda grödsekvensen vall – höstraps – vete utveckla odlingssystem som maximerar de positiva effekterna och därmed intäkterna av de ingående grödorna. Förutsättningarna i dessa avseenden är följande:

Slåttervall har främst ett värde ur fodersynpunkt, vilket måste avvägas mot dess efterverkan. Det kan då diskuteras, om man skall skörda vallen en eller två gånger, varefter återväxten plöjs ned, och då jämföra fodrets värde och slåttervallens efterverkan med effekten av en gröngödslingsgröda, där allt producerat växtmaterial påverkar efterverkan. Skall två vallskördar tas ut, är det viktigt att den andra skörden sker så pass tidigt att höstrapsen hinner sås i god tid och att utsädet genom regn grov bra. Eftersom kvävefrigörelsen snabbt ökar efter nedplöjning av klöverrika vallar, med tilltagande N-utlakningsrisk som följd (Nyberg & Lindén, 2000), är det också angeläget att undersöka, i vilken utsträckning det frigjorda kvävet tas upp av rapsen under hösten. Höstrapsen stora kvävebehov både på hösten och under året därpå gör det viktigt att beskriva, hur olika alternativ för utnyttjande av slätter- och gröngödslingsvallar bidrar till N-försörjningen. Detta belyser också behovet av en kompletterande stallgödselgiva (flytgödsel) till rapsen på våren.

Av tidigare undersökningar (Lindén & Engström, 2006) framgår, att det vid höstrapsens mognad finns mer kvarvarande mineralkväve i marken än vid stråsådesgrödors mognad. Under den efterföljande hösten fortsätter dessa kväveförråd att öka, med större N-utlakningsrisk efter höstraps än efter stråsås som följd. Stallgödseltillförsel på våren kan ytterligare öka denna risk genom tilltagande kvävemineralisering på hösten efter skörden (jmf. Lindén et al., 1998). Det gäller av dessa båda skäl att motverka N-förlusterna och att istället utnyttja kvävet på bästa sätt för den efterföljande grödans N-försörjning. Detta kan bl.a. tänkas ske genom odling av en mellangröda (klöver+rajgräs), som sås in i rapsen på våren. Genom klöverna fås ett extra kvävetillskott som kan utnyttjas av den följande grödan. Ett annat sätt kan vara att gynna spillrapsens groning och härigenom skapa ett växttäck som tar upp mineraliserat kväve efter rapsen. Vidare inverkar plöjningstidpunkten på kvävefrigörelsen i marken efter rapsen och risken för kväveförluster (Engström et al., 2006), genom att tidig plöjning (inför höstvete-sådd) stimulerar kvävefrigörelsen tidigare än plöjning sent på hösten, med sådd av vårvete nästa vår.

För att belysa hur de nämnda varianterna av ett ekologiskt odlingssystem med grödsekvensen 1) vall (slätter- eller gröngödslingsvall), 2) höstraps (med eller utan insådd mellangröda) och 3) vete (höst- eller vårvete) inverkar på kväveförsörjningen till grödorna och deras avkastning genomfördes år 2001-2006 fem treåriga fältförsök, där det **år 1** ingick slåttervall (med en och två skördar) och gröngödslingsvall samt sådd av höstraps efter vallbrott, **år 2** odling av höstraps med och utan tillförsel av nötflytgödsel på våren samt med och utan insådd av fånggröda samt **år 3** odling av höst- och vårvete (utan gödsling). Dessutom bestämdes grödornas kväveupptag och mineralkvävemängderna i marken (0-90 cm djup) vid olika tidpunkter bl.a. för att belysa kvävemineraliseringsförloppen och riskerna för kväveutlakningsförluster år 1 och 2.

Material och metoder

Fältförsök och utförande

De fem treåriga försöken anlades på befintliga ekologiska vallar, dels i Bohuslän (3 st.) och dels i Halland (2 st.), tabell 1. Försöksplanen framgår av tabell 2. Första årets gröda var en klövergräsvall som inte gödslades på våren eller under växtsäsongen. I fältförsöken undersöktes hur tre olika behandlingar av klövergräsvallen (led A, D, E: en skörd bortförd, led B: två skördar bortförda och led C, F, G: grüngödsling) påverkade kvävedynamiken i marken och skörden av efterföljande höstraps (år 2). Den senare grödan såddes under perioden 8/8 – 2/9 efter brytning av vallarna (15/7 – 25/8). Sorter och utsädesmängder framgår av tabell 3. Under år 3 undersöktes hur vallarna och höstrapsen efter olika behandlingar påverkade kväveförsörjning och avkastning vid odling av höst- och vårvete som efterföljande grödor (tabell 2).

Vid vallbrottet (år 1), som gjordes omedelbart efter andra skörd, stubbearbetades vallarna först med ett tallriksredskap innan de plöjdes. I led A, D och E, där växtmassan lämnades kvar på fältet vid tiden för andra vallskörden, hackades den för att underlätta plöjning och sådd av höstraps detta år. Samma gällde de rena grüngödslingsleden C, F och G.

Dessutom startades ytterligare fyra fältförsök, som dessvärre måste avbrytas efter det första året p.g.a. att höstrapsen kom upp mycket dåligt eller inte övervintrade tillräckligt jämnt. För dessa försök redovisas bara det första årets undersökningar. Dessa försök var belägna på lerjordar nära Forshem i Västergötland.

Tabell 1. Försöksplatser, jordarter (0-90 cm) och markkemiska egenskaper i matjorden (0-20 cm) på platserna för de fem försök som helt genomfördes.

Försöksplatser	År	Jordart på olika markdjup (cm)	pH (H ₂ O)	mg/100 g lufttorr jord		
				P-AL	K-AL	Mg-AL
1. Dingle, Bohuslän	2001-2003	0-30: mmh ML 30-60: mf ML 60-90: mf SL	6,4	3,3	11	48
2. Dingle, Bohuslän	2002-2004	0-30: nmh ML 30-60: mf MSL 60-90: mf SL	6,2	5,4	17	50
3. Dingle, Bohuslän	2003-2005	0-30: nmh mj LL 30-60: mf SL 60-90: mf SL	6,3	4,6	10	11,1
4. Slätteberg, Halland	2003-2005	0-30: mmh l Sa 30-60: mf Sa 60-90: mf Sa	6,4	5,4	10	9,9
5. Munkagårds-skolan, Halland	2004-2006	mr LL	6,4	8,1	4,5	17

Fältförsöken anlades enligt en criss-crossplan med tre block där de tre olika vallbehandlingarna, slumpmässigt fördelade på 7 led A-G, lades ut som storrutor (6 m x 33 m). En skyddsruta anlades mellan de led som skulle sås med höstvet (A, B och C) och vårvete (led D, E, F och G) efter höstrapsen.

På våren år 2 delades varje storruta i två delar (slumpmässigt fördelade), med och utan flytgödsel till höstrapsen: 0 kg N/ha (0N) och 75 kg N/ha (75N) som ammoniumkväve i nötflytgödsel. Denna spreds under perioden 9/4 – 29/4 med släpslangsteknik (tabell 3). Totalt ingick genom denna uppdelning 14 olika försöksled.

Fånggröda (3 kg/ha diploid rödklöver och 4 kg/ha engelskt rajgräs per ha) såddes in i höstrapsen på våren genombredsridning under perioden 19/4 – 12/5 i två av de fyra led som besåddes med vårvete år 3 (E och G, se tabell 2) för att minska N-utlakningsrisken under hösten efter höstrapskörden. I den ”avdelning” i försöket där höstrapsen följdes av höstvete (led A, B och C) fick marken ligga obearbetad minst tre veckor efter rapsskörden (29/7 – 30/8), varefter den stubbearbetades (19/8 - 21/9) för att stimulera spillraps att gro och sedan plöjdes (4/9 – 30/9) inför höstvetesådden (12/9 – 30/9).

I den andra avdelningen i försöket såddes vårvete efter höstrapsen (led D, E, F och G). En grundtanke var att i dessa led jämföra spillrapsens N-upptagningsförmåga (i led D och F) med fånggrödans (led E och G). Marken låg obearbetad till senhösten i led D, varefter den höst- eller vårplöjdes. I led F gjordes en grund jordbearbetning ca tre veckor efter skörd samt en normal stubbearbetning efter ytterligare tre veckor. Den första bearbetningen syftade till att stimulera spillrapsens groning, så att denna skulle bilda en så bra fånggröda som möjligt. Vidare var syftet att störa förekommande kvickrot i viss mån. Leden med vårvete höstplöjdes i två försök (25/10 och 28/12) och vårplöjdes i tre (14/4, 19/4 och 24/4).

År 3 studerades som nämnts inverkan på höst- och vårvetet av de båda föregående årens odlingsåtgärder (vall år 1, höstraps år 2, med och utan flytgödsel och med olika jordbearbetningar efter rapsskörden, i vissa led fånggröda m.m.). För att undersöka detta renodlat tillfördes inte någon gödsel av något slag år 3. Därmed kom grödan att enbart försörjas med kväve som härstammade från marken och från förfrukterna, inkl. fånggrödorna.

Storleken av de kvävemängder som höstrapsen samt höst- och vårvetet tagit upp i relation till behandlingarna i de olika leden undersöktes genom provtagning av dessa grödor genom avklippning vid markytan och bestämning av kväveinnehållet vid fullmognad. I höstrapsens gjordes denna provtagning i stadium 80 och i vetegrödorna vid fullmognad, stadium DC 91-92 (Zadok et al., 1974). Provtagnings tekniken beskrivs nedan. Härtill fastställdes frö- och kärnskördarna genom försöksmässig skördetröskning.

Tabell 2. Försöksplan år 1-3

Led	År 1. Vallår – förfruktsår	År 2. Höstraps	År 3. Vår/höstvete
<i>Avdelning med höstvete efter höstrapsen</i>			
A	Vall, första skörd tas tillvara, återväxten nedbrukas vid vallbrott	Höstraps med och utan flytgödsel <i>Efter skörden bearbetas marken efter minst tre veckor</i> <i>Plöjning inför sådden av höstvete</i>	Höstvete <i>Utan N-gödsling</i>
B	Vall, första och andra skörd tas tillvara	Höstraps med och utan flytgödsel <i>Efter skörden bearbetas marken efter minst tre veckor</i> <i>Plöjning inför sådden av höstvete</i>	Höstvete <i>Utan N-gödsling</i>
C	Vall till gröngödsling, en avslagning i samband med första skörden	Höstraps med och utan flytgödsel <i>Efter skörden bearbetas marken efter minst tre veckor</i> <i>Plöjning inför sådden av höstvete</i>	Höstvete <i>Utan N-gödsling</i>

<i>Avdelning med vårvete efter höstrapsen. Fånggröda och senhöstplöjning</i>			
D	Vall, första skörd tas tillvara, återväxten nedbrukas vid vallbrott	Höstraps med och utan flytgödsel <i>Ingen stubbearbetning</i> <i>Plöjning på senhösten eller våren</i> <i>Utan fånggröda efter rapsen</i>	Vårvete <i>Utan N-gödsling</i>
E	Vall, första skörd tas tillvara, återväxten nedbrukas vid vallbrott	Höstraps med och utan flytgödsel <i>Ingen stubbearbetning</i> <i>Plöjning på senhösten eller våren</i> <i>Insådd fånggröda</i>	Vårvete <i>Utan N-gödsling</i>
F	Vall till grüngödsling, en avslagning i samband med första skörden	Höstraps med och utan flytgödsel <i>Två stubbearbetningstillfällen</i> <i>Plöjning på senhösten eller våren</i> <i>Utan fånggröda efter rapsen</i>	Vårvete <i>Utan N-gödsling</i>
G	Vall till grüngödsling, en avslagning i samband med första skörden	Höstraps med och utan flytgödsel <i>Ingen stubbearbetning</i> <i>Plöjning på senhösten eller våren</i> <i>Insådd fånggröda</i>	Vårvete <i>Utan N-gödsling</i>

Tabell 3. Försöksplatser och försöksår. Vallålder och proportionerna klöver och gräs vid första och andra skördetillfället (i juni respektive i juli-augusti). Höstrapsort och utsädesmängd vid sådd. Mängd NH₄-N tillförd med nötflytgödsel till höstrapsen och spridningsdatum. Sort av höst- och vårvete.

Försöksplatser	Försöksår	Vall- ålder år	Förhållan- de klö- ver/gräs i juni % av ts	Förhållande klöver/gräs i juli % av ts	Höstraps, sort (utsädes- mängd)	Flytgödsel- spridning NH ₄ -N, kg/ha (datum)	Höst/vårvete, sort
1. Dingle**	2001-2003	2	41/59	81/19	Celsius (8 kg/ha)	76 (25/4)	Stava/Dacke
2. Dingle	2002-2004	3	22/78	57/43	Celsius (8 kg/ha)	64 (9/4)	Stava/Dacke
3. Dingle**	2003-2005	1	89/11	83/17	Celsius (7,5 kg/ha)	69 (19/4)	Dacke*/Dacke
4. Slätteberg	2003-2005	2	31/69	32/59	Capitol (3,8 kg/ha)	80 (14/4)	Kosack/Triso
5. Munkagårds- skolan**	2004-2006	1	29/71	28/72	Banjo (2,8 kg/ha)	79 (29/4)	Triso*/Triso

*) Vårvete sått efter att höstvetet utvintrat. **) Vårplöjning gjordes till vårvetet.

Bestämning av valltillväxt samt provtagning och analys av vallgröda

Vid vallskördarna bestämdes avkastningen rutvis i alla led (även grüngödsledsleden) med vallskördemaskin i ett mittstråk (minst 12 m² skördeyta) i var och en av de drygt 30 m långa rutorna. Stubbhöjden rekommenderades att vara 5-6 cm i alla försök. Första vallskörden utfördes i juni (3/6 - 23/6) och andra skörd ca. 6 veckor därefter (17/7 - 20/8). I grüngödsledsleden (C, F och G) bestämdes som framgått grönmasseproduktionen vid tidpunkten för skörd 1 och 2 med vallskördemaskin, men växtmaterialet lämnades sedan kvar på marken. I led A, D och E med slättervall som skördats en gång mättes tillväxten också vid skörd 2, men efter avslagning lämnades återväxten likaså kvar på marken, varefter växtmaterialet plöjdes ned i jorden vid vallbrottet.

I samband med vallskördarna togs från varje ruta ett representativt prov om ca. 1 kg (bestående av 10 delprover). Proverna torkades vid 105°C i minst ett dygn för bestämning av ts-halt. I samband med första vallskörden uttogs blockvisa generalprov av grödan omfattande 15 del-

prov jämnt fördelade på alla leden i varje block för bestämning av totalkväveinnehållet. Denna hopslagning gjordes av besparingskäl, eftersom alla led hade samma behandling fram till den första skörden. Vid andra vallskörden uttogs istället prover behandlingsvis (en skörd, två skördar och grüngödsling) bestående av 15 delprov jämnt fördelade på de ingående leden och rutorna i "behandlingen". Vid både första och andra skörd togs efter blandning av delproverna ett representativt prov på 0,5 kg ut för torkning vid 60°C, och därefter utfördes totalkväveanalys med en Leco CNS 2000 (Leco, St. Joseph, Michigan, USA) vid Avdelningen för växtnärlära, Institutionen för markvetenskap, Uppsala. I avslaget material och stubb utfördes även bestämning av totalkolinnehållet med denna utrustning för beräkning av C/N-kvoten.

För botanisk analys togs i samband med första och andra skördarna delprov ut på samma sätt som för totalkväveanalys. Proverna sorterades i de båda grupperna klöver och gräs, varefter dessa fraktioner torkades vid 60°C och mängden ts bestämdes. Andelen klöver och gräs beräknades i % av ts.

Skörd av höstraps samt provtagning och analys av höstraps och fånggröda

Höstrapsen provtogs behandlingsvis på senhösten (5/11-7/12), när tillväxten upphört. Dessutom togs prov av höstrapsen (allt växtmaterial ovan jord) vid begynnande mognad, stadium 80 enligt BBCH-skalan (Lancashire et al., 1991), då grödans N-upptagning kan anses ha avslutats. Denna provtagning utfördes rutvis i alla led utan flytgödseltillförsel för bestämning av grödans totalkväveinnehåll, vilket här kan anses vara ett uttryck för mängden utnyttjat, växttillgängligt kväve i marken. Samtidigt utfördes provtagning av fånggrödan rutvis i led E och G, med uppdelning på del-led med och utan flytgödsel. Provtagning av fånggröda (led E och G) och av spontan växtlighet (spillraps, ogräs, vitklöver m.m.) som förekom i övriga led (D och F), där vårvete skulle sås, gjordes rutvis på senhösten (11/10 – 7/12) efter rapsskörden.

Grödproverna klipptes vid markytan i varje ruta inom tre slumpmässigt fördelade rektangulära ytor, vardera 0,25 m². Proverna torkades vid 60 °C, och ts-mängder och totalkväve bestämdes i höstrapsens frö och halm samt i fånggrödeproven genom elementalanalys enligt Dumas utförd med en Leco CNS 2000 (Leco, St. Joseph, Michigan, USA).

Skörden av höstraps mättes i varje ruta genom att en yta på 30 m² tröskades. Ett fröprov på 1000 g togs samtidigt ut ledvis för bestämning av vattenhalt, renhet, totalkväve och oljehalt. Halmskörden (kg ts/ha) och dess N-innehåll (kg N/ha) uppskattades genom att använda förhållandet kg ts frö/kg ts halm och respektive N-koncentration enligt resultat från grödprovtagningen och sedan beräkna mängden halm i förhållande till den skördade mängden frö.

Provtagning, skörd och analys av höst- och vårvete

På senhösten efter rapsskörden provtogs den uppkomna höstvetegrödan rutvis samtidigt med fånggrödan och på samma sätt för bestämning av tillväxt och totalkväveinnehåll. Dessutom provtogs höst- och vårvetet vid fullmognad (stadium 91-92 i respektive gröda) rutvis i alla 14 leden (med och utan flytgödsel) för bestämning av kväveupptaget. Detta kväve kan anses utgöras av växttillgängligt kväve i marken som grödan utnyttjat.

Vid dessa provtagningar klipptes plantorna av vid markytan inom tre slumpmässigt fördelade rektangulära ytor, om vardera 0,25 m², i varje ruta. Proverna torkades vid 60 °C, varefter ts-mängder och totalkväve bestämdes (med elementalanalys enligt Dumas på samma sätt som ovan).

Avkastningen av höst- och vårvetet bestämdes rutvis genom försöksmässig skördetröskning i alla 14 leden (25 m² per ruta). Prov av vetekärna (1000 g) togs ut ledvis omedelbart efter tröskning och vägning. Analys gjordes på tröskad kärna med avseende på vattenhalt, avrens och totalkväve i kärnan (NIT-N-analys, % av ts). Halmskörden (kg ts/ha) och dess N-innehåll (kg N/ha) uppskattades genom att använda förhållandet kg ts frö/kg ts halm och respektive N-koncentration enligt resultat från grödprovtagningen och sedan beräkna mängden halm i relation till den skördade mängden frö.

Jordprovtagningar och analyser

I samband med utläggningen av försöken (år 1) uttogs ett generalprov i matjorden (0-20 cm), bestående av 20 borrhstick, för markkarteringsanalyser (pH samt P-AL, K-AL och Mg-AL enligt Egnér et al., 1960). För undersökning av jordartssammansättningen utnyttjades delprover från kväveprofilprovtagningar (se nedan). Jordartsbestämningen gjordes enligt en metod beskriven av Nilsson (1975). Denna bygger på bestämning av glödgningsförlust (efter glödning vid 550-600 grader) och hygroskopicitet, dvs. vattenuptagande förmåga. Med hjälp av dessa värden beräknades mullhalt och lerhalt. Mängden sand och grovmo bestämdes genom siktning. Resten av provet vid analysen utgörs av mjåla och finmo.

För att belysa kvävemineraliseringen efter vallen (med tre behandlingar) och vallbrottet och dess inverkan på höstrapsens kväveförsörjning gjordes kväveprofilprovtagningar (0-90 cm djup) ”behandlingsvis” vid vallbrottet, på senhösten efter höstrapsådden och tidigt på våren därefter samt ledvis (led A-G med uppdelning på del-led med och utan stallgödsel) vid rap-sens mognad (stadium 80 enligt BBCH-skalan) samtidigt med grödprovtagningen. För att studera hur kvävemineraliseringen påverkades av de olika jordbearbetningarna efter skörd av höstrapsen togs jordprover (0-90 cm) ledvis på senhösten samtidigt som prover togs av fång-gröda och höstvete.

Mineralkväveprovtagningen utfördes med 8 borrhstick per ruta (dvs. 24 per led) i matjorden (0-30 cm), 4 borrhstick per ruta (12 per led) i skiktet 30-60 cm och 4 borrhstick per ruta (12 per led) på 60-90 cm djup. Jordproverna förvarades kallt under arbetet och lagrades sedan djup-frysta innan de analyserades med avseende på nitrat- och ammoniumkväve. Jordproverna ho-mogeniserades genom frysmalning. De extraherades med 2 M KCl i jord-vätskeförhållandet 1:2,5 (Bremner & Keeney, 1966), varefter ammonium- och nitratkväve bestämdes med en autoanalyser (TRAACS 800, metod ST9002-NH₄-D och ST9002-NO₃-D). Analysvärdena omräknades skiktvis till kilogram per ha med beaktande av aktuella vattenhalter och under antagande att volymvikten i matjorden (0-20 cm) var 1,25 kg/dm³ och 1,50 kg/dm³ i skikten därunder

Flytgödselanalyser

I god tid före flytgödseltillförseln till höstrapsen på våren togs prov av den flytgödsel, som sedan användes, för bestämning av ammoniumkväve. Under den pågående flytgödselsprid-ningen togs ytterligare ett prov ut, så att det faktiska innehållet i den tillförda gödseln kunde bestämmas.

Statistik och beräkningar

Resultaten bearbetades med hjälp av funktionen ANOVA, GLM-analys (MINITAB, version 15), där plats (medeltal för alla försöken) och block (i varje enskilt försök) var en slumpmässig faktor.

För beräkning av totalt N-innehåll i rapsgrödan vid mognad ($N_{\text{växt}}$) antogs att rapsens rötter innehöll 5 % av totalmängden kväve i icke gödslad höstraps (jmf. Razoux Schultz, 1972) och att kväveinnehållet i vår- och höstvetets rötter uppgick till 25 % av kvävemängden i hela grödan (Hansson et al., 1987). N-innehållet i vallens rotsystem uppskattades däremot inte.

Nettomineraliseringen av kväve under växtsäsongen (N_{net}) beräknades enligt följande formel (Lindén et al., 1992):

$$N_{\text{net}} = N_{\text{växt}} + N_{\text{mm}} - N_{\text{mv}}$$

där N_{net} = Beräknad nettomineralisering av kväve under växtperioden (tidig vår - mognad)

$N_{\text{växt}}$ = Kväveinnehåll i grödan i ögödsled vid mognad, inklusive rötter (= utnyttjbart jord-N under växtsäsongen)

N_{mm} = Mineralkväve i marken (0-90 cm) vid mognad

N_{mv} = Mineralkväve i marken (0-90 cm) tidigt på våren

Resultat och diskussion

Nederbörd

På Dingle var nederbörden under det normala försöksåren 2001, 2003 och 2005. År 2002 blev det januari, februari, juni och juli som var nederbördsrika (> 20 mm mer än normalt) och 2004 var det augusti, september och oktober. På Munkagårdsskolan var årsnederbörden över det normala 2004 och 2006. År 2004 hade juni, juli, augusti, oktober och november hög nederbörd och 2006 var det augusti.

Tabell 4. Nederbörd (mm) vid Dingle naturbruksgymnasium, Bohuslän och vid Munkagårdsskolan, SMHI:s station i Varberg, Halland.

	Jan	Feb	Mar	Apr	Maj	Jun	Jul	Aug	Sept	Okt	Nov	Dec	Årsnederbörd
Dingle:													
2001	83	48	49	22	67	43	88	105	60	134	30	44	773
2002	151	151	50	41	46	175	134	79	45	105	-	-	978
2003	62	52	31	91	49	94	115	35	17	49	97	95	784
2004	57	34	40	35	34	69	84	107	172	135	68	72	906
2005	109	27	32	21	54	58	47	70	-	197	109	60	783
1961-1990*	74	51	61	46	54	68	77	80	94	111	107	77	900
Munkagårdsskolan:													
2003	60	24	12	88	82	65	88	51	19	65	102	86	742
2004	87	40	60	25	24	91	148	121	84	102	103	84	969
2005	92	46	36	16	54	53	72	52	41	84	83	53	682
2006	43	63	54	65	53	59	75	144	56	165	121	171	1069
1961-1990*	61	36	47	40	46	58	72	80	79	79	74	68	740

*) Referensnormalvärden för nederbörd perioden 1961-1990 vid näraliggande meteorologiska stationer för Dingle (SMHI:s station Dingle) och vid Munkagårdsskolan (SMHI:s station Varberg). Källa: Alexandersson & Egertson Karlström (2001).

Vallskördar

Tillväxten av vallgrödan påverkades inte av de tre olika behandlingarna eftersom vallens totala produktion av grönmassa var lika vid båda skördetillfällena (Tabell 5, Bilaga 1). Störst vallskörd totalt erhöles i försök 3 och 5 med ettåriga vallar, 9550-10940 kg ts/ha medan de övriga försöken, med två- och treåriga vallar, avkastade totalt 4570-7850 kg ts/ha (Bilaga 1). Den botaniska analysen (Tabell 3) visade att de två försöken på lättare jordar i Halland (försök 4 och 5) hade en mindre andel klöver än gräs (28 och 32 %) medan försöken i Dingle, Bohuslän, med lerjordar hade en större andel klöver än gräs (57-83 %). Olika antal skördar av vallarna i de tre leden innebar att olika mängd grönmassa och kväve plöjdes ned vid vallbrottet. I ledet med grüngödslingsvall plöjdes den största mängden kväve (i form av ovanjordisk vallgröda) ned om man räknar med mängden gröda som putsades av vid första skörden förutom andraskörden, i medeltal 200 kg N/ha (med stubb). Där första vallskörden bortfördes men inte den andra plöjdes hälften så mycket kväve ned, 95 kg N/ha, som med grüngödslingsvallen och där båda skördarna fördes bort plöjdes bara stubben ner, 18 kg N/ha, och minsta mängden kväve (Tabell 5). Mängden N i rötterna uppskattades inte i dessa försök men eftersom vallarna producerade lika i de tre behandlingarna kan man anta att deras rotsystem också varit likartade mellan leden.

Störst valltillväxt totalt för skörd 1 och 2 erhöles i försök 3 och 5 (vid Dingle respektive Munkagårdskolan) med ettåriga vallar, 9550-10940 kg ts/ha, medan de övriga försöken, med två- och treåriga vallar, avkastade totalt 4570-7850 kg ts/ha (bilaga 1). Detta är i överensstämmelse med den lägre skördeutvecklingen med tilltagande vallålder. I de fyra försöken i norra Västergötland, som måst läggas ned efter år 1, blev den samlade tillväxten (två skördetillfällen) i medeltal omkring 9000 kg ts/ha. De nämnda tillväxtnivåerna uppnåddes i alla försök utan någon gödsling under året i fråga. Detta är dubbelt så mycket som för ekologiskt odlad vall 2003-2005 i Götalands mellanbygder och Götalands norra slättbygder enligt Jordbruksstatistisk årsbok (www.jordbruksverket.se).

Den botaniska analysen (tabell 3) visade att de två försöken på lättare jordar i Halland (försök 4 och 5) hade mindre andel klöver än gräs (28 och 32 %), medan försöken vid Dingle i Bohuslän, med lerjordar, hade större andel klöver än gräs (57-83 %).

Förstaskörden blev i allmänhet något större än andraskörden. De tre olika vallbehandlingarna inverkade dock inte på återväxtens storlek (tabell 5, bilaga 1). Den samlade tillväxten av vallgrödan påverkades därför inte av, om den första skörden togs bort eller om det avslagna materialet fick ligga kvar på marken. Man kunde ha förväntat sig mindre återväxt, där förstaskörden förts bort (led A, B, D och E), än i de rena grüngödslingsleden C, F och G. En förklaring kan vara att det avslagna växtmaterialet i grüngödslingsleden delvis täckte marken och därmed i viss mån hämmade återväxten.

Vid den första skördetidpunkten innehöll vallgrödan ca 80 kg N/ha som medeltal för de fem helt genomförda försöken (tabell 5, bilaga 1), oräknat stubb. Samma genomsnittsmängd erhöles i tre av de sedermera nedlagda försöken i norra Västergötland. Vid putsning av vallen i de rena grüngödslingsleden (C, F och G) kvarlämnades med det avslagna växtmaterialet vid förstaskörden i medeltal 79 kg N/ha (89 kg N/ha som medeltal för alla åtta försöken), förutom stubb. Vid andraskörden fanns också drygt 80 kg N/ha i grönmassan, dock mer än 100 kg N/ha i försöken i norra Västergötland. Summeras N-innehållet i växtmassan vid första och andra skörd fås oräknat stubb en kvävemängd på 163 kg N/ha som förts bort i det behandlingsled (B) där två skördar togs (tabell 5). Praktiskt taget samma totala kväveproduktion

uppnåddes i de andra behandlingsleden, även inräknat försöken i norra Västergötland. Till detta kommer kväve i stubb, i storleksordningen 10-30 kg N/ha.

Olika antal skördar av vallarna i de tre behandlingsleden innebar att olika mängder grönmassa och kväve plöjdes ned vid vallbrottet (tabell 5). I leden med ren grüngödslingsvall (C, F och G) plöjdes den största mängden kväve (i form av ovanjordisk vallgröda) ned, om man summerar mängderna gröda som putsades av vid första och andra skördetidpunkten. Inkl. stubb skulle härvid i medeltal 200 kg N/ha ha brukats ned i marken i detta led i de fem helt genomförda försöken, men efter den första avslagningen måste en del därav ha frigjorts vid växtmateriallets nedbrytning och sedan delvis utnyttjats av grödan för vallåterväxten. I led A, D och E där bara första vallskörden bortfördes (men inte den andra) plöjdes 95 kg N/ha ned, vilket således var hälften så mycket kväve, som med grüngödslingsvallen. Där båda skördarna fördes bort (led A, D och E) brukades bara stubben ner och därmed den minsta mängden kväve: 18 kg N/ha (tabell 5). Mängden N i vallväxternas rötter uppskattades inte i dessa försök, men eftersom vallarna producerade lika i de tre behandlingarna, kan man anta att inte heller deras rotsystem påverkats i större utsträckning.

Tabell 5. Vallens produktion i de olika behandlingsleden vid tiden för första och andra skörd (medeltal för de fem helt genomförda försöken) samt beräknad mängd vallgröda och stubb som plöjts ned vid vallbrott. Med vallgröda avses här skördat eller avslaget växtmaterial, exkl. stubb.

Led	Behandling av vallen	Medelskörd, n = 5						
		1:a skörd		2:a skörd		Nedbrukat vid vallbrott		
		kg ts/ha	kg N/ha	kg ts/ha	kg N/ha	Vallgröda kg ts/ha	Vallgröda kg N/ha	Stubb vid 2:a skörd kg N/ha
A, D, E	Första skörden bortförs. Återväxten plöjs ned	4150	83	3310	79	3310	79	16
B	Första och andra skörden bortförs.	4080	82	3390	81			18
C, F, G	Grüngödsling (avslag- ning vid tidpunkten för första skörden, återväx- ten kvar och plöjs ner)	4180	85	3380	85	7560	170	30

Vallgrödan hade i samband med förstaskörden en genomsnittlig kol-kvävekquot på 21 (minsta värde: 13, högsta värde: 28, värdena ej angivna i tabellform). Vid den andra skörden erhöles i medeltal en C/N-kvot på 20 (min. 15, max. 33). För stubben blev medelvärdet 30 vid andra skörden (min. 22, max. 47). Den avslagna grönmassan, som blev liggande kvar på marken, måste med hänsyn till de låga C/N-kvoterna snabbt ha brutits ned, med kvävefrigörelse inom en kort tid som följd. Detta antagande gäller ej stubben som var kvävefattigare och mer vedartad. Kol-kvävekquoter under 20-25 anses medföra snar nettomineralisering av kväve (Persson, 2003).

Mineralkväve i marken vid vallbrott och senhösten samt kväveupptag i höstraps

Vid tidpunkten för vallbrottet fanns i de helt genomförda försöken (utom försök 5 på Munkagårdskolan) i medeltal 35 kg min-N per ha inom 0-90 cm djup (n = 4), se tabell 6 och bilaga 2, utan tydligare skillnader mellan vallbehandlingarna (p = 0,28). Denna mängd är något mer

än vad man kan förvänta sig vid odling av vall. Där brukar det inte finnas mer än 20-30 kg mineralkväve per ha, vilket är mindre än efter stråsåd (jmf. bl.a. Lindén & Wallgren, 1993). I de fyra försök i norra Västergötland, som måste läggas ned p.g.a. av dålig uppkomst hos höstrapsen, blev emellertid mineralkvävemängderna mindre vid vallbrottet, i medeltal 20 kg N/ha. Som ett medeltal för alla försök (utom nr 5 på Munkagårdsskolan) erhöles 28 kg min-N per ha (n = 8), utan egentliga skillnader till följd av vallbehandlingarna (p = 0,51), se tabell 6.

Efter vallbrottet måste emellertid jämförelsevis stora kvävemängder ha frigjorts i marken, vilket de ganska låga C/N-kvoterna (se ovan) också tyder på. Det uppkom dock i allmänhet ingen påtaglig ökning av mineralkväveförråden fram till senhösten i de försök där höstrapsen utvecklats bra eller tillfredsställande under hösten (tabell 6 och bilaga 2). Den större anhopningen av mineraliserat kväve i marken till följd av vallbrottet togs i en del av försöken väl tillvara av den sådda höstrapsen. Min-N minskade under hösten med i medeltal 16 kg N/ha i de tre försöken vid Dingle till bara ca 20 kg min-N per ha (bilaga 2), vilket måste ha begränsat förlusterna av kväve under vintern. Mängderna ökade dock med 56-102 kg N/ha från vallbrott till senhöst i försök 4 (Slätteberg i Halland, se bilaga 2). Ökningen i försök 4 uppkom trots att rapsgrödan hade tagit upp 39-63 kg N/ha. Detta måste bero på stor kväveminereringsförmåga i denna jord. Mineralkväveförråden blev därför mycket stora på hösten, med ökad risk för utlakning som följd. Stora min-N-mängder fastställdes på senhösten även i försök 5 på Munkagårdsskolan i Halland (bilaga 2), här troligen beroende på att rapsgrödan blev mycket tunn. I försök 5 försvårades sådden p.g.a. nederbörden, som var mycket stor under augusti (tabell 4), vilket troligtvis bidrog till detdåliga beståndet, som dessutom innehöll mycket tistel redan på senhösten. Den fortsatt höga nederbörden under hösten i kombination med den tunna rapsgrödan kan ha orsakat ökad N-utlakning på denna plats. .

Mineralkväveförråden ökade kraftigt under hösten även i de fyra försök på lerjordar i norra Västergötland, där rapsådden misslyckades p.g.a. att det var för torrt i marken för att rapsfröet skulle gro väl. Det mineraliserade kvävet förblev således närmast helt outnyttjat under hösten, och min-N ökade i dessa försök med ca 70 kg N/ha från vallbrott (i medeltal 20 kg N/ha) till i medeltal 89 kg N/ha på senhösten (bilaga 2, tabell 6). Torkans verkan blev särskilt påtaglig, genom att vallen tidigare tömt marken på vatten. Slutsatsen av detta är, att man bör bryta vallen så tidigt som möjligt, så att det blir större chans att nederbörd hinner fukta upp jorden inför höstrapsådden. Dessutom gjordes andraskörden sent på de fält där dessa fyra försök var belägna, vilket försenade sådden av höstrapsen. Det kan därför i praktiken bli nödvändigt att ta hand om andraskörden tidigare och då avstå från en viss skördeökning för att istället gynna etableringen av höstrapsen.

Det måste i dessa fyra försök, där höstrapsens uppkomst misslyckades, ha varit risk för att en del av det frigjorda vallkvävet gick förlorat under den efterföljande vintern. Den stora anhopningen av mineralkväve på hösten efter klövergräsvall i dessa försök (89 kg N/ha) å den ena sidan och de små kvarvarande förråden i försöken vid Dingle å den andra, där rapsen utvecklats väl på hösten (ca 20 kg N/ha), kan jämföras med de mängder som vanligen ansamlas under hösten efter stråsåd: 40-60 kg N/ha (Lindén, 1987).

På senhösten innehöll höstrapsens ovanjordiska delar i genomsnitt 47 kg N/ha i de försök som helt genomfördes (n = 4, se tabell 6 och bilaga 2). Som mest tog höstrapsen upp i storleksordningen 70 kg N/ha (i försök 1 på Dingle) och som minst ca 10 kg N/ha (försök 5 på Munkagårdsskolan). Dessa skillnader tillsammans med de stora mineralkvävemängderna på senhösten i de försök där höstrapsen grodde dåligt (ca 90 kg N/ha) visar betydelsen av att denna gröda etableras bra, dels för bästa möjliga kväveutnyttjande och minsta N-förluster och dels för

bra hösttillväxt som grund för skördeutvecklingen. Som jämförelse kan nämnas försök i konventionell odling (Engström et al., 2000), som visat att höstraps har förmåga att ta upp betydligt mer än 100 kg N/ha under hösten. Om höstrapsen utvecklas väl på hösten, är denna gröda uppenbarligen det enda höstsådda växtslag som har kapacitet att ta tillvara de stora kvävemängder som kan frigöras efter nedplöjning av klövergräsvallar. Höststråså har sämre förmåga i detta avseende och måste bestocka sig under hösten för att ta upp omkring 20 kg N/ha eller mer (Lindén et al., 2000)

I medeltal för de fem fullt genomförda försöken hade de olika vallbehandlingarna, där olika stora mängder kväve plöjts ner i form av vallgröda och/eller vallstubb, ingen effekt på mängden mineralkväve vid vallbrott, på senhösten, tidig vår eller vid skörd av höstrapsen (tabell 6 och bilaga 2). Ändå plöjdes det efter den rena grüngödslingsvallen ned i storleksordningen 200 kg N/ha i växtmaterial vid vallbrottet, vilket i sin tur var drygt 100 kg N/ha mer än efter slättervall med en skörd och ca 180 kg N/ha mer än där två vallskördar tagits. Ej heller fanns det någon skillnad mellan vallbehandlingarna i höstrapsens kväveinnehåll på senhösten. Detta tyder på att kväveförsörjningen under hösten varit lika oavsett behandling av vallen och därmed oavsett mängden vallgröda (ovanjordiska växtdelar) som plöjdes ned vid vallbrottet. I de två försöken i Halland blev däremot mängden min-N vid vallbrottet (försök 5) och på senhösten (försök 4 och 5) något större efter grüngödslingsvall än efter slättervall som skördats en eller två gånger. Orsaken kan vara att båda dessa försök låg på lättare jord än övriga försök, där kvävemineraliseringen i marken generellt sker snabbare och därmed troligen även omsättningen av kvävet i nedplöjt organiskt material, t.ex. från putsad grüngödslingsvall och nedplöjd vallgröda.

Tabell 6. Mineralkväve i marken, (min-N, 0-90 cm) vid vallbrott och på senhösten år 1 samt tidigt på våren och vid höstrapsens mognad år 2. N-innehåll i rapsgrödans blast på senhösten efter vallbrott. Medeltal för de fem försök som helt genomfördes. Härtill ingår data med avseende på mineralkväve i marken vid vallbrottet och på senhösten i de fyra försök i norra Västergötland som lades ned efter det första året.

Led	Behandling av vallen	Min-N vid vallbrott*	Min-N efter sådd av raps som grott bra	N-innehåll i rapsgröda	Min-N (efter sådd av raps som ej grott)**	Min-N	Min-N		
		kg N/ha	senhöst kg N/ha	senhöst kg N/ha	senhöst kg N/ha	vår kg N/ha	vid rapsens mognad* kg N/ha	kg N/ha	
							<i>Utan flytg.</i>	<i>Medflytg.</i>	
A, D, E	En skörd	38	43	45	89	49	32	35	
B	Två skördar	34	50	45	92	50	36	37	
C, F, G	Grüngödsling	34	55	50	86	47	34	37	
<i>P =</i>		<i>0,28</i>	<i>0,32</i>	<i>0,95</i>		<i>0,84</i>		<i>0,15</i>	
	Medeltal:	35	49	47	89	49	34	36	
Med och utan flytgödsel									
<i>P =</i>								<i>0,33</i>	
Inkl. de nedlagda fyra försöken**									
	En skörd	29							
	Två skördar	27							
	Grüngödsling	29							
	Medeltal:	28							

*) Data från 4 försök. **) fyra försök där etableringen av höstrapsen misslyckades p.g.a. torka efter sådden.

Fröskörd av höstraps

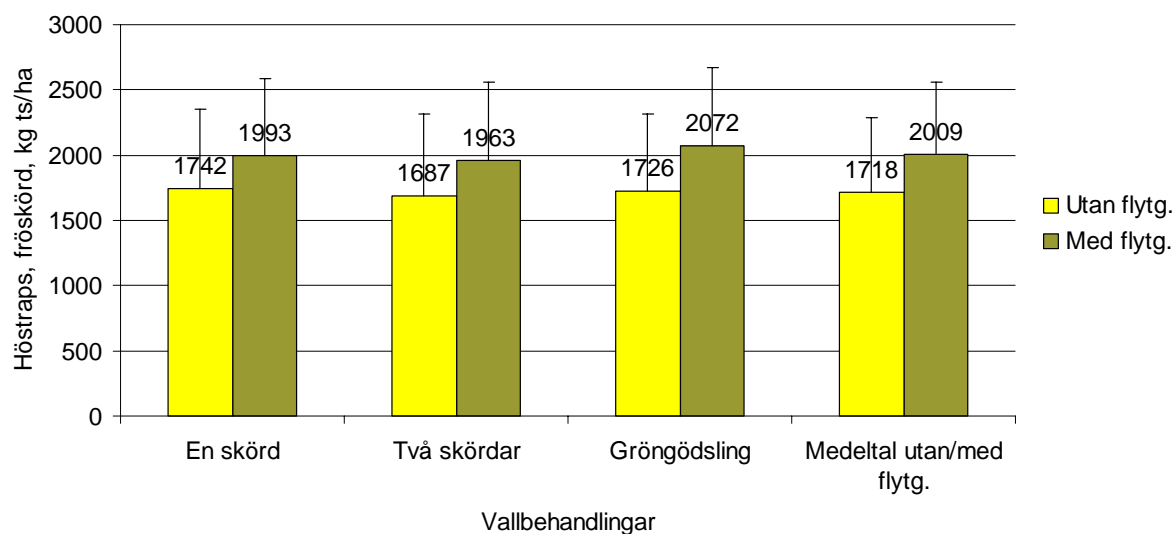
Avkastningen var relativt låg i alla försöken, i medeltal 1860 kg ts/ha med standardavvikelsen 750 kg ts/ha och en variation i fröskörd från 750 till 2760 kg ts/ha (figur 1 och tabell 7). Fröskördarna vid konventionell odling av höstraps blev i västra Sverige 2002-2006 i medeltal 3400 kg/ha (årsvisa medeltal: 2700-3800 kg/ha) enligt Frö- och Oljeväxtodlarnas statistik (www.svenskraps.se). De olika vallbehandlingarna, som medförde mycket stora variationer i kväveinnehållet i det nedplöjda växtmaterialet (se ovan), hade mot förmodan ingen tydlig inverkan på höstrapsens avkastning, med eller utan flytgödsel, och något samspel mellan dessa två faktorer fanns inte. En orsak kan vara ammoniakavgång vid putsning av vallen och en annan förklaring är N-utlakning efter mineralisering av kväve i det nedplöjda vallmaterialet. Ytterligare en förklaring kan vara att kväve härstammande från vallens rotsystem är en särskilt viktig komponent i dess N-efterverkan och att effekten av de olika vallbehandlingarna blev lika i detta avseende, oavsett antal skördar som förts bort.

Nötflytgödseln, som tillfördes på våren under rapsåret och som i medeltal innehöll 76 kg N/ha i form av ammoniumkväve, hade också förvånansvärt liten skördestegrande verkan (figur 1 och tabell 7). I medeltal ökade fröskörden bara med 300 kg ts/ha och råfettskörden med 172 kg ts/ha, men båda blev ändå signifikant större än i de ogödslade leden. Höstrapsen behöver ett kvävetillskott tidigt på våren till följd av sin snabba utveckling under denna årstid, men kvävet i flytgödseln utnyttjades tydligen mindre effektivt. Orsakerna kan vara ammoniakavdunstning, denitrifikation och även kväveimmobilisering vid nedbrytning av flytgödselns organiska material (jmf. Persson, 2003). Eftersom det inte alltid är farbart tidigt på våren med tunga traktorekipage utrustade med flytgödselspridare, tvingas man ofta sprida lite väl sent i förhållande till rapsens tillväxtrytm.

Liknande skördeökningar har erhållits i en pågående studie där ekologisk höstraps gödslats på våren (ca. 15 april) med 100 kg N/ha som totalkväve med olika organiska gödselmedel (Stenberg et al., 2007). I två försök 2006 varierade merskörden mellan 180 och 460 kg/ha och grundskördarna (i ogödslade led) var relativt stora, 2800 respektive 2400 kg ts/ha. Däremot i ett försök 2007 i samma försöksserie blev avkastningen i de gödslade leden i genomsnitt dubbelt så stor som i de ogödslade leden, med 600-1300 kg frö per ha i merskörd. Detta år var grundskörden betydligt mindre, 1200 kg/ha, och gödslade led kom aldrig upp i samma skördenivå som 2006. Detta kan förklaras av att försöket var belägna på en styv mellanlera där ensidig konventionell spannmålsodling bedrivits de senaste 50 åren. De båda försöken 2006 låg i det ena fallet på ekologiskt odlad mark (växtföljd med vall och baljväxter) och i det andra på ett fält tillhörande en djurgård (med regelbunden stallgödseltillförsel). Jordarna hade därmed högre skördepotential i ogödslat led än i försöket 2007.

Väderleken har naturligtvis också en stor inverkan på när gödselkvävet blir tillgängligt efter spridning, på risken för kväveförluster och därmed på slutresultatet. I alla fem försöken följdes flytgödselspridningen av nederbörd och därför borde gödselammoniumkvävet tillgänglighet ha varit god. Den låga skörden i försök 5 på Munkagårdsskolan berodde troligen på dålig etablering av höstrapsen och därmed tunnt bestånd, men en annan anledning kan vara att vallen innehöll mer gräs i detta försök än på övriga platser. Detta kan till att börja med ha orsakat fastläggning av kväve i marken vid växtmaterialets nedbrytning och därmed sammantaget sämre kvävetillgång (jmf. Lindén & Wallgren, 1993), med skördesänkning som följd. Effekten av flytgödseln i detta försök blev en av de största (skördeökning med 330-580 kg/ha

motsvarande 49-68 % merskörd, vilket kan jämföras med 17 % merskörd i medeltal för de fem försöken.



Figur 1. Fröskördar (med standardavvikelser) av ekologisk höstraps (med och utan nötflytgödsel) med förfrukt klövergräsvall där tre olika behandlingar gjorts, medeltal för fem försök 2001-2006.

Tabell 7. Inverkan på fröskörd, råfettskörd, oljehalt, kväveinnehåll vid mognad ($N_{\text{växt}}$) i höstraps och N-mineralisering under säsongen, från vår till mognad (N_{net}), av förfrukten vall med olika behandlingar samt effekt av nötflytgödsel tillförd på våren. Medeltal för fem försök 2001-2006. Data med samma bokstav (a eller b) är inte signifikant skilda, $p < 0,05$, gäller kolumnvis.

Vallbehandlingar	Kväveinnehåll i höstraps, $N_{\text{växt}}$ vid mognad kg N/ha	Kväve- mineralisering (N_{net}) kg N/ha	Fröskörd, höstraps		Råfettskörd	Oljehalt
			kg ts/ha	rel.tal	kg ts/ha	%
<i>Utan flytgödsel till höstrapsen:</i>						
En skörd	76	59	1740	100	850	50
Två skördar	65	51	1690	97	810	51
Gröngödsling	73	59	1730	99	860	50
<i>Flytgödsel till höstrapsen:</i>						
En skörd	93		1990	114	1000	49
Två skördar	90		1960	113	1000	49
Gröngödsling	92		2070	119	1030	49
<i>Medeltal:</i>						
En skörd	80		1870	100	930	50
Två skördar	74		1830	98	910	50
Gröngödsling	78		1900	102	950	50
$P =$	0,34	0,30	0,16		0,08	0,43
<i>Medeltal:</i>						
Utan flytgödsel	71		1720 ^a	100	840 ^a	50
Med flytgödsel	92		2010 ^b	117	1010 ^b	49
$P =$	0,000		0,03		0,000	0,06

Kväveupptag i höstraps vid mognad och netto mineralisering av kväve under växtsäsongen

De olika vallbehandlingarna tycktes inte påverka N-innehållet i rapsgrödan vid mognad eller nettomineraliseringen av kväve under växtsäsongen, då inga skillnader fanns mellan leden (tabell 7). Detta tyder på att kvävetillgången för höstrapsen har varit likartad efter de olika vallbehandlingarna och därför inte bidrog till några skillnader i fröskörden, trots de stora olikheterna i mängderna nedbrukat växtmaterial och i dess kväveinnehåll. Det tycks dock som om N-mineraliseringen från våren till höstrapsens mognad blev närmare 10 kg N/ha mindre i det led där båda vallskördarna bortförts än där grönmassa utnyttjats för grüngödsling (tabell 7).

I medeltal för de olika vallbehandlingarna innehöll rapsgrödan 71 kg N/ha (inkl. skattad N-mängd i rötterna), som den måste ha tagit upp från marken (tabell 7). Av detta kan 50-60 kg N/ha anses ha tillkommit genom N-mineralisering från våren till höstrapsens mognad. Av tabell 6 framgår att det tidigt på våren i medeltal fanns 49 kg min-N per ha och vid rapsens mognad ca 35 kg min-N per ha. Antas det att inga förluster av sådant kväve skett under växtsäsongen, skulle differensen $49-35 = 14$ kg N/ha utgöras av övervintrande mineralkväve som höstrapsen utnyttjat. Emellertid måste en del av det kväve som grödan innehöll vid mognad härstamma från kväve som den tagit upp redan under hösten, varigenom den beräknade kväve-mineraliseringen kommit att överskattas. Det är även möjligt att höstrapsens N-upptag underskattats vid provtagningen vid mognad. Redan då har grödan drabbats av N-förluster genom blomblad och andra blad som fallit av (jmf. t.ex. Razoux-Schultz, 1972) och troligen också genom att rotsystemet börjat brytas ned. Därför bör tolkningarna här begränsas till jämförelser mellan de olika rapsleden, medan jämförelser med N-mineralisering och utnyttjbart jordkväve vid odlingen av eftergrödorna höst- och vårvete bör undvikas.

Tillförseln av nötflytgödsel till höstrapsen orsakade att i medeltal 21 kg N/ha mer hade tagits upp av grödan vid mognad ($N_{\text{växt}}$). Detta motsvarar ett N-utnyttjande på 28 % av tillförd mängd ammoniumkväve i flytgödseln (76 kg N/ha).

Mineralkväve i marken efter skörd av höstraps och kväveupptag i fånggröda och annan höstväxande vegetation

Vid höstrapsens mognad fanns i storleksordningen 32-37 kg min-N per ha inom 0-90 cm djup (tabell 6). Mängderna ökade betydligt under hösten i de led (A, B, C och F) där stubbearbetning gjordes, vilket skedde en kort tid efter höstrapsskörden (tabell 8). Av dessa led plöjdes A, B och C inför höstvetesådden, och där fastställdes 50-60 kg min-N per ha på senhösten. Däremot minskade mängderna i led E och G, där fånggröda (rödklöver och engelskt rajgräs) såtts in i höstrapsen på våren, till i medeltal 28 kg N/ha, trots att det även här måste ha frigjorts kväve under höstens lopp. Fånggrödans kväveupptag bör ha medfört nedsatt kväveutlakningsrisk. Lika små mineralkvävemängder på senhösten fastställdes i led D (utan stubbearbetning, med senhöstplöjning eller i vissa försök vårplöjning), där spontan vegetation (främst självgrodd vitklöver, rajgräs och ogräs) hade etablerat sig och uppenbarligen tagit upp en hel del kväve från marken (tabell 8). I led F med tidig stubbearbetning och plöjning på senhösten eller våren blev den spontana vegetationens tillväxt inte lika kraftig under hösten, med följd att mineraliserat kväve som antytts anhopade sig i marken. Sammantaget fanns det signifikant mer min-N på senhösten i de två led, där tidig stubbearbetning gjorts (följt av höstvetesådd eller sen plöjning), än i de båda led (med och utan fånggröda) där marken låg orörd till plöjningen på senhösten eller våren. Inga samspel mellan faktorerna flytgödseltillförsel och jordbearbetning fanns.

Flytgödseltillförseln till höstrapsen hade i allmänhet ingen effekt på min-N på senhösten efter rapsskörden (tabell 8). Man kan dock finna en tendens till sådan påverkan i led F med tidig stubbearbetning (och senhöstplöjning eller vårplöjning), där det i del-ledet med flytgödseltillförsel i medeltal fastställdes 62 kg min-N per ha på senhösten, jämfört med 52 kg/ha utan flytgödsel. Här fanns ingen sådd gröda som kunde ta upp mineralkväve under hösten, bara spontant uppkommen växtlighet. Att man efter flytgödselspridning på våren kan få ökad kvävemineralisering i marken under hösten framgår av andra undersökningar (Olsson, 1985; Lindén et al., 1998). Denna frigörelse kan öka N-utlakningsrisken.

Fånggrödan i led E och G liksom den spontana vegetation som uppkom i led D, som stod kvar och växte till senhöstplöjningen, innehöll på senhösten 30-40 kg N/ha i de ovanjordiska växt-delarna, vilket i medeltal var fyra och tre gånger så mycket kväve som höstvetet i led A, B och C (N-upptag: 7-9 kg N/ha) respektive spontan vegetation (9-15 kg N/ha) i led F. Fånggrödan och den stora mängden spontan vegetation tog uppenbarligen tillvara kvävet i marken väl, då mineralkvävemängderna blev ca 50 % mindre på senhösten än i övriga led. I alla försöken bestod den spontana vegetationen till största delen av vitklöver, rajgräs och ogräs, medan spillraps endast utgjorde en mycket liten del. N-innehållet i fånggrödan (led E och G), höstvetet (led A, B och C) och i den spontana vegetationen (led D och F) påverkades inte av flytgödseltillförseln till höstrapsen (tabell 8).

Den uteblivna tidiga jordbearbetningen i leden med fånggröda och sen plöjning medverkade troligtvis till att hålla N-frigörelsen på en låg nivå, medan plöjning och harvning inför höstvetesådden (led A, B och C), eller tidig stubbearbetning följt av sen plöjning (led F), stimulerade N-mineraliseringen, med ökad N-utlakningsrisk som följd. Då det efter höstraps normalt återfinns mer mineralkväve i marken på hösten, är uppenbarligen fånggröda och senarelagd jordbearbetning viktiga åtgärder för att minska vinterns kväveförluster efter denna gröda. Eftersom även led D utan fånggröda (och med sen plöjning) hade nästan lika kraftig spontan växtlighet som led E och G med fånggröda och sen plöjning, kan vi inte uttala oss om effekten av den sena plöjningen separat. Eftersom utebliven jordbearbetning på mark med rapsstubb men utan fånggröda också kan minska anhopningen av min-N fram till plöjning på senhösten till hälften jämfört med tidig jordbearbetning, (Engström et al., 2006) genom att N-mineraliseringen inte stimuleras, var troligen effekten på min-N mer beroende av jordbearbetningen än av fånggrödan i denna studie.

Tabell 8. Inverkan av jordbearbetning efter skörd av höstraps (med och utan fånggröda) på 1) mineralkväve (min-N) i marken (0-90 cm) och tillväxt av vegetation (fånggröda, höstvetebrodd och spontant uppkommen växtlighet) fram till senhösten och på 2) skörd av höst- och vårvete samt efterverkan i dessa olika avseenden av spridning av nötflytgödsel till höstrapsen. Medeltal av fem försök, 2001-2006. Data med samma bokstav (a eller b) är inte signifikant skilda, $p < 0,05$, kolumnvis. Stubb. = stubbearbetning.

Led	Jordbearbetning efter höstrapsen	Gröda	Min-N (efter rapsskörd), Senhöst		Fånggröda, höstvete eller spontan vegetation, senhöst**		Kärnskörd av vete	Vetets N-innehåll (inkl. rötter) vid mognad ($N_{växt}$)	Proteinhalt i vete
			kg N/ha	rel.tal	kg ts/ha	kg N/ha			
<i>Ej flytgödsel till höstrapsen</i>									
	Stubb. + tidig								
A, B, C	plöjning	H-vete*	58	100	288	9	3950*	116	10.2
D	Sen plöjning	V-vete	26	44	968	30	3490	128	12.9
E, G	Fånggr. och sen plöjning	V-vete	28	48	1397	40	3710	135	12.9
F	Stubb. tidigt och sen plöjning	V-vete	52	90	748	15	3740	116	12.5
<i>Flytgödsel till höstrapsen</i>									
	Stubb. + tidig								
A, B, C	plöjning	H-vete*	61	104	221	7	3780	126	10.6
D	Sen plöjning	V-vete	29	50	1160	32	3570	119	12.8
E, G	Fånggr. och sen plöjning	V-vete	28	47	1282	34	3810	127	12.7
F	Stubb. tidigt och sen plöjning	V-vete	62	107	431	9	3850	120	12.6
<i>Medeltal:</i>									
	Stubb. + tidig								
A, B, C	plöjning	H-vete*	60 ^a	100	254	8	3870*	121	10.4 ^a
D	Sen plöjning	V-vete	27 ^b	46	1064	31	3530	123	12.8 ^b
E, G	Fånggr. och sen plöjning	V-vete	28 ^b	46	1339	37	3760	131	12.8 ^b
F	Stubb. tidigt och sen plöjning.	V-vete	57 ^a	96	589	12	3790	118	12.6 ^b
<i>P =</i>			<i>0,001</i>				<i>0,41</i>	<i>0,28</i>	<i>0,000</i>
Medeltal:	Utan flytgödsel		41		850	24	3720	123	12.1
	Med flytgödsel		42		773	20	3750	123	12.2
<i>P =</i>			<i>0,18</i>				<i>0,83</i>	<i>0,93</i>	<i>0,73</i>

*) Data från tre försök (övrige två såddes om med vårvete efter att höstvetet utvintrats och redovisas ej här).

***) Data från fyra försök.

Kärnskörd, proteinhalt och kväveefterverkan i höst- och vårvete

Höstvetet i led A, B och C avkastade i genomsnitt 3870 kg/ha (15 % vattenhalt) och vårvetet i led D-G 3530-3790 kg/ha (tabell 8, figur 2 och bilaga 4). Enligt Jordbruksstatistisk årsbok 2006 (www.jordbruksverket.se) uppgick skördarna av ekologiskt höst- och vårvete 2003-2005 i Götalands mellanbygder och i Götalands norra slättbygder till i genomsnitt 3300 respektive

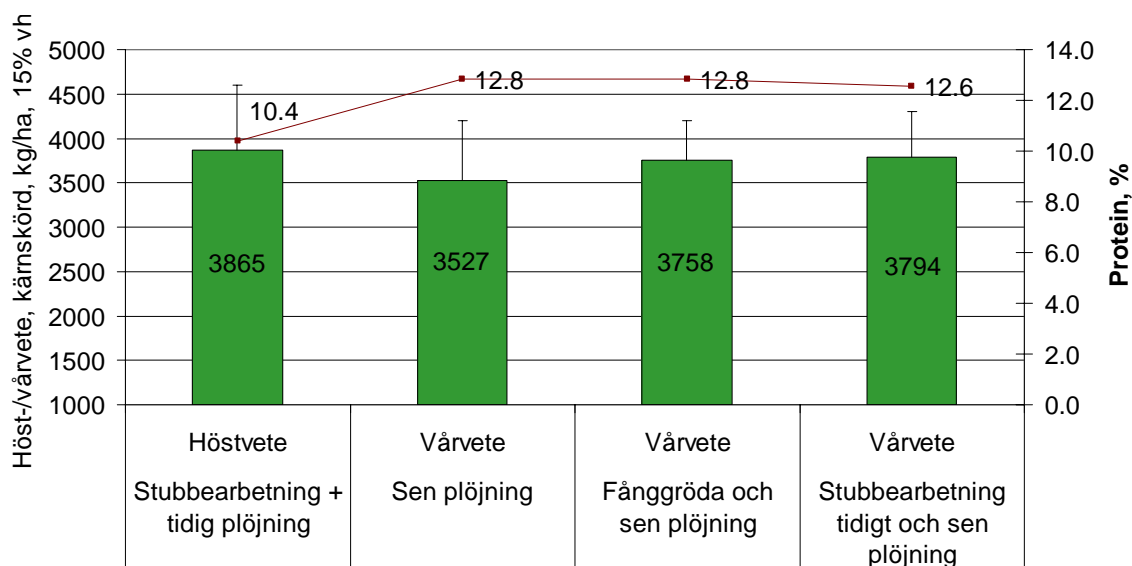
2700 kg/ha. Denna jämförelse av skördar tyder på att klövergräsvall och höstraps fungerade bra som förfruktsgrödor till höst- och vårvetet i försöken.

Skörden av höst- och vårvetet påverkades dock inte av vallbehandlingarna (redovisas ej här), den flytgödsel som spritts till höstrapsen eller jordbearbetningen (med och utan fånggröda) efter rapsskörden (tabell 8). Trots mindre min-N på senhösten i leden med fånggröda och sen plöjning (tabell 8) och å andra sidan eventuellt större N-förluster över vintern i de övriga leden (med dubbelt så mycket min-N på senhösten) erhöles inga uppenbara olikheter i påverkan på totala kväveskörden i något av dessa led.

Höst- och vårvetet kunde utnyttja i storleksordningen 120-130 kg kväve från marken ($N_{\text{växt}}$), se tabell 8 och bilaga 4. I konventionell odling kan man på växtodlingsgårdar och djurgårdar räkna med i storleksordningen 60 respektive 80 kg N/ha i form av utnyttjbart jordkväve efter förfrukt stråsåd (Lindén, 1987). Förfruktsgrödorna vall och höstraps i försöken kan ha bidragit till den förhållandevis goda försörjningen med kväve till vetegrödorna. Ingen signifikant skillnad fanns dock mellan vår- och höstvetets N-innehåll vid mognad ($N_{\text{växt}}$) eller kärnskörd, vilket tyder på att kväveförsörjningen i stort sett var lika leden emellan. En tendens fanns emellertid till mer utnyttjbart kväve från marken (i medeltal 131 kg N/ha) i led E och G med fånggröda (rödklöver och rajgräs) än de andra vårveteleden (ca 120 kg N/ha). Flytgödseltillförseln till höstrapsen gav ingen skönjbar kväveeffterverkan under veteåret (tabell 8).

I försök 3 och 5 fanns det uppenbarligen mindre mängder kväve tillgängligt i de led (A, B och C) som såtts om med vårvete efter att höstvetet utvintrat. I dessa led blev kärnsköörden i medeltal 940 kg/ha och kväveupptaget vid mognad 25 kg N/ha mindre än för vårvetet i led F, som bearbetats tidigt på hösten och därefter plöjts på senhösten. Höstvetet såddes under mycket våta förhållanden i försök 3 och 5, vilket troligtvis orsakade jordpackning och sedan ökad denitrifikation, som tillsammans med utlakning av markkvävet under vintern medförde större N-förluster i de led som måste sås om på våren. Vårvetet hade också en tydligt ljusare grön färg vid inspektion under sommaren, vilket indikerade sämre kvävetillgång än i övriga led med vårvete.

Skörden av höstvetet, i medeltal 3870 kg/ha för tre försök, var ungefär lika stor som i genomsnitt för vårvetet (3690 kg/ha), men proteinhalten blev signifikant högre i vårvetet (figur 2). Med ett pris för ekologiskt vårvete, som de senaste fem åren varit ca 0,50 kr högre än för höstvete, blev det ekonomiska utbytet av vårvete efter höstraps bättre än med höstvete efter rapsen. Med priserna för 2007 (3,70 kr/ha för vårvete och 3,15 kr/ha för höstvete) och samma avkastning som i dessa fem försök innebär det 1490 kr/ha mer i intäkt med vårvete.



Figur 2. Skörd av höstvete och vårvete och proteinhalt i vetekärna. Medeltal för fem försök 2001-2006, med standardavvikelse inlagd för kärnskörd.

Slutsatser

Den större anhopningen av mineraliserat kväve i marken till följd av vallbrottet togs tillvara väl av den sådda höstrapsen, där denna gröda växte bra under hösten, med förhållandevis små kvarvarande mineralkvävemängder på senhösten. Vallbehandlingarna tycktes dock högst obetydligt påverka kvävemineraliseringen i marken och höstrapsens N-upptag under hösten, trots de stora skillnaderna i mängderna nedbrukat kväve i marken. Mineralkväveförråden ökade emellertid från ca 20 kg N/ha vid vallbrottstidpunkten till ca 90 kg N/ha på senhösten, med ökad utlakningsrisk som följd, i de fyra försök där etableringen av höstrapsen misslyckades på grund av alltför torr jord efter vallbrottet. Därför rekommenderas att ta den andra vallskörden och bryta vallen så tidigt som möjligt, så att det blir större chans att nederbörd hinner fukta upp jorden inför höstrapssådden.

Fröskördarna av höstrapsen påverkades inte av behandlingarna av klövergräsvallen. Resultaten visar att man kan skörda vallen en eller två gånger och ändå få lika bra förfruktseffekt i efterkommande höstraps som om den varit en gröngödslingsvall med en avslagning (putsning). Orsaken kan vara att ammoniakavdunstning från det avslagna växtmaterialet efter putsningen, utlakning av mineraliserat kväve och att kväve härstammande från vallens rotsystem är en viktig komponent i dess N-efterverkan. Spridning av nötflytgödsel med ett innehåll av 76 kg NH₄-N per ha till höstrapsen på våren gav omkring 300 kg ts/ha i merskörd och en ökning av hela rapsgrödans N-innehåll vid mognad med 21 kg N/ha. Det senare motsvarar 28 % utnyttjande av gödselammoniumkvävet.

Vid höstrapsens mognad återfinns normalt mer mineralkväve i marken än efter stråsåd (Lindén & Engström, 2006). I denna undersökning uppgick mineralkväveresterna efter höstrapsen till 32-37 kg N/ha (0-90 cm djup). Efter stubbearbetning en kort tid efter höstrapskörden ökade mängderna till 50-60 kg N/ha på senhösten. Det fanns en tendens till störst mineralkväveförråd i de led där flytgödsel tillförts till rapsen. Resultaten i denna undersökning visade att man med en fånggröda, som sått in i höstrapsen på våren, och med senarelagd jordbearbet-

ning kan minska min-N på senhösten (i dessa försök till ca 28 kg N/ha) och därmed risken för kväveförluster under vintern efter denna gröda.

Trots minskningen av min-N på senhösten efter fånggröda och genom utebliven jordbearbetning fram till sen plöjning och troligen större N-förluster över vintern i de övriga leden (med dubbelt så mycket min-N på senhösten) erhöles ingen större kväveefterverkan i de förstnämnda leden i efterkommande vårvete. En tendens till mer utnyttjbart kväve fanns dock i ledet med fånggröda.

Skörden av höst- och vårvete påverkades inte av den nötflytgödsel som spritts till höstrapsen och ej heller av jordbearbetningen och av fånggrödan efter rapsen. Skörden blev i medeltal för höstvete lika stor som i medeltal för vårvete, men proteinhalten var signifikant högre i vårvetet. Med ett pris för ekologisk vårvete som de senaste fem åren varit ca. 0,50 kr högre än för höstvete blev det ekonomiska utbytet av vårvete efter höstraps bättre än med höstvete efter höstraps.

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., Engström, I., Gruvaeus, I., Wallenhammar, A-C. & Lööf, P-J. 2007. Kväveförsörjning av ekologiska höstoljeväxter – en studie av olika kvävekällor, tillförseltidpunkt och myllningsteknik. *Ekokonferensen Norrköping 19-21 november 2007*: 121-124.

Torstensson, G. 1998. Nitrogen availability for crop uptake and leaching. Artikel II: Nitrogen delivery and utilization by subsequent crops after incorporation of leys with different plant composition. *Acta Universitatis Agriculturae Sueciae, Agraria* 98. Uppsala.

Wivstad, M. & Andersson, T. 1991. Gröngödsling som förfrukt till höstvet. Preliminära resultat från fältförsök 1989-1990. *Alternativodlingsbrevet* 36, SLU Info/Växter.

Zadoks, J.C., Chang, T.T., Konzak, C.F., 1974. A decimal code for growth stages of cereals. *Weed res.* 14, 415-421.

Bilagor

Bilaga 1. Torrsubstansproduktion på klövergräsvall och totalkväveinnehåll i grödan vid tidpunkten för första och andra vallskörd. Fem försök, 2001-2006.

Försöksplatser och år	Behandling av vallen	Vallskörd 1		Vallskörd 2		Nedbrukat vid vallbrott		
		kg ts/ha	kg N/ha	kg ts/ha	kg N/ha	grönmassa	stubb**	
						kg	kg	kg
						ts/ha	N/ha	N/ha
1. Dingle, 2001-2003								
	En skörd	3490	57	1570	41	1570	41	18
	Två skördar	3210	52	1360	35			18
	Gröngödsling	3590	59	1590	36	5180*	95*	41
2. Dingle, 2002-2004								
	En skörd	4260	64	3590	82	3590	82	7
	Två skördar	4200	64	3550	82			8
	Gröngödsling	4140	64	3620	83	7760*	147*	13
3. Dingle, 2003-2005								
	En skörd	7260	158	3100	53	3100	53	28
	Två skördar	7320	159	3620	67			32
	Gröngödsling	7260	159	2290	48	9550*	207*	56
4. Slätteberg, 2003-2005								
	En skörd	1050	30	3860	101	3860	101	11
	Två skördar	940	26	3790	102			14
	Gröngödsling	1200	33	4050	110	5250*	143*	11
5. Munkagårdsskolan, 2004-2006								
	En skörd	4670	108	4430	118	4430	118	-
	Två skördar	4730	110	4630	121			-
	Gröngödsling	4710	112	5370	146	10080*	258*	-

*) Mängderna vid första och andra avslagningen är här summerade, även om nedbrytningen av växtmaterialet efter den första avslagningen bör ha påverkat de mängder som brukades ned vid vallbrottet. **) stubb vid andra skörd.

Bilaga 2. Inverkan av vall (med olika behandlingar) på mineralkväve (min-N) i marken, 0-90 cm, vid vallbrott och vid tre olika tidpunkter vid efterföljande odling av höstraps (med och utan nötflytgödseltillförsel på våren) samt N-innehåll i rapsgröda på senhösten efter vallbrott. Utöver de helt genomförda fem försöken 2001-2006 redovisas även resultat från de fyra försök i norra Västergötland som måste läggas ned efter år 1 p.g.a. närmast utebliven uppkomst hos höstrapsen.

Försöksplatser och år	Behandling av vallen	Min-N	Min-N	N-innehåll	Min-N	Min-N	
		vid vallbrott kg N/ha	efter sådd av raps senhöst kg N/ha	senhöst kg N/ha	vår kg N/ha	rapsens mognad kg N/ha	
						<i>Utan</i>	<i>Med</i>
						<i>flytg.</i>	<i>flytg.</i>
1. Dingle, 2001-2003							
	En skörd	24	14	68	24	23	25
	Två skördar	24	21	76	37	30	28
	Gröngödsling	24	15	67	36	22	26
2. Dingle, 2002-2004							
	En skörd	55	24	-	43	27	28
	Två skördar	44	26	-	48	30	33
	Gröngödsling	42	23	-	39	26	30
3. Dingle, 2003-2005							
	En skörd	43	19	53	38	22	21
	Två skördar	38	21	56	31	23	28
	Gröngödsling	35	20	61	39	29	28
4. Slätteberg, 2003-2005							
	En skörd	32	88	50	52	35	44
	Två skördar	30	126	39	53	34	43
	Gröngödsling	35	137	63	59	36	46
5. Munkagårdsskolan, 2004-2006							
	En skörd	-	68	12	87	56	55
	Två skördar	-	59	8	82	63	54
	Gröngödsling	-	80	11	65	56	56
<i>Nedlagda försök (p.g.a. av närmast utebliven uppkomst hos höstrapsen)</i>							
6. Hälledal, Forshem, Västergötland, 2001							
	En skörd	21	44				
	Två skördar	26	41				
	Gröngödsling	34	42				
7. Hälledal, Forshem, Västergötland, 2002							
	En skörd	15	87				
	Två skördar	14	77				
	Gröngödsling	16	106				
8. Österäng, Forshem, Västergötland, 2002							
	En skörd	18	140				
	Två skördar	18	179				
	Gröngödsling	17	110				
9. Österäng, Forshem, Västergötland, 2003							
	En skörd	23	85				
	Två skördar	19	71				
	Gröngödsling	25	86				

Bilaga 3. Inverkan på höstrapsens fröskörd, råfettskörd, oljehalt och kväveinnehåll vid mognad ($N_{\text{växt}}$) och på N-mineraliseringen under växtsäsongen, från tidig vår till mognad (N_{net}), av förfrukten vall med olika behandlingar samt effekt av nötflytgödsel tillförd på våren. Fem försök, 2001-2006.

Försöksplatser Vallbehandlingar	$N_{\text{växt}}$	N_{net}	Fröskörd, höstraps		Råfettskörd	Oljehalt
	kg N/ha	kg N/ha	kg ts/ha	rel.tal	kg ts/ha	%
1. Dingle, 2001-2003						
<i>Utan flytgödsel till höstrapsen</i>						
En skörd	71	70	2080	100	1100	53
Två skördar	69	63	2040	98	1080	53
Gröngödsling	69	55	21340	103	1120	52
<i>Flytgödsel till höstrapsen</i>						
En skörd	87		2410	116	1210	50
Två skördar	-		2430	117	1210	50
Gröngödsling	91		2560	123	1270	50
2. Dingle, 2002-2004						
<i>Utan flytgödsel till höstrapsen</i>						
En skörd	66	50	1580	100	790	50
Två skördar	50	32	1340	85	670	50
Gröngödsling	65	52	1460	92	720	49
<i>Flytgödsel till höstrapsen</i>						
En skörd	80		1850	117	910	49
Två skördar	-		1710	108	840	49
Gröngödsling	71		1840	117	920	49
3. Dingle, 2003-2005						
<i>Utan flytgödsel till höstrapsen</i>						
En skörd	83	68	2410	100	1210	52
Två skördar	72	63	2270	94	1150	52
Gröngödsling	82	72	2450	102	1230	52
<i>Flytgödsel till höstrapsen</i>						
En skörd	93		2710	113	1360	52
Två skördar			2750	114	1370	52
Gröngödsling	92		2760	115	1380	52
4. Slätteberg, 2003-2005						
<i>Utan flytgödsel till höstrapsen</i>						
En skörd	92	75	1850	100	780	49
Två skördar	85	66	2030	110	760	49
Gröngödsling	83	61	1650	89	780	49
<i>Flytgödsel till höstrapsen</i>						
En skörd	104		1820	98	960	48
Två skördar	88		1590	86	970	48
Gröngödsling	106		1930	104	1000	48
5. Munkagårdsskolan, 2004-2006						
<i>Utan flytgödsel till höstrapsen</i>						
En skörd	46	15	790	100	380	48
Två skördar	33	14	750	95	370	50
Gröngödsling	48	39	940	119	450	48
<i>Flytgödsel till höstrapsen</i>						
En skörd	79		1180	149	560	45
Två skördar	83		1330	168	640	48
Gröngödsling	78		1270	160	590	46

Bilaga 4. Inverkan på mineralkväve (min-N) i marken, 0-90 cm, tillväxt av vegetation (fånggröda, höstvetebrodd och spontant uppkommen växtlighet) på senhösten efter skörd av höstraps och skörd av höst- och vårvete av olika jordbearbetningar (med och utan fånggröda) samt spridning av nötflytgödsel till höstrapsen. Fem försök, 2001-2006.

Försöksplatser	Jordbearbetning Led efter höstrapsskörd	Gröda	Min-N (efter raps- skörd), senhöst	N i fånggröda, höstvete, spillraps m.m., senhöst		Kärnskörd av vete, 15% vh, kg/ha	Vetets N- innehåll, vid skörd (inkl. röt- ter) kg N/ha	Prote- inhalten i vete- kärna %
				kg N/ha	kg ts/ha			
1. Dingle, 2001-2003								
<i>Ej flytgödsel till höstrapsen</i>								
A, B, C	Stubb. + tidig plöjning	H-vete	52	148	7	4530	82	10,0
D	Sen plöjning	V-vete	23	786	23	4210	109	13,6
E, G	Fånggr. och sen plöjning Stubb. tidigt	V-vete	26	1326	33	4290	103	13,5
F	och sen plöjning.	V-vete	42	590	18	4300	103	13,7
<i>Flytgödsel till höstrapsen</i>								
A, B, C	Stubb. + tidig plöjning	H-vete	64	148	7	4290	103	10,1
D	Sen plöjning	V-vete	25	911	23	4270	103	13,7
E, G	Fånggr. och sen plöjning Stubb. tidigt	V-vete	27	1478	33	4310	103	13,7
F	och sen plöjning.	V-vete	48	294	10	4410	98	13,7
2. Dingle, 2002-2004								
<i>Ej flytgödsel till höstrapsen</i>								
A, B, C	Stubb. + tidig plöjning	H-vete	44	54	3	4310	122	10,6
D	Sen plöjning	V-vete	23	1329	41	3970	121	11,7
E, G	Fånggr. och sen plöjning Stubb. tidigt	V-vete	27	2175	63	3900	117	11,6
F	och sen plöjning.	V-vete	45			3060	87	11,0
<i>Flytgödsel till höstrapsen</i>								
A, B, C	Stubb. + tidig plöjning	H-vete	46	60	3	4020	123	11,7
D	Sen plöjning	V-vete	22	1281	37	3640	106	11,4
E, G	Fånggr. och sen plöjning Stubb. tidigt	V-vete	25	1888	52	3230	94	11,1
F	och sen plöjning.	V-vete	53			3690	106	11,1
3. Dingle, 2003-2005								
<i>Ej flytgödsel till höstrapsen</i>								
A, B, C	Stubb. + tidig plöjning	V-vete*	30			2830	52	11,3
D	Sen plöjning	V-vete	25			4010	61	12,9
E, G	Fånggr. och sen plöjning Stubb. tidigt	V-vete	21			3680	77	13,3
F	och sen plöjning.	V-vete	31			3970	60	12,5
<i>Flytgödsel till höstrapsen</i>								
A, B, C	Stubb. + tidig plöjning	V-vete*	31			3740	70	13,0
D	Sen plöjning	V-vete	25			3860	71	12,9
E, G	Fånggr. och sen plöjning Stubb. tidigt	V-vete	18			3850	65	12,8
F	och sen plöjning.	V-vete	30			3380	69	12,2

4. Slätteberg, 2003-2005

Ej flytgödsel till höstrapsen

A, B, C	Stubb. + tidig plöjning	H-vete	72	662	17	3010	57	10,0
D	Sen plöjning	V-vete	21	-	-	2930	88	13,6
E, G	Fånggr. och sen plöjning Stubb. tidigt	V-vete	25	702	21	2820	100	13,5
F	och sen plöjning.	V-vete	58	906	27	3240	67	13,7

Flytgödsel till höstrapsen

A, B, C	Stubb. + tidig plöjning	H-vete	69	-	-	3040	58	10,1
D	Sen plöjning	V-vete	28	634	17	3130	89	13,7
E, G	Fånggr. och sen plöjning Stubb. tidigt	V-vete	22	568	16	3470	113	13,7
F	och sen plöjning.	V-vete	60	662	17	3280	73	13,7

5. Munkagårdsskolan, 2004-2006

Ej flytgödsel till höstrapsen

A, B, C	Stubb. + tidig plöjning	V-vete*	95	-	-	2690	78	12,2
D	Sen plöjning	V-vete	36	788	27	2310	100	12,5
E, G	Fånggr. och sen plöjning Stubb. tidigt	V-vete	40	1384	42	3850	108	12,7
F	och sen plöjning.	V-vete	86	-	-	4110	117	11,7

Flytgödsel till höstrapsen

A, B, C	Stubb. + tidig plöjning	V-vete*	95	-	-	2940	74	12,0
D	Sen plöjning	V-vete	47	1288	36	2950	77	12,4
E, G	Fånggr. och sen plöjning Stubb. tidigt	V-vete	46	1126	31	4180	103	12,5
F	och sen plöjning.	V-vete	120	-	-	4500	103	12,4

*) Vårvete sått efter att höstvetet utvintrat.

Förteckning över utgivna rapporter på Avdelningen för Precisionsodling:

1. Lundström, C., Roland, J., Tunared, R. och Lindén, B. 2004. Jämförelser mellan jordbearbetnings-system på lätt och styv lera – produktion, ekonomi och risk för kväveförluster i två försök med sexåriga växtföljder. Resultat från undersökningar vid Östads säteri i Västergötland 1996 – 2003.
2. Stenberg, M., Delin, K., Roland, B., Söderström, M., Stenberg, B., Wetterlind, J. och Helander, C.A. 2005. *Utveckling av hållbara och produktiva odlingsystem – karakterisering av lerjord. Developing sustainable and productive cropping systems – characterisation of a clay soil.*
3. Stenberg, M., Myrbäck, Å., Lindén, B., Rydberg, T. 2005. Inverkan av tidig och sen jordbearbetning under hösten på kväveminaliseringen under vinterhalvåret och på utlakningsrisken på en lerjord.
4. Lindén, B. och Engström, L: 2006. Höstraps, havre och ärter som förfrukter till höstvetete – inverkan på kvävedynamiken i marken och på vetets avkastning. *Winter oilseed rape, oats and field peas as crops preceding winter wheat – effect on nitrogen dynamics in the soil and on wheat yields.*
5. Lindén, B., Lerenius, C., Nyberg, A., Delin, S., Ferm, M., Torstensson, G., Hedene, K-A., Gruvaeus, I., Tunared, R. och Roland, J. 2006. Kan växtskyddsåtgärder minska kväveförlusterna vid odling av höstvetete?
6. Wetterlind, J., Stenberg, B., Stenberg, M. och Lindén B. 2006. Tidig höstplöjning på lerjordar – riskbedömning av kväveutlakning. *Mouldboard ploughing in early autumn on clay soils - risk assessment of nitrogen leaching.*
7. Lundström, C (red.). 2006. Precisionsodling 2005 - verksamhet vid Avdelningen för precisionsodling.
8. Lindgren, J., Stenberg, M och Lindén, B. 2007 Teknik för maximerat kväveutnyttjande och minimerad kväveutlakning i potatisodling.
9. Larsson, S., Stenberg, M., Gruvaeus, I. och Engström, M. Odlingsystem för grovfoderproduktion med förbättrad avkastning och produktionsekonomi.
10. Wetterlind, J., Jonsson, A och Stenberg, B. 2007. Indelning av fält i mineraliseringszoner för varierad kvävegödsling. *Establishment of mineralization zones for variable rate nitrogen application.*
11. Stenberg, M., Etana, A., Bergkvist, G., Wetterlind, J., Myrbeck, Å., Aronsson, H., Rydberg, T. och Lindén, B. 2007. Uthålliga täckgröde- och fånggrödesystem.
12. Lundström, C. (red). 2007. Precisionsodling 2006 – verksamhet vid Avdelningen för precisionsodling.
13. Lundström, C. 2007. Hållbar utveckling för stad och land – en storyline om samarbete i en region.
14. Lindén, B. 2008. Efterverkan av olika förfrukter: inverkan på stråsådesgrödors avkastning och kvävetillgång - en litteraturöversikt.
15. Nyberg, A. och Lindén, B. 2008. Åkerbönor som förfrukt till vårsäd i ekologisk odling. *Faba beans as previous crop to spring cereals in organic farming.*

16. Engström, L. och Lindén, B. 2008. Kväveförsörjning i ekologiska odlingssystem med vall - höst-raps - vete. N-supply in organic cropping systems with ley - winter oilseed rape - wheat.

Avdelningen för precisionsodling, Institutionen för markvetenskap, SLU, Skara, (tidigare Institutionen för jordbruksvetenskap Skara) 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. Lanna försöksstation är en viktig resurs för avdelningen, övriga institutioner vid SLU samt andra samarbetspartners.

I serien **Rapporter** redovisas forsknings- och försöksresultat från Avdelningen för precisionsodling, SLU, Skara.

Rapporterna finns tillgängliga på nedanstående Internetadress. Rapporter kan även beställas från avdelningen, se nedan.

Reports with research results from the Division of precision agriculture (Department of Soil sciences, Swedish University of Agricultural Sciences). The reports are available at the internet address given below and can be ordered from the address below.

Distribution:

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

Tel. 0511-670 00, fax 0511-67134
Internet: <http://po-mv.slu.se>

