

Sveriges lantbruksuniversitet  
Avdelningen för precisionsodling  
Institutionen för markvetenskap  
Box 234, 532 32 Skara  
Börje Lindén och Lena Engström  
E-post: lena.engstrom@mv.slu.se, borje.linden@mv.slu.se

29.09.2005

Till  
Stiftelsen Lantbruksforskning  
105 53 Stockholm

### ***Slutredovisning av projektet***

## **Kväveefterverkan av höstraps i jämförelse med ärter och stråsäd**

Projektansvariga:           Docent Börje Lindén  
                                      Forskningsassistent Lena Engström

Projektstart: 1999  
Projektet avslutat: 2005

### **Sammandrag**

Efterverkan av höstraps, havre och foderärter studerades i nio tvååriga försök i Skåne 1999-2004. Dessa grödor odlades år 1 och följdes av höstvete, som tillfördes stigande mängder mineralgödselkväve år 2. Höstrapsen och ärterna gav upphov till mer mineraliserat kväve i marken än havre vid mognad och under den efterföljande senhösten. Detta mineralkväve förlorades delvis under den följande vintern. Under växtsäsongen år 2 uppgick de växttillgängliga mängderna mineraliserat jord- och förfruktskväve, som utnyttjats av höstvetet efter raps, havre och ärter till i medeltal 118, 92 resp. 112 kg N/ha. Oavsett N-gödslingsnivå till höstvetet blev kärnskördarna generellt mer än 1000 kg/ha större efter raps och ärter än efter havre, troligen beroende på den sjukdomssanerande effekten av dessa båda bättre förfrukter. De ekonomiskt optimala N-givorna till vetet efter höstraps, havre och ärter uppgick i medeltal till 124, 149 resp. 132 kg N/ha.

### **Bakgrund**

Det är väl känt, att höstraps, liksom liknande oljeväxter, och ärter har god efterverkan vid odling av stråsäd som eftergröda. Detta visar sig för höstrapsens och ärternas del som ökad skörd av en sådan efterföljande spannmålsgröda (vanligen höstvete), vilket delvis beror på dessa förfrukters sanerande effekt i stråsådesdominerande växtföljder. Genom att skadegörare hålls tillbaka och därigenom inte hämmar tillväxten i lika hög grad, utnyttjar vetet sin tillväxtpotential bättre. Härtill är det allmänt bekant, att inte bara ärter utan även höstraps har god kväveefterverkan. Nedanstående litteraturöversikt visar kunskapsläget främst i Sverige i dessa avseenden vid starten av det här redovisade projektet:

Svensson (1988) anger merskördar av höstvete efter ärter, i jämförelse med förfrukt havre, från ca 1000 kg kärna per ha utan N-gödsling till ca 300-400 kg/ha vid höga N-givor till vetegrödan. Wallgren (1986) fastställde merutbyten av höstvete på 1000 kg/ha eller mer efter våroljeväxter i jämförelse med vete eller korn som förfrukter. Vid odling av höstvete efter

olika grödor, och med nedplöjning av växtresterna, rangordnade sig höstveteskördarna efter dessa förfrukter enligt Olofsson (1993) i ordningsföljden vårrys = ärter > havre > korn > vete. Merskördarna av höstvetet efter våroljeväxterna och ärterna i jämförelse med förfrukt höstvete uppgick till minst 1000 kg/ha.

Enligt Knudsen et al. (2002) i Danmark och Engström & Gruvaeus (1998) i Sverige medför kvävefterverkan av höstraps i medeltal 40 kg N/ha respektive 34 kg N/ha lägre optimal N-giva till höstvete än efter stråsäd. Efter ärter erhöll Knudsen et al. (2002) på motsvarande vis 28 kg N/ha mindre gödselkvävebehov hos höstvete. Medan ärternas kvävefterverkan främst sammanhänger med deras N<sub>2</sub>-bindning, synes orsakerna till höstrapsens gynnsamma N-effekt inte vara helt klarlagd. Ökad kväveutlakning under vinterhalvåret efter skörd av höstraps (Sieling et al., 1997; Knudsen et al., 2000; Aronsson & Torstensson, 2003) tyder på att kväveprocesser vid odling av denna gröda leder till ansamling av nitratkväve i marken efter mognaden. I den utsträckning sådana nitratförråd finns kvar inom rotzonen på våren, inverkar de dock positivt på den efterföljande grödans N-försörjning. Även efter ärter finns normalt större nitratkvävemängder i marken på hösten än efter stråsäd (Svensson, 1988), vilka inte bara medför ökad N-utlakningsrisk utan även bidrar till bättre kvävefterverkan (Lindén, 1987a).

En annan orsak till bättre efterverkan är som nämnts oljeväxternas och ärternas sanerande inverkan särskilt i ensidiga stråsådesväxtföljder, med mindre angrepp av skadegörare som följd. Exempelvis fastställde Christen et al. (1992) i en studie i Schleswig-Holstein i Tyskland, att den skördenedsättning (660-1970 kg/ha i mindre avkastning) som erhöles vid odling av höstvete efter höstvete i jämförelse med höstvete efter höstraps i hög grad sammanhänge med större förekomst av rotdödare (*Gaeomannomyces graminis*) i det förra fallet. Olofsson (1993) fann större angrepp av skadegörare på rötter vid odling av höstvete efter vete eller korn än efter havre, vårrys och ärter efter nedplöjning av skörderesterna.

Vid kvävegödslingen till höstvete efter höstraps och ärter inverkar i princip följande tre faktorer på det optima gödselkvävebehovet: 1) Genom att ett friskare vetebestånd bättre utnyttjar grödans avkastningspotential än om förfrukten utgörs av stråsäd, möjliggörs högre höstveteskörd, vilket i sin tur ökar kvävebehovet. 2) Samtidigt ersätter rapsens eller ärternas kvävefterverkan en del av det gödselkväve som höstvetet behöver. 3) Kvävefterverkan bestäms av hur dessa förfrukter inverkar på kväveminaliseringen i marken. Härvid inverkar frigörelsens tidsförlopp (från förfrukternas mognad till och med höstvetets mognad) på riskerna för N-förluster och på eftergrödans möjligheter att utnyttja det frigjorda kvävet. Det är viktigt att utreda hur dessa olika faktorer sammantaget inverkar på den optimala N-gödslingen. I syfte att beskriva kvävedynamiken i jorden efter ärter och höstraps i jämförelse med stråsäd (havre) och belysa hur grödorna höstraps, foderärter och havre påverkar avkastning, proteinhalt och optimal kvävegödsling vid odling av höstvete som eftergröda genomfördes en undersökning med nio tvååriga fältförsök i södra Skåne 1999-2004.

## Material och metoder

### Fältförsök

I fältförsöken (tabell 1) ingick år 1 tre led med växtlagen höstraps, havre och foderärter fördelade enligt en splitplotplan på storrutor i tre block. Höstrapsen och havren gavs normalt förekommande kvävegivor, medan inget gödselkväve tillfördes till ärterna. Efter skörden inarbetades skörderesterna i marken, varefter höstvete såddes över hela försöksarealen. Inget gödselkväve spreds i samband med sådden av höstvetet. År 2 uppdelades storrutorna in

smårutor med stigande kvävemängder (0-240 kg N/ha) till höstvetet efter var och en av de tre förfrukterna höstraps, havre och ärter (tabell 2) bl.a. för att belysa inverkan av förfrukterna på den ekonomiskt optimala N-gödslingsnivån.

Enligt den ursprungliga överenskommelsen med Svensk Raps avsågs att starta fyra försök årligen under loppet av tre år. Avsikten var att slopa det sämsta av dem efter vintern och årligen behålla tre av försöksplatserna. Ett av de årliga försöken skulle förläggas till Östergötland för att belysa förhållandena i norra Götaland. Detta var också en anledning till att havre valdes som en av förfrukterna till höstvete. De övriga tre försöken placerades i Skåne. Den första årsserien om fyra försök startades med sådd av höstraps 1999, men i försöket i Östergötland etablerade sig höstrapsen alltför dåligt p.g.a. torra och lades därför ned. År 2000 startades ytterligare fyra försök, men även denna gång måste försöksplatsen i Östergötland överges p.g.a. torra och för svagt rapsbestånd. Ett av de tre försöken i Skåne felgödslades och måste av detta skäl läggas ned.

Tabell 1. Försöksplatser samt jordarter, växtföljder och förfrukter till grödorna år 1 i de olika försöken.

Försöksplatser och år	Jordart	Lerhalt, %	Mullhalt, %	Växtföljd	Förfrukter till grödorna år 1
<b>1999-2001</b>					
Stävie, Furulund	nmh mo Mä LL	18	2,5	*	vårkorn
Bollerup 1, Tomelilla	mmh l Mä Mo	13	4,8	**	höstkorn
Steglarp, Ö. Grevie	nmh mo Mä LL	24	2,3	*	vårkorn
<b>2000-2002</b>					
Bollerup 2, Tomelilla	nmh l Mä Mo	14	2,4	**	höstkorn
Linelund 1, N. Åby	mf sa Mä LL	17	1,9	*	vårkorn
<b>2001-2003</b>					
Linelund 2, N. Åby	nmh mo Mä LL	16	2,1	*	vårkorn
<b>2002-2004</b>					
Nytofta, Ö. Vemmenhög	nmh sa Mä LL	23	2,5		höstkorn
Sandby gård, Borrby	mmh Mä ML	28	3,7	**	vårkorn
Lönnstorp, Åkarp	mmh mo Mä LL	17	3,2	*	vårkorn

\*) Växtföljd med sockerbetor och höstraps.

\*\*\*) Växtföljd med sockerbetor och höstraps samt vall med stallgödseltillförsel.

Tabell 2. Kvävegivor (kg N/ha) till höstvetet år 2 efter var och en av de tre förfrukterna.

Försöksled	Första N-giva, Stadium DC 23-27	Andra N-giva, Stadium DC 30	Tredje N-giva, Stadium DC 37-39	Summa tillfört kväve
A	0	0	0	0
B*	0	0	0	0
C	0	40	0	40
D	0	80	0	80
E	0	120	0	120
F	40	120	0	160
G	40	120	40	200
H	40	160	40	240

\*) Utnyttjades enbart för jord- och grödprovtagningar.

Efter detta år beslutades att enbart anlägga försök i Skåne. År 2001 startades där tre försök, men dessvärre måste två slopas, det ena p.g.a. klumprotsjuka på höstrapsen och det andra bl.a. till följd av felaktig skötsel. För att få de eftersträlvade nio försöken, när så många som fem försöksplatser måste slopas, startades 2002 ytterligare tre försök i Skåne. Detta merarbete medförde givetvis större kostnader än planerat. Dessa försök avslutades med skörd av höstvetet 2004.

### **Skördebestämning samt provtagningar av grödor och jord**

Frö-, kärn- och ärtskördarna år 1 (förfruktsåret) och kärnskördarna av höstvetet år 2 bestämdes genom rutvis skördetröskning, varvid ledvisa prover togs ut för analyser av vattenhalt, renhet och totalkvävehalt. Grödorna år 1 provtogs dessutom rutvis vid skördemognad genom avklippning vid markytan inom två ytor om 0,25 m<sup>2</sup> i varje storruta för bestämning av totalkväveinnehållet. I halmen (inkl. boss och stubb) utfördes även analys av totalkol för beräkning av C/N-kvoten.

För bestämning av förfrukternas inverkan på höstvetets försörjning med växttillgängligt jord- och förfruktskväve under växtsäsongen år 2 togs rutvisa prov av vetegrödan i B-leden (utan gödselkväve) efter var och en av de tre förfrukterna genom klippning av plantorna inom tre st. 0,25 m<sup>2</sup> stora ytor per småruta vid sen degmognad (stadium DC 87). Därefter bestämdes totalkväveinnehållet i kärna och halm. För beräkning av det icke N-gödslade vetets samlade kväveinnehåll vid sen degmognad antogs, att totalkvävemängden i rötterna utgjorde 25 % av innehållet i hela grödan (jmf. Hansson et al., 1987). I fyra av försöken (Bollerup 2, Linelund 1 och 2 samt Lönnstorp) provtogs dessutom grödan i de ogödslade B-leden vid tre tidigare tidpunkter: från mitten av maj till slutet av juni.

För att bestämma inverkan av förfrukterna på mängderna mineralkväve (NH<sub>4</sub>-N och NO<sub>3</sub>-N) i marken togs skiktvisa jordprover (0-30, 30-60 och 60-90 cm) ledvis ut vid olika tidpunkter:

*År 1:* Vid skörden av höstrapsen (samtidigt i alla tre förfruktsleden) och i början av november.

*År 2:* Tidigt på våren före begynnande grönskning hos höstvetet, och i B-leden vid sen degmognad (stadium DC 87). Dessutom togs kväveprofiler ut i B-leden i de nämnda fyra försöken på Bollerup 2, Linelund 1 och 2 samt Lönnstorp samtidigt med de tre grödprovtagningarna i maj och juni.

Kväveprofilprovtagningarna på våren och vid sen degmognad i B-leden år 2 samt grödprovtagningen vid det senare tillfället utnyttjades bl.a. för beräkning av förfrukternas inverkan på N-mineraliseringsstillskotten under växtsäsongen detta år enligt Lindén et al. (1992).

## **Resultat**

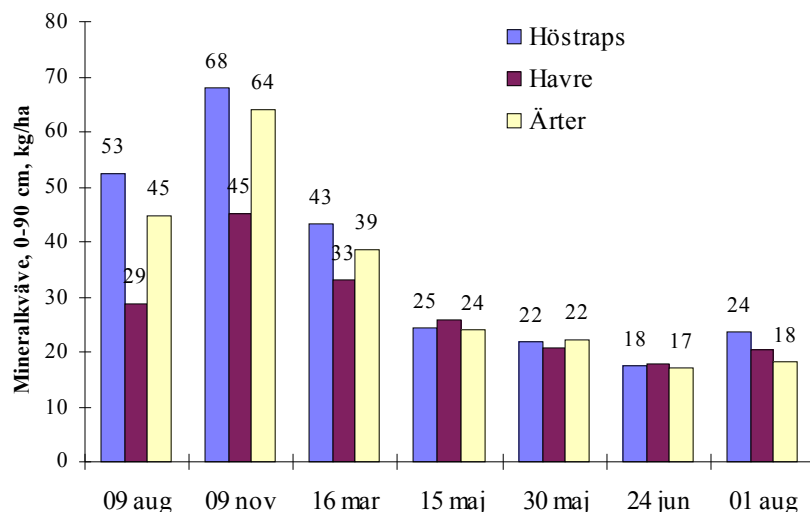
### **Skördar av förfrukterna och växtrester efter dem**

Under förfruktsåret uppnåddes i allmänhet god avkastning av förfrukterna, med en fröskörd på i medeltal 3.890 kg/ha av höstrapsen, en kärnskörd på 6.400 kg/ha av havren och en ärtskörd motsvarande 4.100 kg/ha. Betydande avkastningsvariationer uppkom dock. I frö-, kärn- och ärtskördarna fanns i genomsnitt 122, 120 respektive 151 kg N/ha. Rapshalmen, inkl. fröbaljor och stubb, innehöll i medeltal 66 kg N/ha (variationsbredd: 37-105 kg) samt havre- och ärthalmen 30 (8-38) respektive 33 (18-51) kg N/ha. Som framgår var variationerna mellan försöken mycket stora. Med hjälp av antaganden om rötternas andel av kvävemängden i hela grödan vid mognad (höstraps: Razoux Schultz, 1972, havre: Hansson et al., 1987 och ärter: Kristensen & Olesen, 1998) beräknades växtresternas (halmens och rötternas) samlade kväveinnehåll i medeltal utgöra 79, 69 respektive 59 kg N/ha vid mognad. Kol-kvävekotorna för raps-, havre- och ärthalmen uppgick i medeltal till vardera 71, 90 och 48, vilket i alla tre fallen måste innebära kväveimmobilisering efter nedbrukning av halmen i jorden. Halmen

efter rapsen och ärterna bör därför inte ha medverkat till ökad kväveutlakningsrisk under hösten.

### Mineralkväve i marken efter de olika förfrukterna

Vid skördemognad år 1 (förfruktsåret) innehöll marken (0-90 cm) i höstrapsledet i medeltal 53 kg mineralkväve per ha, jämfört med 29 och 45 kg N/ha där havre respektive ärter odlades. Fram till i början av november ökade mineralkväveförråden till 68, 45 respektive 64 kg N/ha. Att de största N-mängderna redan vid skördemognad återfanns efter höstrapsen, kan bero på att denna grödas kväveupptagning upphör tidigt (Razoux Schultz, 1972) och att rapsen redan efter blomningen börjar förlora en del av det upptagna kvävet (Andersson et al., 1959). Eftersom rapsens och ärternas halm var relativt kvävefattig och därför hade hög kol-kvävekvot (se ovan), kan nettofrigörelse av kväve vid nedbrytningen av dessa växtrester på hösten däremot inte anföras som förklaring till de jämförelsevis stora mineralkvävemängderna. Från senhösten och fram till tidig vår minskade mineralkväveförråden. På våren återstod likväl mest efter höstraps och därefter ärter. De större mineralkvävemängderna på hösten efter höstraps och ärter borde ha medfört ökad kväveutlakningsrisk än efter havre. Det är därför viktigt att i fortsatta studier undersöka, vad man kan göra för att minska anhopningarna av mineralkväve i marken efter höstraps och ärter.

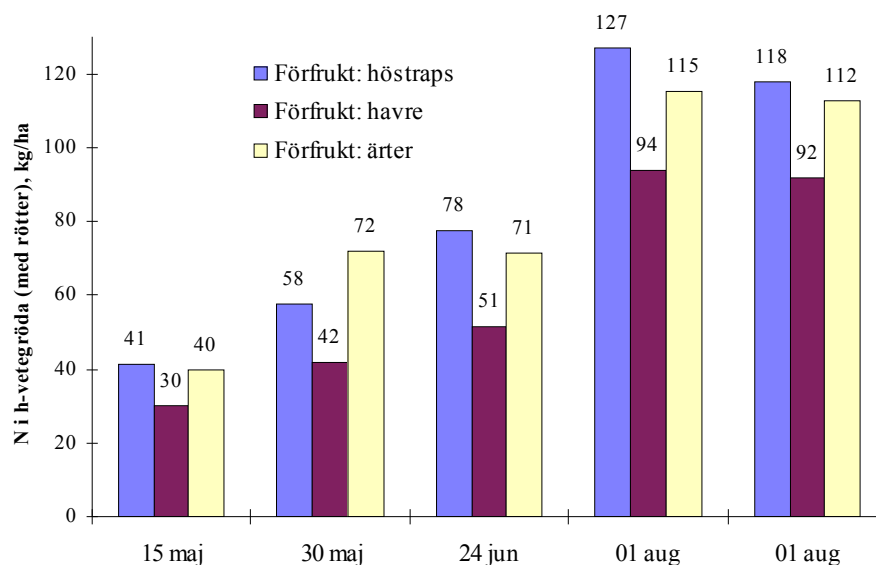


Figur 1. Inverkan av grödorna höstraps, havre och ärter på mängdena mineralkväve (0-90 cm) vid olika tidpunkter (= medeldatum för provtagning): vid grödornas mognad (ca 9/8), på senhösten (9/11) och tidigt på våren därefter (16/3) samt under växtperioden år 2 t.o.m. sen degmognad (ca 1/8) hos höstvetet. Data från samtliga nio försök utom provtagningarna 15/5, 30/5 och 24/6, som gjordes i fyra av försöken.

Under växtsäsongen år 2 minskade mineralkväveförråden i de icke N-gödslade B-leden till i storleksordningen 20 kg N/ha (figur 1), som kan anses vara outnyttjbara rester. Beträktas minskningen av mineralkväveförråden från tidig vår till de lägsta värdena under sommaren som en kvävemängd som tagits upp av grödan utan förluster från marken, kan höstrapsen, havre och ärterna anses ha bidragit till höstvetets N-försörjning med i storleksordningen 25, 15 respektive 20 kg N/ha på detta sätt. Detta är alltså den kväveeffekten som de övervintrande mineralkväveförråden gav upphov till. Härtill kommer kvävetillskott genom mineralisering under växtsäsongen från tidig vår tills höstvetets N-upptagning avslutats.

### Kvävemineraliseringstillskott under höstvetåret och summa utnyttjbart jordkväve

Av provtagningarna av höstvetet i de icke N-gödslade B-leden framgår, att vetet tagit upp mest kväve från marken efter höstrapsen och därefter efter ärterna vid de fyra provtagningstidpunkterna under växtsäsongen från mitten av maj till avslutad N-upptagning i början av augusti (figur 2). Kvävemineraliseringstillskotten efter förfrukterna höstraps, havre och ärter uppgick under denna tid till i medeltal 100, 79 respektive 94 kg N/ha. Denna kvävefrigörelse hade större betydelse för grödans N-försörjning än de övervintrande mineralkväveförråden. Den samlade mängden utnyttjbart jord- och förfruktskväve, beräknad som grödans N-innehåll vid sen degmognad i början av augusti (inkl. skattad N-mängd i rötterna), blev efter höstrapsen, havren och ärterna i medeltal 118, 92 respektive 112 kg N/ha (figur 2). Det utnyttjade jord- och förfruktskvävet kan anses utgöra summan av 1) övervintrande mineralkväve, som tagits upp av grödan, och 2) N-mineraliseringstillskott under växtsäsongen. Variationerna i mängderna mellan försöken var dock rätt stora.



Figur 2. Inverkan av förfrukterna höstraps, havre och ärter på de mängder växttillgängligt jordkväve som tagits upp av höstvetet fram till olika tidpunkter (= medeldatum för provtagningar) under växtsäsongen år 2. Uppgifterna för tidpunkterna 15/5, 30/5, 24/6 och den vänstra stapelgruppen för den 1/8 avser tre av försöken. Den högra stapelgruppen för den 1/8 gäller alla nio försöken.

### Skördar av höstvetet, proteinhalter i kärnan och optimal N-gödsling efter förfrukterna

Inverkan av förfrukterna och de stigande N-givorna på höstvetets avkastning och proteinhalter i kärnan framgår av tabell 3. Förfrukterna höstraps och ärter gav 1.220 respektive 1.080 kg kärna per ha i merutbyte jämfört med havre som medeltal för alla gödslingsled. Även vid de högsta N-gödslingsnivåerna bestod i stort sett avkastningsskillnaderna. Stigande N-givor kunde således knappast alls kompensera för de mindre veteskördar som erhöles efter den sämre förfrukten havre. Detta kan sammanhänga med höstrapsens och ärternas växtpatologiskt sanerande inverkan på höstvetet. Proteinhalterna påverkades dock inte nämnvärt av förfrukterna. De ekonomiskt optimala N-givorna efter förfrukterna höstraps, havre och ärter uppgick till i medeltal 124, 149 kg respektive 132 kg N/ha vid priskvot 10 (dvs. ett gödselkvävepris 10 gånger så stort som priset per kg höstvetekärna), se tabell 3.

Av regressionsanalys (tabell 4) framgår, att variationerna i de ekonomiskt optimala N-givorna till höstvetet kan förklaras till 69% dels av variationerna i vetets skördenivå vid optimum, som

ju påverkades av förfrukterna, och dels av mängderna utnyttjbart kväve härstammande från jord och förfrukter (eller av kvävemineralsättningstillskotten under växtsäsongen). Ekvation 1 och 2 (tabell 4) visar att en merskörd på ca 1.000 kg kärna per ha, som ju höstraps och ärter i stort sett gav upphov till, skulle kräva en ökning av den optimala N-givan med ca 15 kg N/ha (jmf. Engström & Gruvaeus, 1998). Enligt ekvationerna medför samtidigt tillskotten av växttillgängligt kväve efter höstrapsen och ärterna minskningar av det optimala gödselkvävebehovet till höstvetet.

Tabell 3. Inverkan av de olika förfrukterna höstraps, havre och ärter och av stigande N-givor på kärnskördarna av höstvetet (kg/ha, 15% vattenhalt) och på proteinhalten i kärnan. Medeltal för nio försök.

	N-giva, kg/ha	Höstveteskörd efter:			Protein, %		
		Höstraps	Havre	Ärter	Höstraps	Havre	Ärter
	0	5880	4400	5540	8,9	8,9	9,1
	40	7680	6150	7380	9,2	8,9	8,9
	80	8900	7480	8510	9,9	9,6	9,6
	120	9410	8200	9310	10,6	10,8	10,5
	160	9730	8700	9540	11,3	11,0	11,4
	200	9820	8820	9930	12,1	11,9	12,0
	240	9930	9080	9850	12,6	12,6	12,6
Medeltal	120	8760	7550	8580	10,6	10,5	10,6
Högsta skörd vid N-giva, kg/ha		10060	9170	10000			
<u>Optimal N-giva:</u>		240	240	200			
					<u>Optimal skörd:</u>		
Medeltal		124	149	132	9610	8950	9620
Minsta värde		80	77	105	6550	5670	6570
Högsta värde		156	202	181	13360	13750	13730
Standardavvikelse					1870	2200	2090

Tabell 4. Samband, uttryckta som justerade R<sup>2</sup>-värden (R<sub>a</sub><sup>2</sup>), mellan 1) ekonomiskt optimala kvävegivor (kg N/ha) till höstvetet som beroende variabel och 2) skördenivå (kg/ha) samt växttillgängligt jord- och förfruktskväve (kg N/ha) eller nettomineralisering av kväve (kg N/ha) under växtsäsongen som oberoende variabler.

Samband mellan optimala N-givor (y) och...	R <sub>a</sub> <sup>2</sup>	Ekvation
1 ...Kärnskörd (x <sub>1</sub> ) och växttillgängligt jord- och förfrukts-N (x <sub>2</sub> )	0,69***	y = 129 + 0,014 x <sub>1</sub> - 1,14 x <sub>2</sub>
2 ...Kärnskörd (x <sub>1</sub> ) och nettomineralisering av N (x <sub>3</sub> )	0,69***	y = 104 + 0,015 x <sub>1</sub> - 1,24 x <sub>3</sub>

\*\*\* p < 0,001.

## Diskussion

De större mineralkväveförråden efter höstraps och ärter än efter havre gjorde sig gällande redan vid dessa gröders skördemognad. Orsakerna till detta är inte klargjorda. Vad gäller ärterna, är det troligt att dessa utnyttjade befintligt mineralkväve i marken sämre än t.ex. stråsäd (Lindén, 1984). Det är som nämnts emellertid inte sannolikt att nedbrytning av rapsens och ärternas halm ledde till nettomineralisering av kväve under hösten, eftersom kolkvävekvoten i båda halmslagen var för hög. Istället kan orsaken vara frigörelse av kväve vid nedbrytning av döda och döende blad och andra växtdelar i samband med mognadsförloppet (jmf. Andersson et al., 1959; Razoux Schultz, 1972) och, i vart fall för ärternas del, rhizodeposition vid begynnande nedbrytning av rotsystemet (Jensen, 1996). Det är angeläget

att effekterna av kvävefrigörelse av dessa slag motverkas, t.ex. genom avvägda jordbearbetningsåtgärder.

Höstvetets tillgång på utnyttjbart jord- och förfruktskväve efter höstraps och ärter blev i genomsnitt 26 respektive 20 kg N/ha större än efter havre. Med hänsyn till gödselkvävet verkningsgrad kan kväveefterverkan av dessa båda förfrukter i medeltal beräknas motsvara kvävegivor på 37 respektive 29 kg N/ha i form av mineralgödsel.

Variationerna i de ekonomiskt optimala kvävegivorna enligt ekvation 1 och 2 (tabell 4) kan som framgått relateras till en skörderelaterad term (variationer i kärnskörd vid optimum, ekvation 1 och 2) och en term avseende variationer i mängden växttillgängligt jord- och förfruktskväve (ekvation 1) eller i förfrukternas inverkan på nettomineraliseringen av kväve under växtsäsongen (ekvation 2). Den skörderelaterade termen kan i sin tur sägas beakta den skördestegrande effekten av förfrukterna höstraps och ärter, som troligen huvudsakligen beror på deras växtpatologiskt sanerande egenskaper. Den sjukdomsbegränsande effekten framgår av att stigande kvävegivor inte kunde kompensera det skördebortfall som den sämre förfrukten havre medförde. Hade höstvetet eller korn utgjort förfrukter till höstvetet, skulle skördeminskningen i jämförelse höstrapsen och ärterna troligen ha blivit ännu kraftigare (jmf. Ohlander 1996). Stråsäd av olika slag som förfrukt medför således sämre utnyttjande av höstvetets avkastningspotential. Resultaten visar vidare, att det med ökad N-gödsling efter en sämre förfrukt såsom havre i princip inte går att kompensera för skördebortfallet vid högre kvävegödslingsnivåer.

Goda förfrukters skördestegrande inverkan på höstvetet ökar emellertid dess kväveupptagningsbehov, i denna undersökning med ca 15 kg N/ha vid en ökning av kärnsköörden med 1000 kg/ha (tabell 4). Samtidigt ger dessa förfrukter ett kvävetillskott, som i sin tur bidrar till att minska behovet av gödselkväve (tabell 4). Den samlade effekten av dessa båda skeenden, uttryckt som den ekonomiskt optimala kvävegivan till höstvetet efter förfrukt höstraps och ärter, motsvarade en minskning av gödselkvävebehovet med i medeltal 25 respektive 18 kg N/ha jämfört med havre (tabell 3).

De optimala kvävemängderna till höstvetet efter de olika förfrukterna uppvisade emellertid en betydande variation kring respektive medelvärden (tabell 3). Även tillgången på utnyttjbart jord- och förfruktskväve växlade i hög grad från plats till plats. Om medeltal för dessa parametrar används som rådgivningsunderlag, kan större eller mindre gödslingsfel uppkomma i praktiken. Frågan är då hur man på varje enskilt skifte skall bestämma inverkan av de goda förfrukterna höstraps och ärter på 1) det efterföljande höstvetets avkastningsförmåga (genom främst den sjukdomssanerande effekten) och 2) kväveefterverkan. Dessutom förekommer det ju alltid större eller mindre inomfältvariationer i båda dessa avseenden. Med tillämpning av den moderna precisionsodlingstekniken i form av optiska sensorer, såsom klorofyllmätare (Hoel, 1999) och Yaras (Hydros) N-sensor (t.ex. Link et al., 2002), finns emellertid vissa möjligheter att under den pågående växtsäsongen korrigera för avvikelser genom anpassad tilläggsgödsling med kväve. Detta gäller främst årsmånens och platsens inverkan på grödans kväveförsörjning (våglängder som avspeglar klorofyllhalten i växten) men även i viss mån på tillväxtförmåga (genom mätning i våglängdsområden som relaterar till grödans biomassemängd). Försöksresultat från bl.a. detta projekt avseende förfruktens generella inverkan kan här utgöra en målinriktning för gödslingen, som sedan finjusteras med hjälp av sensoranvändning. Sensorstudier gjordes dock inte i projektet, men tillämpningen måste ändå anses rimlig. Skeenden i grödans utveckling efter sensormätning och efter utförd tilläggsgödsling kan dock givetvis inte förutses och beaktas.



De i detta projekt gjorda studierna av förfrukternas inverkan på kvävefrigörelsen i marken periodvis under höstvetets växtsäsong tyder på ganska linjära ökningar av kvävemineriseringstillskotten under våren och sommaren. Denna förhållandevis jämna tidsfördelning antyder, att man redan under stråskjutningsstadiet har en god bild av hur kvävetillgången fortsatt kommer att förändras efter höstraps och ärter i jämförelse med stråsäd (havre) som förfrukt. N-gödsling baserad på sensormätningar behöver därför inte drabbas av fel orsakade av efterföljande oväntade förändringar i kvävemineriseringen efter endera av de olika förfrukterna.

## **Publicering och spridning av undersökningsresultaten**

Resultaten från projektet har publicerats på följande sätt:

*Engström, L. 2001.* Odlar oljeväxter och minska kvävetillförseln i efterföljande gröda. Svensk Frötidning, nr 7, 2001, 4-6.

*Lindén, B. & Engström, L. 2005.* Kväveefferverkan av höstraps, havre och foderärter vid odling av höstvet. Sveriges Utsädesförenings Tidskrift 115, nr 1-2, 2005, 53-62.

Föredrag om resultaten har hållit under ett antal konferenser:

*Engström, L. 2001.* Odlar oljeväxter – minska kvävetillförseln till efterföljande gröda.

Föredrag vid Regional växtodlings- och växtskyddskonferens i Uddevalla den 9-10 januari 2002.

*Engström, L. & Lindén, B. 2001.* Höstoljeväxter som kvävekälla. Utnyttja kvävet i efterföljande höstvet. Rapskonferens i Vänersborg den 14 mars 2001 anordnad av Svensk Raps.

*Lindén, B. 2001.* Höstoljeväxter som kvävekälla. Utnyttja kvävet i efterföljande höstvet. Rapskonferens i Väderstad den 15 mars 2001 anordnad av Svensk Raps.

*Lindén, B. & Engström, L. 2004.* N-hushållning och efterverkan vid odling av höstraps.

Föredrag vid seminariet "Forskningsfronten inom svensk oljeväxtforskning" i Alnarp den 2 november 2004.

*Engström, L. 2005.* Efterverkan av höstraps i höstvet. Föredrag vid Regional växtodlings- och växtskyddskonferens i Uddevalla 20-21 januari 2005.

Vidare har resultaten ställts till Jordbruksverkets förfogande för beaktande i "Riktlinjer för gödsling och kalkning" ([www.sjv.se](http://www.sjv.se)) och utnyttjats i undervisningen vid Institutionen för markvetenskap, SLU.

## **Citerad litteratur i slutredovisningen**

*Andersson, G., Olered, R. & Olsson, G. 1959.* Zur Nährstoffaufnahme des Winterraps. Zeitschrift für Acker- und Pflanzenbau 107, 171-179.

*Aronsson, H. & Torstensson, G. 2003.* Höstgrödor – fånggrödor – utlakning. Kvävedynamik och kväveutlakning i två växtföljder på moränlättnare i Skåne. Resultat från 1993-2003. Ekohydrologi 75. Avdelningen för vattenvårdslära, Sveriges lantbruksuniversitet, Uppsala.

*Christen, O., Sieling, K. & Hanus, H. 1992.* The effect of different preceding crops on the development, growth and yield of winter wheat. European Journal of Agronomy 1, 21-28.

*Engström, L. & Gruvaeus, I. 1998.* Optimal kvävegödsling till höstvet. Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för jordbruksvetenskap Skara. Rapport 3, serie B Mark och växter.

*Hansson, A.-C., Pettersson, R. & Paustian, K. 1987.* Shoot and root production and nitrogen uptake in barley, with and without nitrogen fertilization. Z. Acker Pflanzenb. 158, 163-171.

- Hoel, B. A. 1999. Assessment of methods for determination of nitrogen status in winter wheat (*Triticum aestivum* L.) Norges Landbrukshøgskole. Doctor Scientiarum Theses 1999:25.
- Jensen, E. S. 1996. Rhizodeposition of N by pea and barley and its effect on soil N dynamics. *Soil Biology and Chemistry* 28, 65-71.
- Knudsen, L., Østergaard, H. S. & Schultz, E. 2000. Kvælstof – et næringsstof og et miljøproblem. Landbrugets Rådgivningscenter, Landskontoret for Planteavl, Århus, Danmark.
- Knudsen, L., Birkmose, T., Hansen, O. M., Østergaard, H. S., Hørfarter, R., Thomsen, K. K., Thomsen, A. & Berntsen, J. 2002. Gødskning og kalkning. Oversigt over landsforsøgene. Forsøg og undersøgelser i de landøkonomiske foreninger 2002. Ed. C. Å. Pedersen. Landbrugets Rådgivningscenter, Århus, Danmark, 158-210.
- Kristensen, E. S. & Olesen, J. E. 1998. Kvælstodudvaskning og -balancer i konventionelle og økologiske produktionssystemer. Forskningscenter for Økologisk Jordbrug, Foulum, Danmark.
- Lindén, B. 1984. Ärternas inverkan på mineralkvävetillgången i marken och efterföljande grödas gödselkvävebehov. Årtodling. Nordiske Jordbruksforskernes Forening. NJF-utredning/rapport nr 15, 23:1-8.
- Lindén, B. 1987a. Mineralkväve i markprofilen och kväveminerialisering under växtsäsongen. I: Kvävestyrning till stråsäd - dagsläge och framtidsmöjligheter. Kungl. Skogs- och Lantbruksakademien, rapport 24, 23-46.
- Lindén, B. 1987b. Kväveminerialisering vid olika driftsformer – djurhållningens och stallgödselns inverkan. Husdyrsgödlas virkninger på jord og avling. NJF-seminarium nr 113, NJF-utredning/rapport nr 39, 78-94.
- Lindén, B., Lyngstad, I., Sippola, J., Søegaard, K. & Kjellerup, V. 1992. Nitrogen mineralization during the growing season. I. Contribution to the nitrogen supply of spring barley. *Swedish J. agric. Res.* 22: 3-12.
- Link, A., Panitzki, m. & Reusch, S. 2002. Hydro N-sensor: Tractor-mounted remote sensing for variable nitrogen fertilization. In: Proceedings of the 6<sup>th</sup> International Conference on Precision Agriculture and other Precision Resources Management, July 14-17, Minneapolis, SAS-CSSA-SSSA, Madison, WI., USA, 1012-1018.
- Ohlander, L. 1996. Växtföljden och dess följder. Meddelande från Södra Jordbruksförsöksdistriktet, nr 47, 13:1-7.
- Olofsson, S. 1993. Influence of preceding crop and crop residue on stand and yield of winter wheat (*Triticum aestivum* L.), in different tillage systems, including zero tillage. *Crop Production Science* 18, Institutionen för växtodlingslära, Sveriges lantbruksuniversitet, Uppsala.
- Razoux Schultz, J. E. 1972. Undersøgelser af vinterrapsens (*Brassica napus* L.) tørstofproduktion og næringsstofoptagelse gennem vækstperioden. *Tidsskrift for Planteavl* 76, 415-435.
- Sieling, K., Günther-Borstel, O. & Hanus, H. 1997. Effect of slurry application and mineral fertilization on N leaching in different crop combinations. *Journal of Agricultural Science, Cambridge* 128, 79-86.
- Svensson, H. 1988. Ärtor och havre som förfrukter till vete. Slutredovisning av försöksserien R4-3002. Växtodling 3, Institutionen för växtodlingslära, Sveriges lantbruksuniversitet.
- Wallgren, B. 1986. Växtföljden och spannmålens proteinhalt. Konsulentavdelningens rapporter, Allmänt 83, Sveriges lantbruksuniversitet, 13:1-13.