



Höstraps, havre och ärter som förfrukter till höstvete – 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*



Börje Lindén och Lena Engström

Avdelningen för precisionsodling

*Division of precision agriculture
Swedish University of Agricultural Sciences*

**Rapport 4
Skara 2006**

Report 4

ISSN 1652-2788
ISBN 91-576-6892-2

FÖRORD

Lönsamheten av en viss gröda bestäms inte bara av kostnader och intäkter under det år då den odlas utan även av hur odlingssystemet påverkas genom grödans efterverkans effekter. Exempelvis kan avbrottsgrödor som höstraps och foderärter förbättra odlingsekonomin totalt sett genom positiv inverkan på efterföljande gröda. Detta belyses i föreliggande rapport av hur var och en av grödorna höstraps och foderärter påverkar avkastning och kvävegödslningsbehov vid odling höstvetete som eftergröda, i jämförelse med havre som förfrukt till vetet. I undersökningarna ingick tvååriga fältförsök 1999-2004, som utfördes av försökspatrullerna vid Sandby gård, Kristianstads läns hushållningssällskap, och vid försöksstationerna Tofthög och Borgeby, båda tillhörande Hushållningssällskapet Malmöhus, samt av SLU:s försöksstation Lönnstorp i närheten av Alnarp. Författarna tackar försöksutförarna för gott samarbete.

Projektet finansierades genom anslag från Stiftelsen Svensk Oljeväxtforskning och Stiftelsen Lantbruksforskning.

Skara i december 2005

Författarna

Författarna har följande adresser m.m.:

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

Lena Engström: tel. 0511-67141
E-post: lena.engstrom@mv.slu.se

Börje Lindén: tel. 0511-12810
E-post: linden.borje@telia.com

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

	Sida
FÖRORD	3
INNEHÅLLSFÖRTECKNING	5
SAMMANFATTNING	7
INLEDNING	9
MATERIAL OCH METODER	10
Fältförsök	10
Skördebestämning samt provtagningar av grödor och jord	13
Inkubationsstudier	14
<i>Inkubation av jord och halm från valda försöksplatser</i>	14
<i>Inkubationsteknik</i>	15
<i>Provtagning och analys</i>	16
<i>Vattenhalt i jorden under inkubationen</i>	16
<i>Jordtemperaturmätning på inkubationsplatsen</i>	16
RESULTAT OCH DISKUSSION	18
Väderlek och grödutveckling under försöksåren 1999-2004	18
Skörd av och växtrester efter förfrukterna	19
Mineralkväve i marken efter de olika förfrukterna	21
Utnyttjbart jord- och förfruktskväve samt kvävemineralsättningstillskott under höstveteåret efter de olika förfrukterna	22
Skördar av höstvetet och proteinhalter i kärnan samt orsaker till förfrukternas inverkan	24
Ekonomiskt optimal kvävegödsling till höstvetet efter höstraps, havre och ärter	26
Totalt kvävebehov vid ekonomiskt optimal kvävegödsling	28
Inverkan av förfrukterna på kväveeffektiviteten vid odling av höstvetet	30
Ekonomiskt värde av de olika grödsekvenserna	30
Inkubationsundersökningar	31
<i>Jordarnas och växtresternas egenskaper</i>	31
<i>Inkubationsmetodik - sammanfattande beskrivning</i>	31
<i>Resultat av inkubation av jord utan halmtillsats</i>	32
<i>Resultat av inkubation av jord med halmtillsats</i>	33
<i>Temperaturförhållanden under inkubationstiden</i>	34
<i>Jämförelse med kväveprofiler under hösten i fältförsöken</i>	36
<i>Mineraliserings- och immobiliseringsförloppens orsaker</i>	37
<i>Den inarbetade halmens fördelning i matjorden</i>	37
<i>Nettomineralisering av kväve under växtsäsongen året efter förfruktsåret</i>	38
ÖVERGRIPANDE DISKUSSION OCH SLUTSATSER	39
Kvävedynamik i marken efter förfrukterna höstraps, havre och ärter	39
Förfrukternas kväveeffektverkan	40
Förfrukternas inverkan på höstveteskördarna	41
Inverkan av jordkvävetillgången och av skördeeffekterna på det ekonomiskt optimala kvävegödslingsbehovet hos höstvetet efter de tre förfrukterna	41
Förfrukternas inverkan på kväveeffektiviteten och på odlingsekonomi	42
Tillämpningar i praktiken	43
SUMMARY	43
LITTERATUR	46
PERSONLIGT MEDDELANDE	49
BILAGOR	50

SAMMANFATTNING

Nio tvååriga fältförsök genomfördes i södra Skåne 1999-2004 i syfte att beskriva kvävedynamiken i jorden efter ärter och höstraps i jämförelse med stråsäd (havre) och belysa hur dessa grödor påverkar avkastning, proteinhalt och optimal kvävegödsling vid odling av höstvetete som eftergröda. I dessa ingick år 1 tre led med växtslagen höstraps, havre och foderärter i s.k. storrutor. Efter skörden såddes höstvetete över hela försöksarealen. År 2 uppdelades storrutorna i smårutor med stigande kvävemängder (0, 40, 80, 120, 160, 200 och 240 kg N/ha) till höstvetetet efter var och en av de tre förfrukterna. Kvävedynamiken i marken studerades bl.a. genom uttagning av jordprover skiktvis till 90 cm djup för bestämning av mineralkväve vid olika tidpunkter: omedelbart efter skörden av förfrukterna och i början av november år 1 samt tidigt på våren och vid sen degmognad hos höstvetetet år 2. Härtill undersöktes höstvetetets tillgång på växttillgängligt jord- och förfruktskväve under växtsäsongen år 2 genom bestämning av grödans innehåll av totalkväve vid sen degmognad i icke N-gödslade led med de olika förfrukterna. I fyra av försöken utfördes mineralkväve- och grödprovtagningar i dessa led även vid tre andra tidpunkter tidigare under växtsäsongen.

Fältförsöken kompletterades med en inkubationsstudie, för vilken jord togs år 1 från försöksleden med de tre grödorna höstraps, havre och ärter i fyra av fältförsöken. Avsikten var att undersöka dessa förfrukters inverkan på kvävemineralisering och -immobilisering i jorden under hösten år 1 och fram till våren år 2. Jord hämtades efter skörden av förfrukterna på två av dessa platser 2002 och från ytterligare två försök år 2003. Jord dels med och dels utan inblandning av halm från förfrukterna inkuberades i förslutna burkar, som placerades i matjorden på Lanna försöksstation i Västergötland. Burkarna täcktes med jord och försågs med ett ventilationsrör. I inkubationsundersökningarna, som båda åren påbörjades den 29/8 med utplacering av burkarna och avslutades den 30/4 året därpå, studerades förfrukternas inverkan på kvävemineralisering och -immobilisering, med och utan halminblandning i jorden i burkarna, genom bestämning av mängderna mineralkväve vid totalt fem tidpunkter under denna period.

Redan vid skördemognad år 1 (förfruktsåret) innehöll marken i fältförsöken mer mineralkväve i höstraps- och ärtleden än där havre odlats. Fram till i början av november ökade dessa mineralkväveförråd ytterligare till i medeltal 68, 64 respektive 45 kg N/ha inom 0-90 cm djup. Möjliga förklaringar till skillnaderna mellan grödorna redan vid mognaden kan vara frigörelse av kväve härstammande från olika växtdelar: för höstrapsens del efter blomningen genom nedbrytning av döda eller döende blad, som fallit ned på marken, och för både höstrapsen och ärterna begynnande nedbrytning av rotsystemet redan under sensommaren. Höstrapsens tidigt avslutade kväuepptagning i jämförelse med havre bör också ha bidragit genom att mineraliserat kväve sedan inte togs upp utan ansamlades i jorden. Raps- och ärthalmen var dock alltför kvävefattig för att under den efterföljande hösten orsaka nettomineralisering av kväve vid nedbrytning, vilket också framgick av inkubationsstudierna.

Från senhösten och fram till tidig vår år 2 minskade mineralkväveförråden i marken, troligen genom förluster. På våren återstod likväl mest efter höstraps och därefter ärter. Detta övervintrande mineralkväve kunde delvis utnyttjas av höstvetetet under den efterföljande växtsäsongen. Härtill kom kvävetillskott genom mineralisering från tidig vår tills höstvetetet nått sen degmognad: i medeltal 100 kg N/ha efter höstrapsen, 79 kg efter havren och 94 kg efter ärterna. Den samlade mängden växttillgängligt jord- och förfruktskväve bestående av dels övervintrande mineralkväve, som utnyttjats av vetet, och dels N-mineraliseringsstillskott under

växtsäsongen blev efter höstrapsen, havren och ärterna i medeltal 118, 92 respektive 112 kg N/ha.

Inkubationsundersökningarna visade som antytts, att det efter inblandning av halm i jorden uppkom kväveimmobilisering inte bara i havreledet utan även i höstraps- och ärtleden. Detta förklaras av de förhållandevis höga kol-kvävekvoterna, inte bara i havre- utan även i raps- och ärthalmen, som i medeltal uppgick till 105, 73 respektive 48. Kvävefastläggningen tycktes börja upphöra först efter ärterna (redan på hösten) och något senare efter höstrapsen, men efter havren pågick den ännu vid inkubationens avslutning den 30 april. I alla tre inkubationsleden utan halmtillförsel ökade däremot mineralkvävemängderna från och med hösten genom nettomineralisering. Det senare synes bidra till att förklara den generella ökningen av mineralkväveförråden i fältförsöken under hösten trots nedbrukning av växtresterna före höstvetesådden. Härvid förutsätts att 1) halmen bara arbetades in i ett tunnare matjordsskikt, där N-immobilisering bör ha uppkommit, och att 2) resten av matjorden, som följaktligen utgjorde den största delen av matjordsvolymen, inte berördes av halmen och dess nedbrytning efter jordbearbetningen inför höstvetesådden, med nettomineralisering av kväve i detta jordskikt som följd.

Av inkubationsstudierna samt mineralkväve- och gröndundersökningarna i fältförsöken kan slutsatsen dras, att från och med våren år 2 övervägde i ärt- och höstrapsleden frigörelse av kväve härstammande från egentligt jordkväve (jordeget kväve) alltmer över förekommande kvävefastläggning. Efter havren är det däremot troligt, att kväveimmobiliseringen vid halmens nedbrytning fortsatte in under växtsäsongen år 2 och därvid förbrukade delar av det jordegna kväve som efterhand frigjordes under denna tid. Därigenom hölls uppenbarligen nettomineraliseringstillskotten efter havren på en lägre nivå än efter de båda andra grödorna, således med sämre kväveefferverkan av havren än av höstrapsen och ärterna. En annan slutsats, baserad på litteraturuppgifter, är att under växtsäsongen år 2 måste mängden mineraliserat kväve, som härstammade från humus bildad av förfrukternas växtrester, ha varit alltför liten för att påtagligt förklara skillnaderna i förfrukternas inverkan på höstvetets N-försörjning.

Jämfört med havre som förfrukt gav höstvetet efter höstraps och ärter 1.210 respektive 1.030 kg kärna per ha i merskörd som medeltal för alla gödslingsled. Även vid de högsta N-gödslingsnivåerna bestod avkastningsskillnaderna i hög grad. Den sannolikaste förklaringen torde vara att förfrukterna höstraps och ärter hade starkare sanerande verkan än havren mot skadegörare på höstvetet, varigenom detta kunde utnyttja sin tillväxtpotential bättre. Efter höstraps kan dessutom förbättrad markstruktur vara en tänkbar orsak. Proteinhalterna i höstvetekärna påverkades däremot inte nämnvärt av förfrukterna.

Regressionsanalys visade, att de båda goda förfrukternas skördestegrande inverkan på höstvetet (främst genom friskare gröda) ökade vetets kväveupptagningsbehov. Enligt denna undersökning steg detta med ca 15 kg N/ha vid en ökning av kärnsköörden med 1000 kg/ha vid optimal avkastning. Som framgick blev å andra sidan höstvetets tillgång på växttillgängligt jord- och förfruktskväve efter höstraps och ärter i genomsnitt 26 respektive 20 kg N/ha större än efter havre, vilket bör motsvara ca 40 och 30 kg mineralgödselkväve per ha. Detta bidrog till att minska de ekonomiskt optimala kvävegivorna till höstvetet efter höstraps och ärter i jämförelse med havre. Efter höstraps, ärter och havre uppgick dessa till 124, 132 respektive 149 kg N/ha som medeltal för de nio försöken. I två försök blev det emellertid något högre optimala kvävegivor till höstvetet efter höstraps än efter havre och i ett av dem även efter ärter. Undantas dessa båda försök, blir den genomsnittliga optimala N-givan till höstvete efter

höstraps 37 kg N/ha (7 obs.) och efter ärter 29 kg N/ha (7 obs.) mindre än efter havre, vilket väl överensstämmer med andra undersökningar i Norden.

De olika grödsekvenserna i dessa försök (höstraps – höstvetete, havre – höstvetete eller foderärter – höstvetete) påverkade det ekonomiska resultatet av odlingen. De beräknade täckningsbidragen (TB 1), dels för förfrukterna och dels för det efterföljande höstvetetet, visade en nettointäkt på tillsammans närmare 7.600 kr/ha för grödföljden höstraps – höstvetete, drygt 5.900 kr/ha för ärter – höstvetete men ”bara” ca 5.200 kr/ha för havre – höstvetete. Höstrapsgrödan hade i de gjorda kalkylerna ett betydligt bättre, eget täckningsbidrag än havren och foderärterna. Dessa skillnader hade större betydelse för grödsekvensernas lönsamhet än förfrukternas inverkan på höstveteteskördarna.

INLEDNING

Det är väl känt, att höstraps, liksom besläktade 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 höstvetete), 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. En viss gröda kan också ha en skördeökande eller -sänkande effekt genom inverkan på markstruktur och rotmiljö i matjord och alv. Härtill är det allmänt bekant, att inte bara ärter och andra baljväxter utan även höstraps har god kväveefterverkan. Nedanstående litteraturöversikt visar det kunskapsläge som rådde främst i Sverige i dessa avseenden vid starten av det projekt som redovisas i denna rapport:

I ett större antal undersökningar med odling av vete m.fl. spannmålsslag har den gynnsamma efterverkan av oljeväxter och trindsäd i jämförelse med förfrukt stråsäd beskrivits. Exempelvis anger Svensson (1988) merskördar av höstvetete 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 vete-grödan. Wallgren (1986) fastställde merutbyten av höstvetete på 1000 kg/ha eller mer efter vår-oljeväxter i jämförelse med vete eller korn som förfrukter. Vid odling av höstvetete efter olika grödor, och med nedplöjning av växtresterna, rangordnade sig höstveteteskördarna efter dessa förfrukter enligt Olofsson (1993) på följande sätt: vårrys = ärter > havre > korn > vete. Merskördarna av höstvetetet efter vår-oljeväxterna och ärterna i jämförelse med förfrukt höstvetete uppgick till minst 1000 kg/ha. Signifikant fler ax per m² fastställdes, där vår-oljeväxter eller ärter föregick höstvetetet än där förfrukten var höstvetete. Ohlander (1996) angav också verkan av vår-oljeväxter och ärter som förfrukter till höstvetete till i medeltal 1000 kg/ha i ökad kärnskörd och fastställde efter höst-oljeväxter en genomsnittlig meravkastning på 1100 kg höstvetete per ha samt efter havre 700 kg/ha i jämförelse med förfrukt höstvetete.

Enligt Knudsen et al. (2002) i Danmark och Engström & Gruvaeus (1998) i Sverige medför kväveefterverkan av höstraps i medeltal 40 kg N/ha respektive 34 kg N/ha lägre optimal N-giva till höstvetete än med stråsäd som förfrukt. Efter ärter fastställde Knudsen et al. (2002) på motsvarande vis 28 kg N/ha mindre gödselkvävebehov hos höstvetete. Lindén (1987a) fann att foderärternas kväveefterverkan, i jämförelse med havre som förfrukt, uppgick till ca 25 kg N/ha, vilket avser den mermängd kväve som utnyttjats av den efterföljande grödan. Medan ärternas kväveefterverkan främst sammanhänger med deras N₂-bindning, synes orsakerna till höstrapsens gynnsamma N-effekt inte vara helt klarlagda. Ökad kväveutlakning under vinterhalvåret

efter skörd av höstraps (Sieling et al., 1997; Sieling & Christen, 1999; Knudsen et al., 2000; Aronsson & Torstensson, 2003) tyder på att kväveprocesser vid odling av denna gröda leder till större ansamling av nitratkväve i marken efter mognaden än stråsäd (jmf. Hallgren, 2003). 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 (Lindén, 1984; Svensson, 1988), vilka inte bara medför ökad N-utlakningsrisk utan även bidrar till bättre kväveefterverkan.

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 höstvetete efter höstvetete i jämförelse med höstvetete efter höstraps i hög grad sammanhängde med större förekomst av rotdödare (*Gaeomannomyces graminis*) i det förra fallet. Olofsson (1993) fann kraftigare angrepp av skadegörare på rötter vid odling av höstvetete efter vete eller korn än efter havre, vårbybs och ärter efter nedplöjning av skörderesterna. Angreppen av *Fusarium* var här mindre efter våroljevaxter än efter de andra nämnda förfrukterna.

Med utgångspunkt från den refererade litteraturen kan i princip följande tre faktorer sägas inverka på det optima gödselkvävebehovet till höstvetete efter höstraps och ärter: 1) Genom att grödan i ett friskare bestånd bättre utnyttjar sin avkastningspotential än om förfrukten utgöres av stråsäd (vete, korn, råg), möjliggöres högre höstveteskörd, vilket i sin tur ökar kvävebehovet. Havre som förfrukt till vete anses emellertid också ha en sanerande inverkan vid förekomst av rotdödare (Olofsson, 1993; Wallenhammar & Pettersson, 2003). 2) Samtidigt ersätter rapsens eller ärternas kväveefterverkan en del av det gödselkväve som höstvetetet behöver. 3) Denna kväveefterverkan bestäms av hur de båda förfrukterna inverkar på nettomineraliseringen av kväve i marken. Härvid inverkar kvävefrigörelsens 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 påverkar den optimala N-gödslingen. I syfte att beskriva kvävedynamiken i jorden efter ärter och höstraps i jämförelse med stråsäd (havre) och för att belysa hur grödorna höstraps, foderärter och havre påverkar avkastning, proteinhalt och optimal kvävegödsling vid odling av höstvetete som eftergröda genomfördes en undersökning med nio tvååriga fältförsök i södra Skåne 1999-2004.

MATERIAL OCH METODER

Fältförsök

I de tvååriga fältförsöken ingick år 1 tre led, vart och ett med växtslagen höstraps, havre och foderärter fördelade enligt en splitplotplan på storrutor (ca 30*24 m) i tre block. Försöksplatserna framgår av tabell 1 och jordarnas egenskaper av tabell 2. Efter skörden av dessa grödor inarbetades skörderesterna i marken, varefter höstvetete såddes över hela försöksarealen. År 2 uppdelades storrutorna in smårutor med stigande kvävemängder (0-240 kg N/ha) till höstvetetet efter var och en av de tre förfrukterna bl.a. för att belysa deras inverkan på den optimala N-gödslingsnivån (se nedan).

Tabell 1. Försöksplatser samt jordarter (0-20 cm djup), växtföljder och förfrukter till grödorna år 1 i de olika försöken.

Table 1. Experiment sites and soil types (0-20 cm soil depth), crop sequences and crops preceding winter oilseed rape, oats and peas in year 1. Mä = moraine, LL = sandy loam, Mo = loamy sand, sa = sand, mo = fine sand, mf, nmh, mmh = <2, 2-3 and 3-6 % soil organic matter, respectively, vårkorn = spring barley, höstkorn = winter barley.

Försöksplatser och år	Jordart	Lerhalt, %	Mullhalt, %	Växtföljd	Förfrukter till grödorna år 1
<i>Experimental sites and years</i>	<i>Soil type</i>	<i>Clay content, %</i>	<i>Soil organic matter, %</i>	<i>Crop sequence</i>	<i>Preceding crops (= before year 1)</i>
1999-2001					
Stävie 1, 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	17	2,3	*	vårkorn
2000-2002					
Bollerup 2, Tomelilla	nmh l Mä Mo	14	2,4	**	höstkorn
Linelund 1, N. Åby	mf sa Mä LL	17	1,9	*	vårkorn
2001-2003					
Linelund 2, N. Åby	nmh mo Mä LL	16	2,1	*	vårkorn
Stävie 2, Furulund***	nmh Mä ML	29	2,8		
2002-2004					
Nytofta, Ö. Vemmenhög	nmh sa Mä LL	16	2,1		höstkorn
Sandby gård, Borrby	mmh Mä ML	28	3,7	**	vårkorn
Lönnstorp, Åkarp (Alnarp)	mmh mo Mä LL	17	3,2	*	vårkorn

*) Växtföljd med sockerbeter och höstraps. *Crop rotation including sugar beet and winter oilseed rape.*

**) Växtföljd med sockerbeter och höstraps samt vall med stallgödseltillförsel. *Crop rotation including sugar beet, winter oilseed rape and leys (with application of manures).*

***) Detta försök lades ned på senhösten efter skörden av grödorna år 1 p.g.a. ärtrottröta (*Aphanomyces euteiches*) och viltskador i ärtledet, men dessförinnan (efter skörd) togs jordprover ut i leden med höstraps och havre för inkubationsstudier (se nedan).

This experiment was withdrawn in the autumn after the harvest of the crops in year 1 due to attacks of root rot of peas (Aphanomyces euteiches) and damages by animals. However, soil and straw samples were taken out after harvest in the treatments with winter oilseed rape and oats for incubation studies (see below).

Tabell 2. Markkemiska egenskaper i matjorden (0-20 cm) på försöksplatserna.

Table 2. Chemical properties of the topsoil (0-20 cm) at the experimental sites.

Försöksplatser och år	pH (H ₂ O)	mg/100 g lufttorr jord mg/100 g air-dry soil		
		P-AL	K-AL	Mg-AL
<i>Experimental sites and years</i>				
1999-2001				
Stävie 1, Furulund	6,9	5,7	10	7,2
Bollerup 1, Tomelilla	7,0	11	8,2	10
Steglarp, Ö. Grevie	7,4	6,4	9,5	12
2000-2002				
Bollerup 2, Tomelilla	6,3	14	12	6,0
Linelund 1, N. Åby	6,9	6,4	7,9	9,6
2001-2003				
Linelund 2, N. Åby	8,0	6,3	6,8	6,3
Stävie 2, Furulund*	6,8	21	9,6	15
2002-2004				
Nytofta, Ö. Vemmenhög	7,8	6,4	9,9	7,6
Sandby gård, Borrby	7,2	6,7	12	7,8
Lönnstorp, Åkarp (Alnarp)	6,5	8,6	8,9	7,8

*) Platsen användes bara för jord- och halmprovtagning för inkubationsstudier (se tabell 1 och nedan). *This site was only used for soil and straw sampling for incubation studies (see Table 1 and below).*

Grödorna år 1 tillfördes normalt förekommande kvävegivor (tabell 3), med anpassning till odlingsförhållandena på de olika försöksplatserna: till höstrapsen i medeltal 188 kg N/ha (varav 50 kg N/ha under hösten dessförinnan), till havren genomsnittligt 104 kg N/ha, men inget gödselkväve till ärterna. Fosfor, kalium och svavel tillfördes efter grödornas behov. Höstrapsen erhöll 0-13 kg svavel per ha på hösten och 13-36 kg på våren. Ingen tillförsel av stallgödsel gjordes vare sig år 1 eller år 2.

Inget gödselkväve tillfördes i samband med sådden av höstvetet. Kvävegödslingen till vetet år 2 efter var och en av de tre förfrukterna höstraps, havre och ärter genomfördes med tredelade N-givor enligt planen i tabell 4. Den första och andra givan spreds i form av Axan NS 27-3 och den tredje som kalksalpeter med svavel. Led A och B tillfördes inte något gödselkväve. Led A användes liksom led C-H till bestämning av kärnskorde, medan led B utnyttjades för provtagningar av gröda och jord under växtsäsongen år 2. Kemisk bekämpning av ogräs och skadegörare i höstvetet utfördes av försöksvärden på samma sätt som på det omgivande fältet.

Tabell 3. Kvävegödsling (kg N/ha) år 1 till förfrukterna höstraps, havre och foderärter.

Table 3. Nitrogen fertilisation (kg N/ha) in year 1 to winter oilseed rape, oats and field peas.

Försöksplatser och år <i>Experimental sites and years</i>	Höstraps <i>Winter oilseed rape</i>		Havre <i>Oats</i>	Foderärter <i>Field peas</i>
	Vid rapssådden <i>At sowing</i>	På våren <i>In spring</i>		
1999-2001				
Stävie 1, Furulund	51	150	130	0
Bollerup 1, Tomelilla	50	140	100	0
Steglarp, Ö. Grevie	50	122	108	0
2000-2002				
Bollerup 2, Tomelilla	50	140	100	0
Linelund 1, N. Åby	62	130	100	0
2001-2003				
Linelund 2, N. Åby	50	133	102	0
Stävie 2, Furulund*	34	140	120	0
2002-2004				
Nytofta, Ö. Vemmenhög	57	129	108	0
Sandby gård, Borrby	50	140	100	0
Lönstorp, Åkarp (Alnarp)	31	160	90	0
Medeltal, utom Stävie 2* <i>Average, except Stävie 2*</i>	50	138	104	0
Totalt till höstrapsen, inkl. höstgiva <i>Total amount to the rape</i>		188		

*) Platsen användes bara för jord- och halmprovtagning för inkubationsstudier (se tabell 1 och nedan). *This site was only used for soil and straw sampling for incubation studies (see Table 1 and below).*

Tabell 4. Kvävegivor (kg N/ha) till höstvetet år 2 efter var och en av de tre förfrukterna.

Table 4. Nitrogen fertilisation (kg N/ha) to the winter wheat in year 2 following each one of the three preceding crops.

Försöksled <i>Treatment</i>	Första N-giva, Stadium DC 23-27 <i>First application</i>	Andra N-giva, Stadium DC 30 <i>Second application</i>	Tredje N-giva, Stadium DC 37-39 <i>Third application</i>	Summa tillfört kväve <i>Total N amount</i>
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

Avsikten var från början att tre år i rad årligen anlägga tre försök i Skåne och ett i norra Götaland. Den senare placeringen var en av orsakerna till att havre valdes som stråsådesgröda. De försök som startades i norra Götaland under de båda första åren måste emellertid läggas ned, då höstrapsen drabbades av ojämn uppkomst p.g.a. torra förhållanden efter sådden. Därför förlades alla försök sedan till Skåne.

Skördebestämning samt provtagningar av grödor och jord

Frö-, kärn- och ärtskördarna år 1 bestämdes genom rutvis skördeträskning med tre drag i varje ruta, varefter ledvisa prover togs ut av skördeprodukterna för analyser avseende vattenhalt, renhet och totalkväve. Kärnskördarna av höstvetet år 2 fastställdes genom rutvis skördeträskning av smårutorna (ett drag per ruta) och analyserades ledvis på samma sätt som år 1. Ekonomiskt optimal kvävegödsling till höstvetet bestämdes på basis av avkastningskurvor beräknade med tredjegradspolynom ($y = a + bx + cx^2 + dx^3$) och med en priskvot = 10, avseende förhållandet mellan priset per kg mineralgödselkväve och priset per kg höstvetekärna.

Antalet övervintrande plantor per m² i höstrapsen bestämdes i april genom räkning i varje ruta inom två st. 100 cm långa såradssträckor bredvid varandra. Skotträkning i höstvetebestånden utfördes på våren i stadium DC 22-24 (mars-april) förfruktsvis i led A (utan gödselkväve till höstvetet). Antalet skott räknades i varje ruta, även här inom två st. 100 cm långa såradssträckor bredvid varandra.

Grödorna år 1 provtogs vid skördemognad genom rutvis avklippning vid markytan inom två ytor om 0,25 m² i varje storruta, dvs. totalt 1,5 m² per led. Efter torkning separerades halm (inkl. boss) från kärna, ärter eller frö, varefter de olika delarna vägdes och innehållet av totalkväve bestämdes med en Leco CNS 2000 (Leco, St. Joseph, Michigan, USA) vid Avdelningen för växtnäringlära, Institutionen för markvetenskap, SLU, Uppsala. I halmen utfördes även analys av totalkolinnehållet med denna utrustning för beräkning av C/N-kvoten. Kvävehalten i höstrapsfröet bestämdes vid Analycen, Kristianstad genom elementaranalys enligt Dumas.

År 2 togs prov av höstvetet i B-leden (utan gödselkväve) efter var och en av de tre förfrukterna höstraps, havre och foderärter genom avklippning av vetegrödan vid markytan inom tre st. 0,25 m² stora ytor per småruta (dvs. totalt 2,25 m² per led) vid sen degmognad (stadium DC 87). Detta motsvarar ungefärligen avslutad kväveupptagning. Därefter bestämdes totalkväveinnehållet i kärna och halm på samma vis som ovan. För beräkning av höstvetets samlade kväveinnehåll vid sen degmognad antogs, att totalkvävemängden i rötterna i det icke N-gödslade ledet utgjorde 25 % av innehållet i hela grödan (jmf. Hansson et al., 1987). Den erhållna kvävemängden kan sägas motsvara grödans tillgång på utnyttjbart jordkväve under den gångna växtsäsongen (Lindén et al., 1992). I fyra av försöken (Bollerup 2, Linelund 1 och 2 samt Lönnstorp) provtogs höstvetet i de icke N-gödslade B-leden dessutom vid tre tidigare tidpunkter från mitten av maj till slutet av juni. Avsikten var att belysa, hur de tre förfrukterna tidsmässigt påverkade tillgången på växttillgängligt kväve från marken genom nettomineralisering av kväve.

För bestämning av mängderna mineralkväve (NH₄-N och NO₃-N) i jorden vid olika tidpunkter i vart och ett av leden med de olika förfrukterna provtogs marken till 90 cm djup ledvis med uppdelning i skikten 0-30 cm (24 borrstick), 30-60 cm (12 stick) och 60-90 cm (12 stick). Jordproverna förvarades djupfrysta, varefter de homogeniserades genom frysmalning. De extraherades med 2 M KCl i jord-vätskeförhållandet 1:2,5 (jmf. Bremner & Keeney,

1966), varefter ammonium- och nitratkväve bestämdes med en autoanalysator (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. Kväveprofilprovtagningarna utfördes vid följande 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 grödprovtagningarna i maj och juni.

Kväveprofilprovtagningarna på våren och vid sen degmognad i B-leden år 2 (efter var och en av de tre förfrukterna) samt grödprovtagningen vid det senare tillfället utnyttjades bl.a. för beräkning av förfrukternas inverkan på N-mineraliseringstillskotten (synbarlig nettomineralisering av kväve, *engelska: apparent net nitrogen mineralisation*) under växtsäsongen detta år enligt följande formel (Lindén et al., 1992):

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

där N_{net} = Beräknad nettomineralisering av kväve under växtperioden (tidig vår - sen degmognad)
 $N_{\text{växt}}$ = Kväve i grödan i led B vid sen degmognad (= utnyttjbart jord-N under växtsäsongen)
 N_{md} = Mineralkväve i marken (0-90 cm) vid sen degmognad
 N_{mv} = Mineralkväve i marken (0-90 cm) tidigt på våren

Inkubationsstudier

Som nämnts kan man fråga sig, om den ökade N-utlakning liksom bättre N-efterverkan som fastställts efter ärter och höstraps än efter stråsäd i ovan refererade undersökningar delvis kan bero på större N-mineralisering under hösten och vintern än efter stråsäd. Ett sådant antagande stöds i viss mån av Jensen (1996), som fann att rhizodeposition och mineralisering av kväve härstammande från rötterna gav upphov till större N-mineralisering i jord efter ärter än efter korn.

Inkubation av jord och halm från valda försöksplatser

För att studera förloppet för mineralisering och immobilisering av kväve efter de tre grödorna höstraps, havre och foderärter genomfördes inkubationsstudier 2002-2003 och 2003-2004 med följande behandlingar:

- 1) Enbart jord från leden med var och en av de tre förfrukterna.
- 2) Jord och halm från vart och ett av de tre förfruktsleden. Halmen blandades in i jorden.

Jord, med och utan halmtillsats, placerades i slutna plastburkar med en ventilationsanordning, vilka sattes ned i marken på ett fält (se nedan). Jord och halm togs 2002-2003 från försöken Linelund 2 och Stävie 2 (tabell 1). Det senare fältförsöket måste dock senare läggas ned. År 2003-2004 upprepades studien med jordprover från försöken vid Sandby gård och Lönnstorp (tabell 1). De använda jordarnas egenskaper framgår av tabell 1 och 2. Jordproverna togs ut rutvis (ca 30 liter per ruta) inom 0-20 cm djup i mitten av augusti (15/8 2002 och 14/8 2003) efter skörden av höstrapsen, havren och ärterna försöksår 1, varefter delproverna från ett och samma förfruktsled blandades till ett samplingsprov per försöksplats. Efter provtagningen

förvarades proverna kallt (ca +4°C) till starten av inkubationsstudierna i månadsskiftet augusti-september.

Halmmängderna i försöksgrödorna höstraps, havre och foderärter vid skörden av dem bestämdes i samband med skördetröskningen, och prov togs ut av halm, inkl. agnar och ärt- eller fröbaljor. Den tröskade halmmängden justerades med hänsyn till kvarlämnad stubb, som också provtagits och vägts. I halmen bestämdes totalkol och totalkväve på ovan nämnt sätt med en Leco CNS 2000 (Leco, St. Joseph, Michigan, USA), bl.a. för beräkning av C/N-kvoten. Halmen (förutom boss, agnar och baljor) klipptes till 3-5 cm långa bitar innan dessa växtrester användes i inkubationsstudierna. Det färdiga halmmaterialets storleksfördelning och utseende framgår av figur 1.

Inkubationsteknik

Den inkubationsteknik som tillämpades hade utvecklats av Lindén, Engström & Ericson (2003). Omedelbart före inkubationsstarten homogeniserades och sållades jordproverna med ett såll med maskvidden 5 mm). Härvid togs större rötter bort såsom höstrapsens pålrot, så att bara finare rötter fanns kvar. Vidare tillsattes avjoniserat vatten för att uppnå de vattenhalter i jorden som eftersträvades (se nedan). Jorden hölls hela tiden vid kylskåpstemperatur fram till invägning i inkubationsburkarna några timmar senare. Härvid vägdes 300 g av varje jord (med avseende på försöksplats och förfrukt) in i burkarna (figur 2), varefter dessa vägdes med sitt innehåll, förslöts med skruvlock och placerades i kylskåp. I hälften av alla inkubationsburkar tillsattes utöver jord även halm från förfrukten i fråga och blandades in i jorden. Mängden halm i relation till den invägda jorden motsvarade halmskörden i varje enskilt försök, under antagande att den brukades in i jorden till 7 cm djup och att volymvikten i matjorden (0-20 cm) i fält uppgick till 1,25 kg/dm³. De olika leden för varje försöksplats i inkubationsundersökningen framgår av tabell 5. I materialet från Stävie 2 saknades dock de båda leden med ärter, då denna gröda som nämnts hade drabbats av ärtrottröta på denna plats.

Tabell 5. Undersökningsled i inkubationsstudierna med avseende på jord- och halmmaterial som hämtats efter skörd år 1 i leden med de olika grödorna.

Table 5. Treatments in the incubation studies as regards soil and straw materials taken out after harvest in year 1 in the treatments with the different crops.

Led	Jord härtstammande från försöksled med följande grödor	Halmbehandling
<i>Treatment</i>	<i>Soil taken from plots with the following preceding crops</i>	<i>Straw treatment</i>
1	Höstraps <i>Winter oilseed rape</i>	Utan halm <i>Without straw</i>
2	Höstraps <i>Winter oilseed rape</i>	Med halm <i>With straw</i>
3	Havre <i>Oats</i>	Utan halm <i>Without straw</i>
4	Havre <i>Oats</i>	Med halm <i>With straw</i>
5	Foderärter <i>Field peas</i>	Utan halm <i>Without straw</i>
6	Foderärter <i>Field peas</i>	Med halm <i>With straw</i>

Varje led och varje provtagningstidpunkt (fem stycken, se nedan) hade tre upprepningar med uppdelning på block. Efter invägningen placerades inkubationsburkarna i matjorden, slumpmässigt fördelade på sådana block med ca 50*50 cm avstånd inom en mindre yta på ett åkerfält vid Lanna försöksstation i Västergötland (figur 3), varefter inkubationsperioden började. Valet av denna plats gjordes med hänsyn till möjligheterna att med egen personal ta ut burkar för provtagning och analys vid valda tidpunkter från inkubationsstarten till våren året därpå. Inkubationsburkarna sattes ned med botten på 20 cm djup. Huvuddelen av jordblandningen befann därmed sig på 15-20 cm djup. I samband med utplaceringen byttes locket ut mot ett lock försett med ett 33 cm långt ventilationsrör (figur 2). Efter utplaceringen av burkarna täcktes de omedelbart med ett ca 3 cm tjockt jordlager, ur vilket ventilationsröret stack upp ca 30 cm (figur 3). Det senare hade nedböjd pip, så att nederbördsvatten inte skulle tränga in och

förändra vattenhalten. Rörets uppgift var främst att åstadkomma aeroba förhållanden vid inkubationen, så att de förekommande immobiliserings-, mineraliserings- och nitrifikationsprocesserna inte skulle hämmas av syrebrist eller övergå till denitrifikation.

Tidpunkterna för provtagning var följande under de båda åren:

År <i>Year</i>	Inkubationsstart <i>Start of the incubation</i>	Provtagningspunkter <i>Sampling times</i>				
2002/2003	29/8	29/8	15/10	15/11	30/3	30/4
2003/2004	29/8	29/8	15/10	14/11	30/3	29/4

Provtagning och analys

Vid provtagningspunkterna togs burkar ut slumpmässigt inom varje block för analys med bestämning av förändringarna av innehållet av ammonium- och nitratkväve. Provtagning skedde som framgått även vid starten, så att mängderna ammonium- och nitratkväve kunde bestämmas i utgångsläget. Vid provtagningen vägdes burkarna på nytt för att fastställa eventuella förändringar av vattenhalten. Denna höll sig dock mycket konstant från starten till den sista provtagningen. Efter vägningen tömdes jorden ut ur burkarna och djupfrysades omedelbart. Proverna frysförvarades fram till analys. De homogeniserades genom "frysmalning" (utan upptining) såsom ovan redovisats för vanlig mineralkvävebestämning och extraherades med 2 M KCl i jord-vätskeförhållandet 1:2,5, varefter ammonium- och nitratkväve bestämdes med en TRAACS 800 (se ovan). För att göra analysvärdena mer jämförbara med praktikförhållanden räknades de om till kg N/ha inom ett 7 cm tjockt jordskikt med beaktande av vattenhalten och under antagande att volymvikten var 1,25 kg/dm³.

Vattenhalt i jorden under inkubationen

Som nämnts justerades vattenhalten i inkubationsjordarna så, att den skulle kunna motsvara vanliga förhållanden i matjorden på åkerjord under hösten. De enskilda jordarnas vattenhalt uttrycktes för detta i % av den maximala vattenhållande förmågan (*waterholding capacity*, WHC). Denna bestämdes enligt Jansson (1958). Härvid placerades naturfuktig jord i glastrattar med en glasullstuss som vattengenomsläpplig propp i hålet i övergången till utloppsroret, varefter 100 ml vatten tillsattes. Rörets nedre öppning hade dessförinnan förseglats. Efter vattentillsatsen täcktes tratten med en plastfolie som avdunstningsskydd. Efter ca 12 timmar togs förseglingen i röränden bort, så att överskottsvattnet kunde avdräneras. När inget ytterligare vatten rann bort, bestämdes vattenhalten genom torkning vid 105°C. WHC beräknades sedan som vattenhalten i % av jordens torrsubstans.

Tidigare erfarenheter har visat, att 50-60 % av WHC motsvarar förhållanden som kan råda på hösten, men vid det högsta värdet kan jorden vara alltför kladdig för att i praktiken tillåta harvning och skulle under laboratorieförhållanden leda till att jorden vid hantering riskerar att klumpa ihop sig alltför mycket. Efter provtagningen inför den första inkubationsstudien (2002/2003) visade sig jorden från Stävie 2 ha en vattenhalt motsvarande ca 52 % av WHC, vilket gav god fuktighet utan att jorden blev kletig och utan att den tenderade att klumpa ihop sig vid hantering. Jorden från Linelund 2 var torrare och tillfördes därför så mycket vatten att 52 % av WHC uppnåddes. I likhet härmed justerades vattenhalterna i jordarna från Sandby gård och Lönnstorp vid starten av inkubationen 2003/2004 till 52% av WHC.

Jordtemperaturmätning på inkubationsplatsen

Temperaturen i jorden på inkubationsplatsen vid Lanna mättes kontinuerligt var femte timme med en logger, som placerades ut i en vattentät behållare på 20 cm djup, med mätning på 15-20 cm djup.



Figur 1. Det klippta och homogeniserade halmmaterialets utseende inför starten av inkubationstudierna, exempel från försöket vid Sandby gård 2003: till vänster höstraps-, i mitten havre- och till höger ärthalm.

Figure 1. Appearance of the cut and homogenised straw material before the start of the incubation experiments, examples from the field experiment at Sandby gård: winter oilseed rape (to the left), oats (in the middle) and pea straw (to the right).



Figur 2 *Figure 2*

Figur 2. Inkubationsburk med lock och ventilationsrör.
Figure 2. Incubation bottle with its lid and ventilation tube.



Figur 3 *Figure 3*

Figur 3. Placering av inkubationsburkar på fältytan vid Lanna försöksstationen, exempel från hösten 2002, med burkarnas botten på 20 cm djup och med jordtäckning till 3 cm ovanför burklocket. Ventilationsrören stack upp ca 30 cm över markytan.

Figure 3. Placing of the incubation bottles at the experimental site at Lanna Research Station in the autumn of 2002, with the bottom of the bottles at 20 cm soil depth and a soil cover up to 3 cm above the lid. The ventilation tubes reached about 30 cm above the soil surface.

RESULTAT OCH DISKUSSION

Väderlek och grödutveckling under försöksåren 1999-2004

Väderförhållandena på de utnyttjade försöksplatserna i södra Skåne under åren 1999-2004 var förhållandevis gynnsamma. Höstrapsen övervintrade väl. Antalet rapsplantor per m² på våren blev i medeltal 94, med variationer från som minst 20 till som mest 126 (bilaga 1). Sambandet mellan antalet plantor och fröskörden var ganska svagt, i det att även glesare bestånd ändå gav hygglig avkastning. Hösten 2002 var mycket torr, vilket medförde att höstrapsbeståndet i försöket på Sandby gård drabbades av ojämn uppkomst. Detta medförde delvis ojämnt rapsbestånd på våren därefter, men rapsens buskning gjorde att en bra gröda ändå uppkom. I ett av försöken vid Linelund (Linelund 1) blev ärterna delvis ganska svagt utvecklade. I försöket på Nytofta drabbades ärterna av viltskador, varför delar av ärtrutorna måste slopas. I övrigt tillväxte förfrukterna väl.

Tabell 6. Månatlig nederbörd (mm) under perioden april – augusti 2001-2004 vid SMHI:s meteorologiska stationer Lund och Bollerup samt månadsnederbörd uppmätt vid försöksstationerna Tofthög (Hushållningssällskapet Malmöhus) och Lönnstorp (SLU, Alnarp). Tidsperioden april – augusti hänför sig till växtsäsongen under höstvetåret i de nio försöken.

Table 6. Monthly precipitation (mm) during April – August 2001-2004 at the meteorological stations in Bollerup and Lund and at the agricultural research stations at Tofthög and Lönnstorp. The period April – August refers to the growing period during the winter wheat year in the nine trials.

Station	Månatlig nederbörd Average monthly precipitation				
	April	Maj	Juni	Juli	Augusti
Bollerup					
Normalnederbörd*	39	37	46	59	52
2001	48	26	49	18	59
2002	23	45	82	60	16
2003	25	41	61	32	29
2004	26	23	33	62	63
Lund					
Normalnederbörd*	40	45	56	70	65
2001	63	25	69	39	114
2002	37	55	96	69	21
2003	44	59	60	65	49
2004	25	17	83	128	76
Tofthög, Skivarp, söder om Skurup					
2001	73	26	40	66	83
2002	37	58	86	60	32
2003	34	48	34	43	37
2004	28	22	56	99	108
Lönnstorp vid Åkarp, SV Lund, 2004					
	24	12	87	129	8
Sandby gård, Borrbby, 2004					
	25	30	33	62	66

*) Avser s.k. referensnormalvärden för perioden 1961-1990. Refers to the period 1961-1990. Källa: Alexandersson & Eggertsson Karlström (2001).

Höstvetet i försöken utvecklades väl på höstarna och övervintrade bra. Antalet vetplantor per m² tidigt på våren uppgick i genomsnitt till ca 900. Plantantalet i medeltal efter var och en av de tre förfrukterna var i stort sett lika i varje försök och påverkades således inte av dem. Variationerna mellan försöken var stora, från som minst ca 300 per m² i försöket Linelund 1 och 600-700 per m² på Sandby gård till som mest 1300-1400 per m² i försöket vid Nytofta. Trots dessa variationer utvecklades bestånden väl i alla försöken, så att höstveteskördarna över lag

blev goda. Nederbörden under höstvetåret varierade ganska mycket mellan åren (2001-2004), se tabell 6. En torrperiod uppkom i maj 2001 och särskilt i maj – juni 2004. Ojämnheter uppstod i vetebeståndet i försöket vid Nytofta under växtsäsongen 2004, troligen beroende på torkan. I övrigt synes väderförhållandena under höstvetåret ha lett till förhållandevis gynnsam grödutveckling och därmed goda kärnskördar i alla försöken.

Skörd av och växtrester efter förfrukterna

Under förfruktsåret uppnåddes i allmänhet god avkastning av förfrukterna (tabell 7 och bilaga 1), med en fröskörd på i medeltal 3.880 kg ts/ha av höstrapsen (4.260 kg/ha vid 9 % vattenhalt), en kärnskörd på 6.400 kg ts/ha av havren (7.610 kg/ha vid 14 % vattenhalt) och en ärtskörd motsvarande 4.100 kg ts/ha (4.820 kg/ha vid 15 % vattenhalt). Betydande avkastningsvariationer uppkom dock. Exempelvis varierade ärtskördarna från ca 2.300 till närmare 5.000 kg ts/ha. Frö-, kärn- och ärtskördarna innehöll genomsnittligt 122, 120 respektive 153 kg N/ha, med även i detta fall stora variationer mellan försöken (tabell 7). Då höstrapsen i genomsnitt tillförts 188 kg N/ha handelsgödselkväve, motsvarade det tröskade fröets N-innehåll 65 % av gödselkvävemängden. För havren, som i medeltal gödslades med 104 kg N/ha, erhöles ett kväveinnehåll i kärnskördens motsvarande 115 % av kvävegivan, vilket tyder på ett ganska betydande N-tillskott från marken. Eftersom ärterna inte kvävegödslades, måste ärtskördens kväveinnehåll huvudsakligen härstamma från fixerat luftkväve och till en del även från växttillgängligt markkväve som denna gröda utnyttjat.

Under grödprovtagningarna vid skördemognad under förfruktsåret klipptes plantorna av vid markytan. Den härvid provtagna rapshalmen innehöll i medeltal 43 kg N/ha, inkl. fröbaljor och stubb, vilket var mer än i havre- och ärthalmen (tabell 7 och bilaga 1). Läggas denna kvävemängd till fröskördens N-innehåll, fås en total N-mängd i rapsgrödans ovanjordiska växtdelar på genomsnittligt 165 kg N/ha, motsvarande 88 % av den totalt tillförda kvävemängden. För havren uppgick det totala N-innehållet i kärna och halm till i genomsnitt 120 respektive 28 kg N/ha, sammanlagt 148 kg N/ha motsvarande 142 % av N-givan. Ärtgrödans samlade N-innehåll ovan jord utgjorde i medeltal 188 kg N/ha och var därmed störst. Antas att rötterna hos höstrapsen innehållit 10 % av den totala N-mängden i grödan vid mognad (beräknat på basis av Augustinussen, 1987), havrens rötter 20 % (Hansson et al., 1987) och ärt-rötterna 12 % (Kristensen & Olesen, 1998), innebär detta ett samlat N-innehåll i grödorna enligt följande: höstraps 183 kg N/ha (minsta värde: 146, högsta värde: 252), havre 185 kg N/ha (min: 148, max: 233) och ärter 211 kg N/ha (min: 122, max: 266).

I tabell 8 redovisas ett halmkväveindex, som anger mängden kväve (kg N/ha) i grödornas halm i procent av N-innehållet (kg N/ha) i alla de ovanjordiska växtdelarna vid skördemognad. Procentandelen kväve i rapshalmen (26 %) blev större än för havren och ärterna (19 respektive 20 %). Som framgått av tabell 7 kvarlämnades också något mer kväve (i kg N/ha) med höstrapshalmen än med havre- och ärthalmen. Innefattas emellertid de uppskattade kvävemängderna i rötterna (se ovan), blir mängden kväve i höstrapsens samlade växtrester (halm, stubb och rötter) i samma storleksordning som för havren och ärterna. De gjorda beräkningarna visar ett samlat kväveinnehåll i höstrapsens växtrester, dvs. halm (inkl. stubb, boss m.m.) och rötter (uppskattat), på i medeltal 61 kg N/ha (minsta värde: 45, högsta värde: 100). För havren erhålles på motsvarande vis 65 kg N/ha (min: 53, max: 86) och för ärterna 60 kg N/ha (min: 37, max: 81).

I jämförelse med kvävehalten i frö- och ärtskördarna var både höstraps- och ärthalmen förhållandevis kvävefattig med totalkvävehalter på i genomsnitt 0,58 respektive 0,93 % N (tabell

8). Detta kan jämföras med 0,52 % totalkväve i havrehalmen. Kol-kvävekvoterna för raps-, havre- och ärthalmen uppgick i genomsnitt till vardera 77, 94 och 50 (tabell 8), vilket i alla tre fallen måste innebära kväveimmobilisering vid nedbrukning av halmen i jorden (jmf. Persson, 2003). Man kan således inte räkna med snabb mineralisering av kväve i höstraps- och ärthalm efter inarbetning i jorden (jämför avsnittet med inkubationsundersökningar nedan). Halmen efter rapsen och ärterna bör därför inte ha medverkat till ökad risk för kväveutlakning under hösten.

Tabell 7. Skörd av förfrukterna höstraps, havre och ärter (kg ts/ha) samt kväveinnehåll (kg N/ha) i frö-, kärn- och ärtskördarna samt i halmen (inkl. stubb). Frö-, kärn- och ärtskördarna och deras kväveinnehåll avser bestämmningar genom skördetröskning, medan uppgifterna om halmen härrör från provtagning genom avklippning av grödan vid markytan vid mognad. För uppgifter i varje enskilt försök hänvisas till bilaga 1.

Table 7. Grain yields of winter oilseed rape, oats and peas (DM, kg/ha) and contents of total nitrogen (kg N/ha) in grain and straw, incl. stubbles. The yields and their total nitrogen contents refer to yield determinations by means of combining, whereas the values for the straw concern sampling by cutting plants by hand at the soil surface. For values from the individual trials, see Appendix 1. Medeltal = average.

Förfrukt <i>Crop preceding w. wheat</i>	Frö-, kärn- och ärtskörd, kg ts/ha <i>Grain yield, DM, kg/ha</i> (n = 9)			Total-N i frö, kärna eller frö, kg N/ha <i>Total N in grain, kg/ha</i> (n = 9)			Total-N i halm (inkl. stubb), kg N/ha <i>Total N in straw, incl. stubbles, kg/ha</i> (n = 9)			Summa N i gröda* <i>Sum of N in crop*</i> kg N/ha
	Medel- tal	Min.	Max.	Medel- tal	Min.	Max.	Medel- tal	Min.	Max.	Medel- tal
Höstraps <i>Winter oilseed rape</i>	3880	3220	4780	122	91	165	43	29	77	165
Havre <i>Oats</i>	6390	4600	7170	120	95	147	28	19	39	148
Ärter <i>Peas</i>	4100	2340	4950	153	85	188	35	22	51	188

*) I de ovanjordiska växtdelarna. *In above-ground plant parts.*

Tabell 8. Totalkvävehalter i frö-, kärn- ärt- och halmskördarna av förfrukterna höstraps, havre respektive ärter, kol-kvävekvoter i halmen efter dessa grödor samt halmkväveindex avseende den procentuella andelen kväve i halmen (inkl. stubben) i förhållande till totalmängden kväve i grödans ovanjordiska delar vid mognad.

Table 8. Total nitrogen concentrations in the grain and straw yields of winter oilseed rape, oats and peas, C/N ratios in the straw of these crops and straw nitrogen indices expressed as the percentage of nitrogen in straw (incl. stubbles) in relation to the total nitrogen amount in all above-ground plant parts. Höstraps = winter oilseed rape, havre = oats, ärter = peas. Medeltal = average.

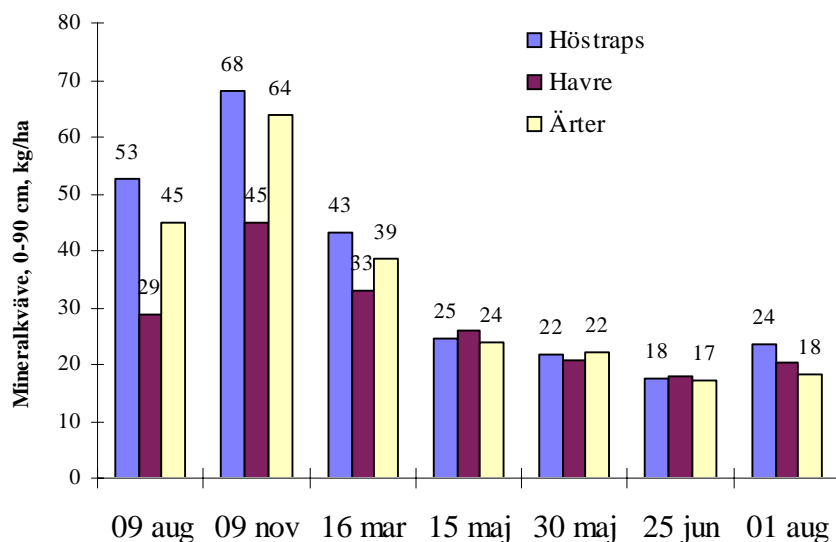
Förfrukt <i>Crop preceding winter wheat</i>	Total-N i frö, kärna eller ärter, % av ts <i>Total N in grain, % of DM</i>			Total-N i halm (inkl. stubb), % av ts <i>Total N in straw (incl. stubbles), % of DM</i>			C/N-kvot i halm <i>C/N ratio in straw</i>			Halmkväveindex: N i halm/N i grödan ovan jord, % <i>Straw N index: N in straw/N in above ground plant parts, %</i>		
	Medel- tal	Min.	Max.	Medel- tal	Min.	Max.	Medel- tal	Min.	Max.	Medel- tal	Min.	Max.
Höstraps	2,89	2,66	3,31	0,58	0,43	0,92	77	48	99	26	21	34
Havre	1,83	1,54	2,15	0,52	0,36	0,67	94	72	119	19	14	21
Ärter	3,77	3,27	4,08	0,93	0,59	1,25	50	35	74	20	14	37

När växtresterna brutits ned och humus bildats därav, bör kvävet i detta humusmaterial remineraliseras långsamt och på långre sikt (Jansson, 1968; Stevenson, 1986). Enligt Stevenson (1986) kan man under året efter nedbrukning av växtrester räkna med en remineralisering av kväve, som kan uppgå till högst 15 % av det vid nedbrytningen immobiliserade kvävet, vilket innefattar det ursprungliga kvävet i växtresterna. Detta tillsammans med de nämnda, närmast likstora N-mängderna i växtresterna efter de tre förfrukterna tyder på att höstrapsen och är-

terna inte skulle ge större kväve mineraliseringsstillskott till marken än havren på kort sikt – och ej heller senare. Detta strider mot den allmänna uppfattningen, att höstraps och ärter ger större kväveleverans från marken under det första efterverkansåret än stråsådesgrödor (se t.ex. Svensson, 1988; Lindén, 1987a; Engström & Gruvaeus, 1998; Knudsen et al., 2002). Det fordras därför andra förklaringar till ärternas och höstrapsens kväveefterverkan.

Mineralkväve i marken efter de olika förfrukterna

Vid provtagningen vid skördemognad år 1 (medeldatum: 9/8) innehöll marken (0-90 cm) i höstrapsledet i medeltal 53 kg mineralkväve per ha, vilket var mer än där havre och ärter odlades (29 respektive 45 kg N/ha), se figur 4 och bilaga 2. Fram till i början av november (medeldatum: 9/11) ökade mineralkväveförråden efter de tre grödorna till 68, 45 respektive 64 kg N/ha. Mängden efter havren överensstämmer med värden angivna för denna gröda av Svensson (1988) och motsvarar i stort sett det normala efter stråsåd på gårdar utan djurhållning (Lindén, 1987b, Lindén et al. 1992 och 1993). I Sverige har det även tidigare fastställts större mineralkväveförråd på senhösten efter ärter än efter stråsåd (Svensson, 1988). Att de största N-mängderna vid skördemognad återfanns efter höstrapsen, kan bero på att denna grödas kväveupptagning upphör tidigt (Razoux Schultz, 1972) och att den redan efter blomningen börjar förlora en del av det upptagna kvävet (Andersson et al., 1959). Efter stark kvävegödsling till höstraps kan man som orsak också tänka sig större mängder outnyttjat gödselkväve än efter havren. För ärterna kan förklaringen vara ganska grunt rotsystem och att denna gröda inte tömmer marken så väl på mineralkväve under växtsäsongen som stråsåd (jmf. Lindén, 1984). Härtill kommer frigörelse av kväve vid nedbrytning av ärternas rötter och från rhizosfären (Jensen, 1996).



Figur 4. Inverkan av grödorna höstraps, havre och ärter på mängderna mineralkväve (0-90 cm) vid olika tidpunkter (här = medeldatum för provtagning): vid grödornas mognad (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 25/6, som gjordes i fyra av försöken.

Figure 4. Influence of winter oilseed rape, oats and peas on the amounts of soil mineral nitrogen (0-90 cm) at different times (here = average sampling dates): at maturity of the crops (9/8), in late autumn (9/11), as well as in early spring (16/3) and during the growing season of year 2 until yellow ripeness (1/8) of the winter wheat. Data from all nine field experiments, except the samplings at 15/5, 30/5 and 24/6 which were carried out in four of the trials. Explanations: Mineralkväve = mineral nitrogen, höstraps = winter oilseed rape, havre = oats, ärter = peas.

I en undersökning redovisad av Köhnlein & Vetter (1953) hade ärternas rötter högre totalkvävehalt (2,5-2,8 % N av ts) än stråsådesrötter (0,6-1,5 % N av ts). Med antagna totalkväve- och totalkolhalter i ärtrötter på 2,5 % respektive 42 % blir C/N-kvoten ca 17, vilket bör medföra nettomineralisering av kväve vid nedbrytning av rötterna. Med samma kolhalt men med totalkvävehalter på 0,6-1,5 % i stråsådesrötter fås C/N-kvoter på 70-28, uppenbarligen med nettoimmobilisering av kväve som följd. Det kan således förmodas, att nedbrytningen av ärternas rotsystem efter en kortare tid medför ökade mineralkvävemängder i marken. Eftersom rapsens och ärternas halm var relativt kvävefattig och därför hade hög kol-kväveknot (se ovan), kan nettofrigörelse av kväve vid nedbrytningen av dessa växtrester på hösten däremot knappast anföras som förklaring till de jämförelsevis stora mineralkvävemängderna efter dessa grödor.

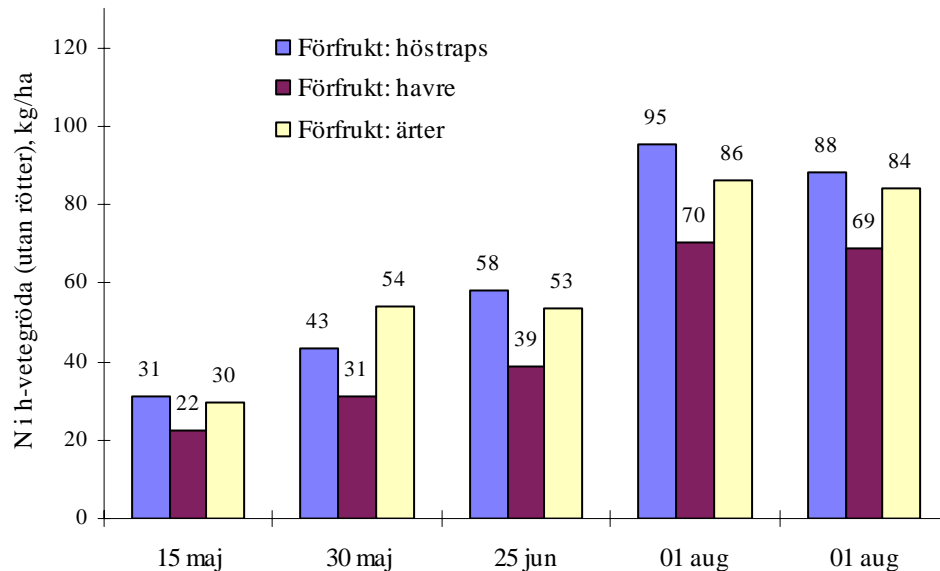
Från senhösten och fram till tidig vår (medeldatum: 16/3) minskade mineralkväveförråden (figur 4 och bilaga 2), vilket måste sammanhålla med kväveförluster från marken. På våren återstod likväl mest efter höstraps och därefter ärter, även om skillnaderna mellan förfrukterna delvis hade jämnats ut. Mineralkvävebestämningarna gjordes dock "bara" till 90 cm djup. Det kan tänkas, att en del av det till synes förlorade mineralkvävet efter vintern delvis stannade kvar något djupare ned i alven än 90 cm. Där kan det senare ha tagits upp av djupgående rötter under den efterföljande växtsäsongen (se nedan), eftersom höstvetete anses ha djupt rotsystem. Kutschera (1960) redovisade i en litteraturöversikt uppgifter om rotdjup hos höstvetete på 1,1-2,2 m på olika odlingslokaler i Europa och Nordamerika. Lindén (1981) fastställde höstveteterötter på 1-1,5 m djup i svenska lerjordar, även i moränlera i Skåne.

Under växtsäsongen år 2 provtogs som nämnts marken i led B (utan gödselkväve detta år) i fyra av försöken från mitten av maj tills höstvetetet nått sen degmognad i början av augusti, då dess kväveupptagning kan förmodas ha avslutats. Under denna period minskade mineralkväveförråden till i storleksordningen 20 kg N/ha (figur 4). Eftersom inget gödselkväve tillförts, kan det kvarvarande mineralkvävet anses vara en outnyttjbar rest (Lindén, 1981). Efter normal N-gödsling till höstvetetet kan det dock förmodas, att mineralkväveresterna varit i storleksordningen 3-5 kg N/ha större (jmf. Lindén et al., 1993 och 1999). Betraktas minskningen av mineralkväveförråden från tidig vår till de lägsta värdena under sommaren som en kvävemängd som tagits upp av grödan utan förluster från marken, tycks höstrapsen, havre och ärterna ha bidragit till höstvetetes 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, så vida inte mineralkväve som vaskats ned under 90 cm djup under vintern också kunnat tas upp av djupgående höstveteterötter (jämför ovan). Härtill kommer kvävetillskott genom mineralisering av organiskt kväve under växtsäsongen från tidig vår tills höstvetetes N-upptagning avslutats (se nedan).

Utnyttjbart jord- och förfruktskväve samt kvävemineraliseringstillskott under höstveteteåret efter de olika förfrukterna

Höstvetetet i B-leden (utan kvävegödsling) kan sägas ha försörjts med kväve enbart från jorden. Av figur 5 och bilaga 2 framgår, att mest kväve från marken tagits upp av höstvetetet i led B efter höstrapsen och därefter ärterna vid samtliga fyra provtagningstidpunkter under växtsäsongen från mitten av maj till avslutad N-upptagning i början av augusti. De absoluta skillnaderna mellan de tre förfrukterna i upptagen N-mängd i höstvetetet tilltog från tidig vår till provtagningarna i slutet av juni. Detta tyder på att det efter höstrapsen och ärterna kontinuerligt nettomineraliserats mer kväve än efter havren under denna tid. Denna förmodan bekräftas

av att det fr.o.m. provtagningarna den 15/5 inte fanns någon tydlig skillnad mellan förfruktsleden i mängderna kvarvarande mineralkväve inom 90 cm markdjup, vilka annars hade kunnat bidra till höstvetets N-upptag.



Figur 5. Inverkan av förfrukterna höstraps, havre och ärter på de mängder växttillgängligt jord- och förfruktskväve som tagits upp av höstvetet i B-leden (utan N-gödsling) och fastställts i dess ovanjordiska växtdelar vid olika tidpunkter (här = medeldatum för provtagningar) under växtsäsongen år 2. Uppgifterna för tidpunkterna 15/5, 30/5, 25/6 och den vänstra stapelgruppen för den 1/8 avser tre av försöken (Bollerup 2, Linelund 2 och Lönnstorp). Den högra stapelgruppen för den 1/8 gäller alla nio försöken.

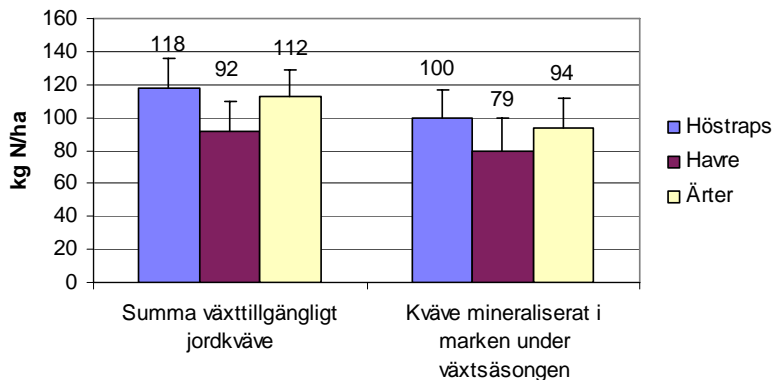
Figure 5. Influence of winter oilseed rape, oats and peas on the amounts of plant-available soil and precrop nitrogen taken up by the winter wheat in treatment B (without N fertilisation) and found in its above-ground parts at different times (here = average sampling times) during the growing season in year 2. The data for the samplings at 15/5, 30/5, 24/6 and the left columns for 1/8 refer to three of the experiments (Bollerup 2, Linelund 2 and Lönnstorp). The right columns for 1/8 concern all nine trials. Explanations: N i h-vetegröda (utan rötter) = N in the winter wheat crop (except roots), förfrukt = preceding crop, höstraps = winter oilseed rape, havre = oats, ärter = peas.

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 i medeltal 118 kg N/ha (minsta värde: 88, högsta värde: 140), efter havren 92 kg N/ha (min: 62, max: 116) och efter ärterna 112 kg N/ha (min: 81, max: 130), se figur 6 och bilaga 2. Mängderna efter höstrapsen och ärterna var således i medeltal 26 respektive 20 kg N/ha större än efter havren. Försöket Linelund 1 avvek genom större mängd utnyttjbart jord- och förfruktskväve efter havre än efter höstraps och ärter (bilaga 2), troligen beroende på att jorden enbart stubbearbetats ytligt efter förfrukterna och höstvetet sedan ”direktsåts”.

Det utnyttjade jord- och förfruktskvävet kan anses utgöra summan av 1) övervintrande mineralkväve, som tagits upp av grödan, och 2) N-mineraliseringstillskott under växtsäsongen. De övervintrande mineralkväveförråden avser mängderna vid provtagningar i mars (medeldatum: 16/3). Beräkningar av nettomineraliseringstillskotten gjordes för tiden från tidig vår (medeldatum: 16/3) till sen degmognad (medeldatum: 1/8).

Kväveminaliseringstillskotten (synbarlig nettomineralisering av kväve) under växtsäsongen uppgick i medeltal till 100 kg N/ha (variationsbredd: 67-127) efter höstrapsen, 79 kg N/ha

(48-127) efter havren och 94 kg N/ha (58-116) efter ärterna (figur 6 och bilaga 2). N-mineraliseringstillskotten efter höstraps och ärter blev 21 respektive 15 kg N/ha större än efter havre. Denna kvävefrigörelse hade därför klart större betydelse för grödans N-försörjning än de övervintrande mineralkväveförråden (se ovan). I de beräknade N-mineraliseringstillskotten ingår möjligen även något mineralkväve, som kan ha tagits upp av höstvetet från markskikt under 90 cm djup (jämför ovan).



Figur 6. Växttillgängligt jord- och förfruktskväve (kg N/ha) som höstvetet (inkl. skattad N-mängd i rötterna) tagit upp i B-leden (utan N-gödsling efter förfrukterna höstraps, havre och ärter) fram till sen degmognad (medeldatum för provtagning: 1/8) samt beräknad, synbarlig nettomineralisering av kväve (kg N/ha) från tidig vår (medeldatum: 16/3) till sen degmognad. Resultat från alla nio försöken. Felstaplarna avser standardavvikelse. *Figure 6. Columns to the left: Plant-available soil and precrop nitrogen (kg N/ha) taken up by the winter wheat (incl. estimated N contents in the roots) in treatments B (without N fertilisation following winter oilseed rape, oats and field peas) until yellow ripeness (average sampling date: 1/8). To the right: calculated, apparent net mineralisation of nitrogen (kg N/ha) from early spring (average date: 16/3) until yellow ripeness. Results from all nine experiments. The error bars refer to standard deviation. Explanations: höstraps = winter oilseed rape, havre = oats, ärter = peas.*

Enligt redogörelsen i avsnittet om skörderester ovan var emellertid totalkvävehalterna i växtresterna (halm inkl. stubb, boss e.d.) så låga (även i ärthalm) och C/N-kvoterna så höga, att kvävefastläggning var att förvänta efter nedbrukning av alla tre halmslagen i marken inför höstvetesådden. Vidare gjordes den bedömningen, att någon större mineralisering av kvävet i den humus som bildats efter nedbrytning av höstraps- och ärthalm i jorden inte kunde påräknas under höstvetetåret (jmf. Persson, 2003). Enligt Stevenson (1986) kan man som nämnts under växtsäsongen året efter nedbrukning av växtrester räkna med en remineralisering av kväve, som kan uppgå till högst 15 % av det vid nedbrytningen immobiliserade kvävet. Kvävemängderna i de inarbetade växtresterna efter höstrapsen och ärterna synes därför ha varit för små (se tabell 7 och avsnittet om skörderester ovan) för att genom remineralisering ge upphov till de nämnda N-mineraliseringstillskotten under höstvetetåret. Det kan trots dessa olika förbehåll förmodas, att förfrukterna påverkade nettofrigörelsen av kväve i marken under växtsäsongen under höstvetetåret. Förklaringar diskuteras nedan i avsnittet med inkubationsstudier.

Skördar av höstvetet och proteinhalter i kärnan samt orsaker till förfrukternas inverkan

Inverkan av förfrukterna och de stigande N-givorna på höstvetets avkastning framgår av tabell 9 och figur 7. Skörderesultat från de enskilda försöken redovisas i bilaga 3. Förfrukterna höstraps och ärter gav 1.210 respektive 1.030 kg kärna per ha i merutbyte jämfört med havre som

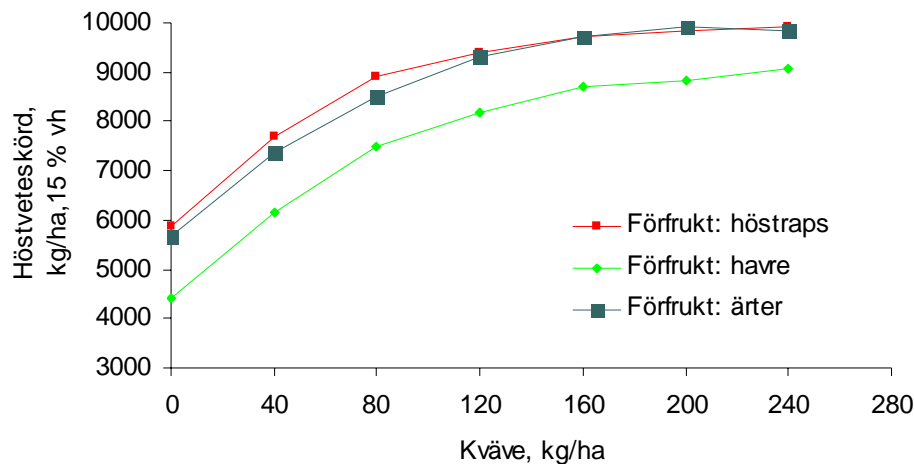
medeltal för alla gödslingsled. Utan gödselkväve blev höstveteskörden efter höstraps och ärter i genomsnitt nästan 1.500 respektive drygt 1.100 kg/ha större än efter havre. Även vid de högsta N-gödslingsnivåerna bestod i stort sett avkastningsskillnaderna, med undantag av ett eller möjligen två försök (se nedan). Stigande N-givor kunde således knappast alls kompensera för de mindre veteskördar som erhöles efter den sämre förfrukten havre. Detta kan sammanhånga med att höstrapsen och ärterna har en växtpatologiskt bättre sanerande inverkan på höstvetet än havre som förfrukt och/eller bero på andra faktorer, som påverkar på vetets rotmiljö och allmänna tillväxtbetingelser. Proteinhalten (= 5,7*totalkvävehalt i kärnan) påverkades dock inte nämnvärt av förfrukterna (tabell 9).

Tabell 9. 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 (% av ts) i kärnan. Medeltal för nio försök 2001-2004.

Table 9. Influence of winter oilseed rape, oats and peas, as crops preceding winter wheat, and of increasing amounts of fertiliser nitrogen on the grain yields of the wheat (kg/ha, 15 % moisture) and on the concentrations of crude protein (% of DM) in the grain, Averages of of nine field trials in 2001-2004. Höstraps = winter oilseed rape. Havre = oats. Ärtor = peas.

N-giva till höstvetet Rate of fertiliser N kg/ha	Höstveteskörd efter: Yield of winter wheat following:			Proteinhalt Protein concentration		
	Höstraps	Havre	Ärtor	Höstraps	Havre	Ärtor
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
Medelgiva 120 Average rate	8760	7550	8580	10,6	10,5	10,6
Högsta skörd Maximum yield vid N-giva at N rate, kg/ha	10060 240	9170 240	10000 200			
Optimal N-giva Optimum N rate:				Optimal skörd Optimum yield:		
Medeltal Average	124	149	132	9610	8950	9620
Minsta värde Minimum value	80	77	103	6550	5670	6570
Högsta värde Maximum value	168	202	190	13360	13750	13730
Standardavvikelse Standard deviation	31	42	36	1870	2200	2090

Havre anses emellertid ha en sanerande effekt gentemot rotdödare. Olofsson (1993) fann lika små angrepp på höstvetet av rotdödare efter havre som efter rybs och ärter men större förekomst när vete och korn var förfrukter till höstvetet. Mindre angrepp av rotdödare och bättre skörd av vårvete redovisas av Wallenhammar & Pettersson (2003) med bl.a. havre, vårraps, vårrybs eller vitsenap än med korn som förfrukt. Havren var i dessa avseenden lika effektiv som de nämnda våroljeväxterna. Nilsson (1969) fann att havre var resistent mot flertalet funna stammar av rotdödare i Sverige. Nilsson redovisar emellertid i egna undersökningar och på basis av litteratur, som citerats av honom, uppgifter om måttliga till starka angrepp av en del rotdödorstammar inte bara på vete utan även på vissa havresorter. Dessa havreslag borde därmed kunna överföra smitta till efterföljande höstvetegrödor. Nilsson (1969) anger vidare att specifika stammar av rotdödare, som förekommer på havre (*Ophiobolus graminis* Sacc., var. *Avenae*), också angriper vete.



Figur 7. Inverkan av stigande kvävegivor på höstveteskördarna efter förfrukterna höstraps, havre och foderärter. Medeltal för nio fältförsök år 2001-2004.

Figure 7. Effects of increasing rates of fertiliser nitrogen on the grain yields of winter wheat (kg/ha, 15 % moisture) with winter oilseed rape, oats and peas as preceding crops. Average of nine field trials in 2001-2004. Explanations: förfrukt = preceding crop, höstraps = winter oilseed rape, havre = oats, ärter = field peas, kväve = nitrogen, höstveteskörd = yield of winter wheat.

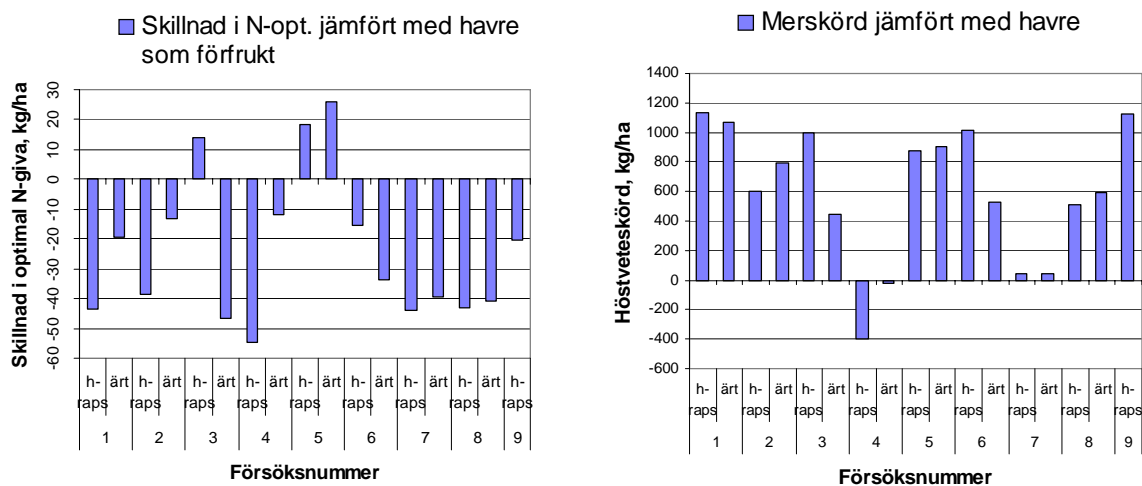
Även andra parasiter än rottdödare eller andra rotzonslevande organismer kan tänkas vara orsak till angrepp på höstvetet efter stråsås såsom havre. På basis av omfattande undersökningar på 55 gårdar ingående i Svenska Lantmännens VäxtRådgruppens driftsekonomska analyser anger Gunnarsson (pers. medd.), att havre är en lika dålig eller rent av sämre förfrukt till höstvetet än korn, med förklaringen att havre kan bära på *Fusarium*, är mer halmrik och har grunt rotsystem. Det kan slutligen konstateras, att tillväxtbetingelserna för höstvetet odlat efter havre, i jämförelse med t.ex. höstraps och ärter som förfrukter, uppenbarligen ännu inte helt klarlagts av forskningen.

Ekonomiskt optimal kvävegödning till höstvetet efter höstraps, havre och ärter

De ekonomiskt optimala kvävegivorna efter förfrukterna höstraps, havre och ärter uppgick till i medeltal 124, 149 respektive 132 kg N/ha vid priskvot 10 (dvs. ett gödselkvävepris 10 gånger så stort som priset per kg höstvetekärna), se tabell 9. Samtidigt erhöles vid optimum en merskörd på i genomsnitt ca 700 kg/ha efter raps och ärter jämfört med havre. De angivna medeltalen för de optimala N-givorna motsvaras efter höstraps, havre och ärter av medelskördar på 9.610, 8.950 respektive 9.620 kg höstvetet per ha (tabell 9).

Som framgår av figur 8 varierade emellertid de olika förfrukternas inverkan på de optimala N-mängderna till höstvetet starkt från de ena försöksplatsen till den andra. Det är likväl mycket tydligt, att det optimala gödselkvävebehovet efter höstraps och ärter minskade i jämförelse med förfrukt havre (figur 8), uppenbarligen p.g.a. de större mängderna utnyttjbart kväve från marken. Försöket Linelund 1 (nr 5 i figur 8) utgör dock ett undantag. Här blev det svårklarligt nog högre optimala N-gödslingsnivåer efter höstrapsen och ärterna än efter havren (se även avkastningsnivåer i bilaga 3). Detta motsvaras av mindre tillgång på växttillgängligt kväve från marken efter dessa förfrukter än efter havre (bilaga 2). Även detta är svårt att förstå. En orsak kan vara att höstvetet "direktsåddes" (efter ytlig jordbearbetning i alla tre för-

fruktsleden). Genom att växtresterna då endast obetydligt brukades ned i marken, kan kväveomsättningarna vid nedbrytningen av det organiska materialet ha avvikit från det "normala", dvs. efter plöjning. Här till kommer, att med utebliven eller starkt minskad jordbearbetning stimuleras kväve mineraliseringen och -immobiliseringen i jorden inte alls eller bara i mindre grad i jämförelse med verkan av kraftigare jordbearbetning (jmf. Stenberg et al., 1999).



Figur 8. Variationer mellan försöksplatserna i 1) t.v. optimala kvävegivor till höstvetet och 2) t.h. merskördar av höstvetekärna (kg/ha, 15 % vattenhalt) efter hösttraps och ärter i jämförelse med förfrukt havre.

Figure 8. Variations between the experimental sites in 1), to the left: optimum rates of fertilizer nitrogen to winter wheat and 2), to the right: increases in grain yields of the wheat (kg/ha, 15 % moisture) with winter oilseed rape and peas compared with oats as preceding crops. Explanations: försöksnummer = trial number, h-raps = winter oilseed rape, ärt = field peas, höstveteskörd = yield of winter wheat.

Av regressionsanalys (tabell 10) framgår, att variationerna i de ekonomiskt optimala N-givorna till 69% kan förklaras av variationerna i de olika förfrukternas inverkan dels på höstvetets skördenivå och dels på mängderna växttillgängligt kväve härstammande från jord och förfrukter (ekvation 1) eller på kväve mineraliseringstillskotten under växtsäsongen (ekvation 2). Båda ekvationerna visar, att en merskörd på 1.000 kg kärna per ha skulle kräva en ökning av N-givan med ca 15 kg N/ha. Samtidigt skulle ett tillskott på 20 kg/ha växttillgängligt kväve från mark och förfrukt eller ett motsvarande mineraliseringstillskott på 20 kg/ha minska det optimala gödselkvävebehovet med 23 respektive 25 kg N/ha.

Tabell 10. Samband mellan å ena sidan ekonomiskt optimala kvävegivor (kg N/ha) till höstvetet som beroende variabel och å den andra skördenivå (kg/ha) och växttillgängligt jord- och förfruktskväve (kg N/ha) eller nettomineralisering av kväve (kg N/ha) under växtsäsongen som oberoende variabler. Sambanden uttrycks som justerade R^2 -värden (R_a^2) och med deras ekvationer (multipel linjär regression).

Table 10. Relationships between economically optimum rates of fertilizer nitrogen (y , kg N/ha) as dependent variable and grain yield level (x_1 , kg/ha) and plant-available nitrogen (x_2 , kg N/ha) from the soil and the preceding crops or net nitrogen mineralization (x_3 , kg N/ha) during the growing season as independent variables. The relationships are expressed as adjusted coefficients of determination (R_a^2).

Ekvation nr no.	Samband mellan optimala N-givor (y) och... Equation Relationships between optimum rates of fertilizer N (y) and...	R_a^2	Ekvation Equation
1	...Kärnskörd (x_1) och växttillgängligt jord- och förfrukts-N (x_2)	0,69***	$y = 129 + 0,014 x_1 - 1,14 x_2$
2	...Kärnskörd (x_1) och nettomineralisering av N (x_3)	0,69***	$y = 104 + 0,015 x_1 - 1,24 x_3$

*** $p < 0,001$.

Enligt figur 6 och bilaga 2 blev mängden växttillgängligt jord- och förfruktskväve efter höstraps och ärter 26 respektive 20 kg N/ha större än efter havre. I enlighet med koefficienten för x_2 ekvation 1 i tabell 10 motsvaras dessa mängder av minskningar av de optimala N-givorna med 30 respektive 23 kg N/ha jämfört med förfrukt havre. Som framgår av tabell 9 blev emellertid de optimala N-givorna efter höstraps och ärter ”bara” 25 respektive 17 kg N/ha lägre än efter havre. Dessa skillnader vid jämförelse med tabell 9 synes i princip kunna förklaras av att de högre skördenivåerna vid optimum efter höstraps och ärter krävde större kvävetillgång.

I försöket på Steglarp (bilaga 4 och nr 3 i figur 8) avvek den optimala N-givan efter höstrap-sen, som blev större än efter havren, och på Linelund 1 blev som nämnts N-optimum efter båda höstraps och ärter högre än efter havre. Dessa avvikelser minskar de genomsnittliga skillnaderna i optimala N-givor i försöksserien jämfört med förfrukt havre. I de övriga sju försöken medförde förfrukt höstraps och ärter i medeltal optimala N-givor till höstvetet på 37 kg N/ha (7 obs.) respektive 29 kg N/ha (7 obs.). Dessa N-optima efter höstraps stämmer väl med resultat redovisade av Knudsen et al. (2002) i Danmark och Engström & Gruvaeus (1998) i Sverige (se litteraturöversikt i inledningsavsnittet). Knudsen et al. (2002) anger 28 kg N/ha mindre gödselkvävebehov hos höstvete efter ärter än efter stråsåd. Lindén (1987a) fann som nämnts, att foderärters kväveefterverkan motsvarade ett N-tillskott på ca 25 kg N/ha i jämförelse med havre som förfrukt.

Skördarna vid optimal N-gödsling efter förfrukt höstraps och ärter blev i sju av de nio försöken i storleksordningen 440-1.100 kg/ha större än efter havre (figur 8 och bilaga 4). Två försök (Bollerup 2 och Lönnstorp, nr 4 respektive 7 i figur 8) avvek från detta genom praktiskt taget lika stora optimala skördar efter de tre förfrukterna. På Bollerup, där avkastningspotentialen var mycket god (bilaga 3), blev den optimala N-givan efter havre 202 kg N/ha, vid en höstveteskörd på närmare 13.800 kg/ha (bilaga 4). Det blev i detta fall ingen merskörd av höstvetet efter förfrukterna höstraps och ärter. På Lönnstorp löpte avkastningskurvorna för höstvete efter de tre förfrukterna ihop vid högre kvävegödslingsnivåer (jmf. bilaga 3), vilket avviker från det generella mönstret i de andra försöken. I båda försöken gick det följaktligen att genom ökad N-gödsling kompensera för den sämre förfrukten havre, vilket annars inte var fallet. Även i försöket på Steglarp i Östra Grevie föreföll en sådan kompen-sation genom ökad N-giva i stort sett vara möjlig (vid den högsta N-gödslingsnivån). Trots överlag omväxlande växtföljder på gårdarna, där försöken lagts ut (tabell 1), skulle förklaringen till detta kunna vara, att parasittrycket på försöksplatserna vid Bollerup, Lönnstorp och Steglarp var förhållandevis litet med avseende på skadegörare på höstvete. Därmed borde den förmodat bättre sanerande effekten av förfrukterna höstraps och ärter i förhållande till havre inte ha blivit så stor som i de andra försöken. Andra orsaker till skillnader i optimal N-gödslings- och skördenivå kan naturligtvis ha förekommit i de enskilda försöken i serien, exempelvis varierande resistens hos olika havresorter mot rotdödare, förekomst av rotdödarstammar som angriper både havre och vete, inverkan av andra parasiter och rotzonslevande organismer som sammanhänger med förfrukterna (se ovan), förfrukternas markstrukturpåverkan samt även växlingar i vädret, vilka påverkat kväveförhållandena i marken och grödans tillväxtbetingelser i övrigt.

Totalt kvävebehov vid ekonomiskt optimal kvävegödsling

Som tidigare framgått minskade de ekonomiskt optimala N-givorna med stigande tillgång på utnyttjbart kväve från mark och förfrukter. Den lägsta optimala kvävegödslingsnivån erhöles som nämnts efter höstraps, där N-leveransen från jord och förfrukter också var som störst.

Summeras emellertid mängden utnyttjbart jord- och förfruktskväve med de optimala N-givorna till höstvetet efter de olika förfrukterna, blir de totalt erforderliga N-mängderna vid optimum praktiskt taget lika stora (tabell 11). Drygt 240 kg N/ha krävdes oberoende av förfrukt. Av denna mängd utgjordes 38 % av kväve från jord och förfrukter där havre var förfrukt, medan andelen ökade till 46 och 49 % efter ärter respektive höstraps (tabell 11). Med dessa båda goda förfrukter svarade således marken för närmare hälften av det totala N-behovet, trots optimala skördar på omkring 9.600 kg/ha.

Tabell 11. Totalt kvävebehov vid ekonomiskt optimal N-gödsling till höstvete efter höstraps, havre och foderarter samt inverkan av dessa förfrukter på kvävebehovet per ton höstvetekärna vid optimal skörd. Medeltal av alla nio försök.

Table 11. Total nitrogen demand at economically optimum rate of fertiliser nitrogen to winter wheat following winter oilseed rape, oats and field peas and influence of these three precrops on the nitrogen demand per metric ton of winter wheat grain harvested. Averages of nine experiments. Explanations:

Förfrukt till höstvetet	Utnyttjbart jord- och förfruktskväve	Optimal kvävegiva <i>Optimum rate of fertiliser nitrogen</i>	Totalt optimalt kvävebehov	Andel jord- och förfruktskväve av hela behovet	Optimal kärnskörd, 15 % vattenhalt	Totalt kvävebehov per ton kärnskörd
<i>Crop preceding winter wheat</i>	<i>Plant-available soil and precrop N</i>	<i>fertiliser nitrogen</i>	<i>Total nitrogen demand at optimum</i>	<i>Plant-available soil and precrop nitrogen in % of the total demand</i>	<i>Optimum grain yield, 15 % moisture</i>	<i>Total nitrogen demand per ton of grain yield</i>
	kg/ha	kg/ha	kg/ha	%	kg/ha	kg/ton
Höstraps	118	124 (-25)	242	38	9610	25,2
Havre	92	149	241	49	8950	26,9
Ärter	112	132 (-17)	244	46	9620	25,4

Tabell 12. Kväveskörd (totalkväve i kärnskoriden, kg/ha) vid odling av höstvete efter förfrukterna höstraps, havre och ärter samt kvävet utnyttjandegrad uttryckt som mängden kväve i kärnskoriden i % av summa tillfört gödskväve och växttillgängligt kväve från marken.

Table 12. Nitrogen yield of winter wheat (total nitrogen in grain, kg N/ha) with winter oilseed rape, oats and peas as preceding crops, and nitrogen efficiency expressed as the amount of nitrogen in grain in % of the sum of applied fertiliser nitrogen and plant-available soil nitrogen. Explanations: höstraps = winter oilseed rape, havre = oats, ärter = field peas.

Kvävegödsling till höstvetet	Totalkväve i höstvetekärna, kg/ha			N i kärna i % av summa gödskväve och jordkväve					
	<i>Total nitrogen in winter wheat grain, kg/ha</i>			<i>N in grain, % of the sum of fertiliser N and plant-available soil N</i>					
Rate of fertiliser nitrogen to winter wheat	Absolut mängd			Ökning jämfört med havre					
	<i>Absolute amount</i>			<i>Increase compared with oats</i>					
kg/ha	Förfrukt			Preceding crop		Förfrukt			
	Höstraps	Havre	Ärter	...Höstraps	...Ärter	Höstraps	Havre	Ärter	
0	78	58	75	20	17	59	56	60	
40	105	81	98	23	16	57	54	56	
80	132	107	122	25	15	66	62	55	
120	148	132	146	16	14	62	62	63	
160	164	143	162	21	19	58	56	64	
200	177	156	178	21	21	55	53	57	
240	186	170	184	16	14	52	51	52	
Medeltal Average	120	141	121	138	20	17	59	56	58

Inverkan av förfrukterna på kväveeffektiviteten vid odling av höstvet

De högre avkastningsnivåerna hos höstvetet efter höstraps och ärter förbättrade kväveeffektiviteten uttryckt som totalt kvävebehov per ton höstvetekärna vid ekonomiskt optimum (tabell 11). Efter höstraps och ärter behövde höstvetet sålunda ca 25 kg N per ton kärna jämfört med omkring 27 kg N per ton efter förfrukt havre.

Av tabell 12 framgår att höstvetets kärnskörd efter höstraps och ärter innehöll 20 respektive 17 kg mer kväve per ha än efter havre som medeltal för de olika N-gödslingsleden. Skillnaderna var i stort sett oberoende av kvävegödslingsens storlek. Den procentuella kväveutnyttjandegraden med avseende på kvävet i kärnskörd beräknad enligt formeln $100 \cdot (\text{kväve i kärna}) / (\text{gödselkväve} + \text{växttillgängligt jord- och förfruktskväve})$ uppgick för stigande N-givor till höstvetet efter höstraps, havre och ärter till i medeltal 59, 56 och 58 % (tabell 12). Trots större kärn- och kväveskördar efter höstraps och ärter blev ändå kväveeffektiviteten ganska lika, uppenbarligen beroende på att mer utnyttjbart jord- och förfruktskväve stod till höstvetets förfogande med dessa förfrukter än efter havre. Den möjligen något bättre utnyttjandegraden efter höstraps och ärter torde bero på högre kärnskörd hos höstvetet efter dessa förfrukter.

Ekonomiskt värde av de olika grödsekvenserna

Olika grödsekvenser såsom i dessa försök (höstraps – höstvet, havre – höstvet eller foderärter – höstvet) påverkar det ekonomiska resultatet av odlingen dels genom förfrukternas egen odlingsekonomi och dels genom deras inverkan på höstvetets lönsamhet. För att belysa detta beräknades täckningsbidrag 1 (TB 1), som avser intäkter av skördar minus rörliga produktionskostnader, på basis av produktionsgrenskalkyler ingående i Hushållningssällskapets ekonomirådgivning (Hushållningssällskapet Skaraborgs HIR-rådgivning, 2005). Beräkningarna av odlingsekonomi för var och en av förfrukterna höstraps, havre och foderärter baserades på de genomsnittliga kvävegivorna till dem i försöken (tabell 3) och på medelavkastningen (tabell 7). De skördar som angivits i tabell 7 (kg ts/ha) omräknades till följande vattenhalter: höstraps 9 %, havre 14 % och foderärter 15 % vatten, såsom i Sveriges officiella jordbruksstatistik (www.scb.se). Vidare antogs ett handelsgödselkvävepris på 8,50 kr/kg N och följande skördeproduktpriser: höstrapsfrö 2,10 kr/kg, havrekärna 0,85 kr/kg och ärter 1,20 kr/kg.

För beräkning av höstvetets lönsamhet vid ekonomiskt optimal kvävegödsling användes medelvärden av de optimala N-givor till höstvetet och motsvarande avkastningsnivåer som angivits i tabell 9 efter var och en av förfrukterna höstraps, havre och foderärter. Vidare antogs ett handelsgödselkvävepris på 8,50 kr/kg N och ett pris på 0,95 kr per kg vetekärna. Övriga kostnader, såsom ogräsbekämpning och växtskyddsåtgärder, för beräkning av täckningsbidragen för förfrukterna och för höstvetet avser uppgifter för 2006 enligt hushållningssällskapets produktionsgrenskalkyler.

Grödföljden höstraps – höstvet gav bäst täckningsbidrag (TB 1) summerat för båda grödorna (tabell 13). TB 1 var störst för både rapsen och höstvetet i jämförelse med respektive grödor i de båda andra grödsekvenserna. Sämst lönsamhet hade grödföljden havre – höstvet beroende på dels liten intäkt för havreskörd (0,85 kr/kg havre i kalkylen) och dels svagast skördepåverkan vid odling av höstvetet. Höstrapssekvensen medförde i jämförelse med havresekvensen ett inkomstillskott på nästan 2500 kr/ha med avseende på summan av båda täckningsbi-

dragen. Med ärter som förfrukt erhöles en merinkomst på närmare 750 kr/ha jämfört med havre. Ärternas sämre inverkan på lönsamheten för grödföljden i jämförelse med höstrapsen sammanhänger huvudsakligen med mindre täckningsbidrag för denna gröda till följd av jämförelsevis lågt produktpris (1,20 kr/kg ärter i kalkylen).

Tabell 13. Inverkan av höstraps, havre och foderärter som förfrukter till höstvetet på lönsamheten av de tre grödsekvenserna 1) höstraps – höstvetet, 2) havre – höstvetet och 3) foderärter – höstvetet vid ekonomiskt optimal N-gödsling till höstvetet. Lönsamheten anges som täckningsbidrag 1 (TB 1) avseende intäkter av skördar minus rörliga kostnader.

Table 13. Effects of winter oilseed rape, oats and field peas, as crops preceding winter wheat, on the profitability of the following three crop sequences: 1) winter oilseed rape – winter wheat, 2) oats – winter wheat and 3) field peas – winter wheat at economically optimum N fertilisation to the winter wheat. The profitability is calculated as gross margins (TB 1) regarding yield incomes and variable costs. Explanations: höstraps = winter oilseed rape, havre = oats, foderärter = field peas.

Förfrukt till höstvetet <i>Preceding crop</i>	N-giva till förfrukten <i>Fertiliser N to the preceding crop</i>	Skörd av förfrukten <i>Yield of the preceding crop</i>	TB 1 för förfrukten <i>Gross margin of the preceding crop</i>	Optimal N-giva till höstvetet <i>Optimum N fertilisation to the winter wheat</i>	Optimal skörd av höstvetet*** <i>Optimum yield of the winter wheat</i>	TB 1 för höstvetet <i>Gross margin of the winter wheat</i>	Summa av båda TB 1 <i>Sum of gross margins</i>
	kg N/ha	kg/ha	kr/ha	kg N/ha	kg/ha	kr/ha	kr/ha
Höstraps	188	4260*	3916	124	9610	3759	7675
Havre	104	7610**	2174	149	8950	3025	5199
Foderärter	0	4820***	2246	132	9620	3697	5943

*) 9 % vattenhalt *moisture*. **) 14 % vattenhalt *moisture*. ***) 15 % vattenhalt *moisture*.

Inkubationsundersökningar

Jordarnas och växtresternas egenskaper

De jordar som utnyttjades för inkubationsstudierna hämtades som nämnts från försöken vid Linelund 2 och Stävie 2 år 2002 samt från Sandby gård och Lönnstorp 2003. För beskrivning av jordarna hänvisas till tabell 1 och 2. Som beskrivits togs jord ut för inkubation inom 0-20 cm djup efter var och en av de tre förfrukterna, men på Stävie 2 användes jord bara från leden med höstraps och havre.

Höstraps-, havre- och ärthalmen (inkl. stubb och agnar eller baljor) hade i medeltal totalkvävehalter på 0,62, 0,43 respektive 0,94 % av ts (tabell 14). Detta motsvarades av C/N-kvoter på 73, 105 respektive 48. Både höstraps- och ärthalmen hade således så höga C/N-kvoter, att kväveimmobilisering var att förvänta (Persson, 2003). Värdena överensstämmer ganska väl med genomsnittet för förfrukterna i samtliga nio försök (tabell 8).

Inkubationsmetodik - sammanfattande beskrivning

Som nämnts genomfördes inkubationsundersökningar med start omkring den 29/8 och avslutning ca 30/4 under två år: 2002/2003 och 2003/2004. Vid starten av inkubationen anpassades halm- och jordvikterna till förhållandet i fältförsöken mellan halmskörd (kg ts/ha) och jordmängd (kg ts/ha) inom ett tänkt, 7 cm djupt delskikt i matjorden. Valet av detta begränsade jordskikt motiveras av att vid stubbearbetning under praktikförhållanden inarbetas halmen ofta bara i ett ytligare jordlager, som sedan plöjs ned utan att ytterligare påtaglig omblandning därvid sker. De mineralkvävemängder (ammonium- och nitrat-N) som fastställdes i jorden under inkubationens förlopp (figur 9a och 9b) omräknades till kg N/ha inom det 7 cm djupa jordskiktet under antagande att matjordslagrets volymvikt under fältförhållanden var 1,25

kg/liter. De inkubationsled som ingick var som nämnts: a) jord med sitt innehåll av enbart finare rötter samt b) jord med sitt innehåll av enbart finare rötter och med halmtillsats (tabell 5). De grova rötterna, såsom höstrapsens pålrot, hade tagits bort. Resultaten från leden utan halm kan således sägas beskriva kvävedynamiken i jorden under inverkan av respektive grödas finare rötter och deras rhizosfär.

Tabell 14. Halmmängder (inkl. stubb och agnar eller baljor) i höstraps, havre och ärter samt dessa växtresters halter av total-C och total-N i de försök, från vilka jord och växtrester hämtades för inkubationsstudier 2002/2003 och 2003/2004.

Table 14. Amounts of straw (incl. stubble and chaff or pods) of winter oilseed rape, oats and peas and concentrations of total C and total N in these plant residues in the experiments where plant residues and soil were taken for incubation studies in 2002/2003 and 2003/2004. Höstraps = winter oilseed rape, havre = oats, ärter = peas, egentlig halm = real straw, baljor = pods.

Försöksplats och år <i>Experimental site and year</i>	Gröda <i>Crop</i>	Halmskörd, <i>Straw yield,</i> ts, kg/ha <i>DM, kg/ha</i>	Kemisk sammansättning, medeltal för tre försöksrutor <i>Chemical composition, averages of three plots</i>			
			Växtdel <i>Plant part</i>	Total-C, % av ts of DM	Total-N, % av ts of DM	C/N
Linelund 2, 2002	Höstraps	3.490		45,5	0,58	78
	Havre	4.460		44,2	0,37	119
	Ärter	2.640		45,2	0,81	56
Stävie 2, 2002	Höstraps	3.070		45,5	0,62	73
	Havre	2.870		43,9	0,48	91
Sandby gård, 2003	Höstraps	5.500	All "halm"	44,2	0,64	69
	Höstraps		Egentlig halm		0,43	
	Höstraps		Baljor		0,70	
	Havre	4.940		44,3	0,40	111
	Ärter	2.420		43,0	0,85	51
Lönstorp, 2003	Höstraps	5.050	All "halm"	44,9	0,64	70
	Höstraps		Egentlig halm		0,44	
	Höstraps		Baljor		0,59	
	Havre	6.700		44,8	0,46	97
	Ärter	3.910		44,2	1,16	38
Medeltal <i>Average</i>	Höstraps	4.280		45,0	0,62	73
	Havre	4.740		44,3	0,43	105
	Ärter	2.990		44,1	0,94	48

Resultat av inkubation av jord utan halmtillsats

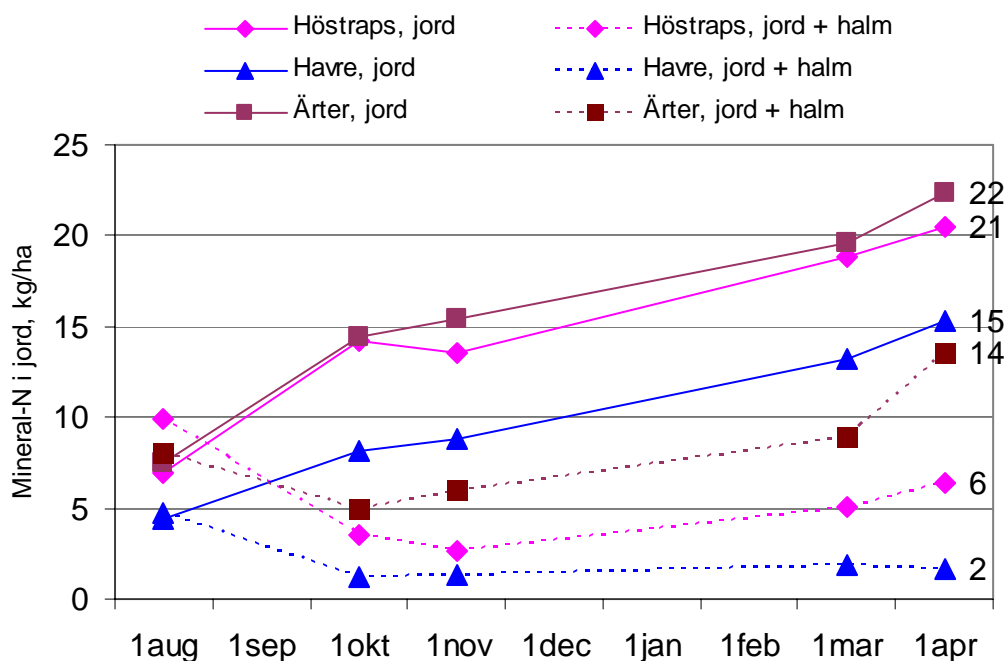
Som tidigare nämnts ägde provtagningar av inkubationsburkar rum den 29/8, 15/10, 14 eller 15/11, 30/3 och 29 eller 30/4. Vid inkubationsstarten (den 29/8) fanns det mer mineralkväve i jorden i leden med höstraps och ärter än med havre som förgröda (figur 9a och b). I leden utan halmtillsats ökade mineralkvävemängderna från den 29/8 till den 15/10 något mer efter höstraps och ärter än efter havre. En rimlig förklaring bör vara olikheter mellan grödorna i finrötternas och rhizosfärernas egenskaper. För ärternas del finns som nämnts belägg (Köhnlein & Vetter, 1953) för så pass höga kvävehalter i rötterna, att nettomineralisering av kväve borde äga rum vid nedbrytning av dessa efter skörden. Under senhösten och vintern tilltog mineralkvävemängderna i långsammare takt i leden utan halminblandning, troligen genom de lägre temperaturerna. Ökningarna efter de tre förfrukterna uppvisade under denna tid parallella förlopp. Kvävemineraliseringstillskotten föreföll således i stort sett vara oberoende av slaget av förgröda. På våren nästa år, från den 30/3 till inkubationens avslutning den 30/4 (medeldatum för båda åren), steg nettomineraliseringstakten på nytt. Vid avslutad

inkubation den 30/4 var mineralkvävmängderna i leden med höstraps och ärter ganska lika och blev liksom på hösten dessförinnan betydligt större än i havreledet.

Att mineralkvävmängderna ökade i inkubationsjorden från senhöst till vår sammanhänger naturligtvis även med att jorden i burkarna var skyddad mot utlakningsförluster. I fältförsöken minskade däremot mineralkväveförråden från provtagningen i början av november till mitten av mars (figur 4), uppenbarligen till följd av förluster genom bl.a. utlakning.

Resultat av inkubation av jord med halmtillsats

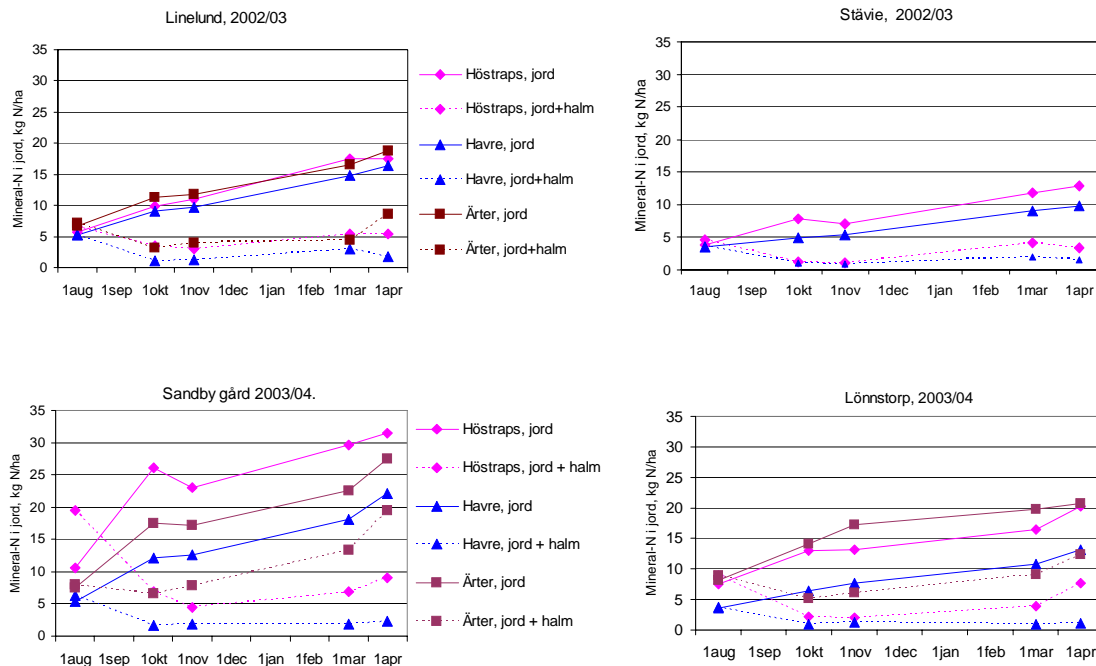
Efter inkubationsstarten den 29/8 minskade mineralkvävmängderna i jorden i alla tre halmleden fram till den 15/10 (figur 9a och b). Detta tyder på att halmen orsakade kraftig immobilisering av mineralkväve efter alla tre förgrödorna, alltså även efter ärterna. Detta kunde också förväntas att döma av halmens C/N-kvoter (tabell 14). På senhösten (15/10 – 15/11) hade uppenbarligen maximal immobiliseringshastighet uppnåtts i alla tre halmleden, eftersom mineralkvävmängderna då generellt var som minst. Sedan höll de sig på en mycket



Provtagningsdatum *Sampling dates*: 29/8, 15/10, 14-15/11, 30/3 och and 29-30/4

Figur 9a. Förändringar av mängderna mineralkväve (ammonium- och nitratkväve) vid inkubation av jord med halmtillsats samt enbart jord, som efter skörd av höstraps, havre och ärter hämtats från leden med dessa förfrukter i fyra fältförsök i Skåne och sedan placerats i plastburkar i matjordsskiktet på ett fält vid Lanna försöksstation i Västergötland. Medeltal av data avseende var och en av de fyra försöksplatserna som redovisats i figur 9b. Datumskalan på x-axeln börjar med den 1/8 och slutar med den 30/4.

Figure 9a. Changes of the amounts of mineral nitrogen (ammonium and nitrate nitrogen) during incubation of soil with addition of straw, and merely soil, which were taken after harvest from the treatments with winter oilseed rape, oats and peas in four field experiments in Scania and transferred to plastic bottles. The bottles were placed in the topsoil layer of a field at Lanna research station in Västergötland. Averages of data from the four individual experiments shown in Figure 9b. Dates on the x axis start on 1 August and end on 30 April. Explanations: höstraps, jord = winter oilseed rape, soil, höstraps, jord + halm = winter oilseed rape, soil + straw, havre, jord = oats, soil, havre, jord + halm = oats, soil + straw, ärter, jord = peas, soil, ärter, jord + halm = peas, soil + straw.



Provtagningsdatum *Sampling dates:* 29/8, 15/10, 14-15/11, 30/3 och *and* 29-30/4

Figur 9b. Förändringar av mängderna mineralkväve (ammonium- och nitratkväve) vid inkubation av jord med halmtillsats samt enbart jord, som efter skörd av höstraps, havre och ärter hämtats från leden med dessa förfrukter i fyra fältförsök i Skåne och sedan placerats i plastburkar i matjordsskiktet på ett fält vid Lanna försöksstation i Västergötland. Resultat avseende var och en av de fyra försöksplatserna. Datumskalan på x-axeln börjar med den 1/8 och slutar med den 30/4.

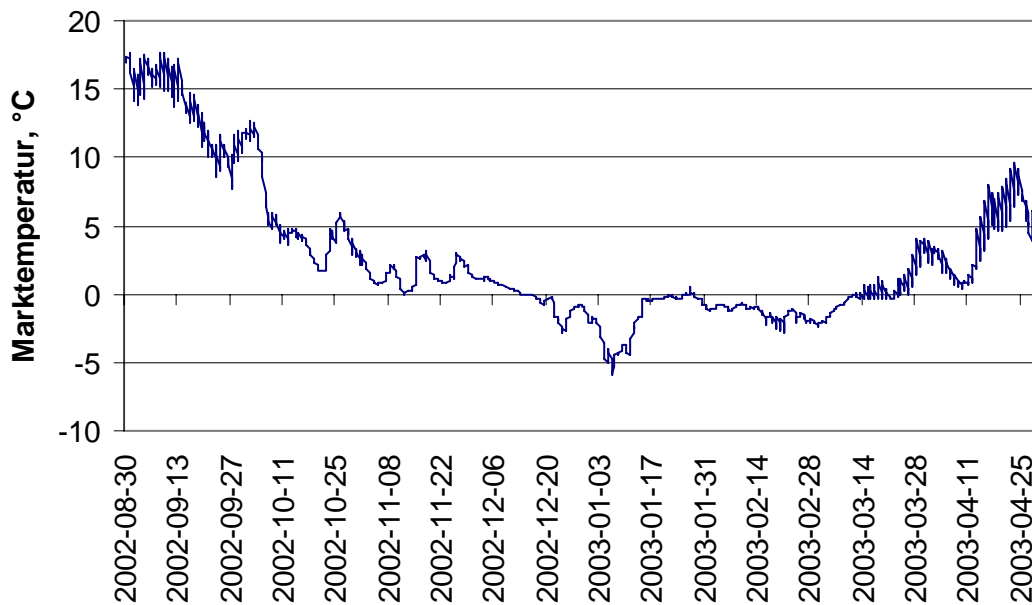
Figure 9b. Changes of the amounts of mineral nitrogen (ammonium and nitrate nitrogen) during incubation of soil with addition of straw, and merely soil, which were taken after harvest from the treatments with winter oilseed rape, oats and peas in four field experiments in Scania and transferred to plastic bottles. The bottles were placed in the topsoil layer of a field at Lanna research station in Västergötland. Results from each of the four experiments. Dates on the x axis start with 1 April and ends with 30 April. Explanations: höstraps, jord = winter oilseed rape, soil, höstraps, jord + halm = winter oilseed rape, soil + straw, havre, jord = oats, soil, havre, jord + halm = oats, soil + straw, ärter, jord = peas, soil, ärter, jord + halm = peas, soil + straw.

låg nivå fram till den 30/3 efter havren (kvarvarande mängd: ca 1 kg N/ha) och i viss mån även efter höstrapsen. Däremot började mängderna i ärtledet att öka från och med hösten, och på våren steg de kraftigt fram till avslutad inkubation den 30/4. Även efter höstraps uppkom det en viss ökning, som tycktes börja redan på senhösten. Efter havre höll sig däremot mineralkvävemängderna på en mycket låg nivå ända fram till avslutningen omkring den 30/4. Slutresultatet av inkubationen med halm visade klart störst mineralkvävemängder i ärtledet. Efter havren erhöles däremot tydligt mindre mängder den 30/4 än vid starten. Höstrapsen intog vid avslutad inkubation en mellanställning, med något mindre mineralkväve än vid inkubationsstarten.

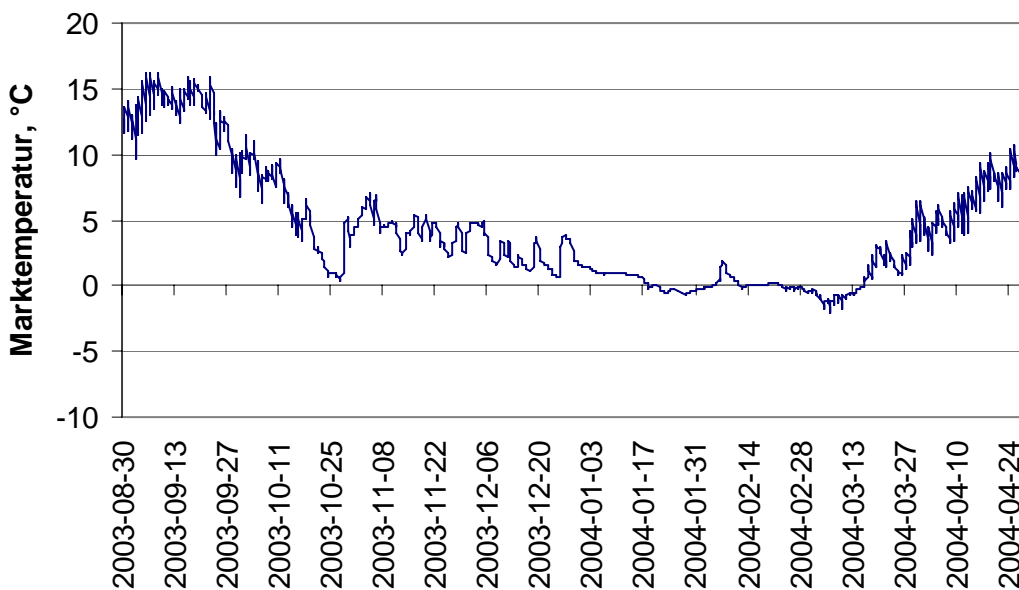
Temperaturförhållanden under inkubationstiden

Temperaturerna på det markdjup (15-20 cm), där jorden i inkubationsburkarna befann sig på fältet vid Lanna försöksstation i Västergötland, sjönk båda åren från omkring 15°C under den närmaste tiden efter inkubationsstarten (den 29/8) till ca 5°C vid tiden för provtagningen den 15 oktober (figur 10). Fram till nästa provtagning (den 14 eller 15/11) höll sig temperaturen mellan 5°C och någon plusgrad. Under vinterperioden (från den 14-15/11 till den 30/3) väx-

Inkubering 2002/03



Inkubering 2003/04



Figur 10. Temperaturer (°C) på 20 cm djup på platsen med inkubationsstudier under fältförhållanden på Lanna under perioderna 29.08.2002-30.04.2003 (överst) och 29.08.2003-29.04.2004 (underst). Provtagningarna ägde rum den 29/8, 15/10, 14/11 eller 15/11, 30/3 och 29 eller 30/4.

Figure 10. Temperatures (°C) at 20 cm soil depth at the site with incubation studies under field conditions at Lanna during the periods 29.08.2002-30.04.2003 (at the top) and 29.08.2003-29.04.2004 (at the bottom). Samplings were carried out at the following dates: 29/8, 15/10, 14/11 or 15/11, 30/3 and 29 or 30/4.

lade temperaturen mellan ett par eller några plusgrader och någon minusgrad. År 2002/2003 var jorden i stort sett frusen under tiden 20/12-15/3, medan temperaturen under vinterperioden 2003/2004 höll sig under nollpunkten sammantaget högst en månad. I slutet mars steg temperaturen över 0°C och nådde omkring 8-10°C under dagarna närmast före avslutad inkubation den 30/4.

Det bör naturligtvis ha varit något kallare i jorden på inkubationsplatsen vid Lanna än om undersökningarna genomförts på de ursprungliga försöksplatserna i södra Skåne. Skillnaderna i månadsmedeltemperaturer (i luften) mellan Lanna och två valda meteorologiska stationer i Skåne framgår av tabell 15. Med delvis kallare förhållanden på Lanna borde de mikrobiella processerna i jorden ha fortgått något långsammare än om inkubationsstudierna skett på försöksplatserna i Skåne. Detta kan bl.a. innebära, att den ökning av mineralkvävemängderna som uppkom i ärtledet med halmtillsats fr.o.m. senhösten och fram till inkubationens avslutning den 30 april borde ha motsvarats av ett något större nettotillskott av mineraliserat kväve vid inkubation på de egentliga fältförsöksplatserna. Liknande gäller från och med vintern i höstrapsledet med halm och i alla led utan halmtillsats. Av inkubationsförloppet på Lanna att döma är det dock knappast troligt, att nettoimmobiliseringen av kväve i havreledet skulle ha hunnit avlösas av nettomineralisering och därmed tydligt ökande mineralkvävemängder i jorden före den 30 april vid inkubation på försöksplatserna. Några andra, principiella skillnader orsakade av placeringen på Lanna bör knappast ha uppkommit.

Tabell 15. Månadsmedeltemperaturer (0° C) under tiden september – april 2002-2003 och 2003-2004 vid SMHI:s meteorologiska station Lanna i Västergötland, där inkubationsstudierna ägde rum, i jämförelse med stationerna Lund och Bollerup som är belägna inom det område i Skåne där fältförsöken utfördes. Källa: Alexandersson, H. & Eggertsson Karlström, C., 2001).

Table 15. Average monthly temperatures (0° C) during September – April 2002-2003 and 2003-2004 at Lanna, where the incubation studies were carried out, in comparison with the meteorological stations at Lund and Bollerup in the area of the province of Scania where the field experiments were performed. Normaltemperatur = normal temperature.

Station	Läge Position Latitud/longitud	Månadsmedeltemperaturer Average monthly temperature							
		Sept.	Okt.	Nov.	Dec.	Jan.	Febr.	Mars	April
Lanna	58.21N, 13.08Ö								
Normaltemperatur*		11,0	7,0	2,1	-1,3	-3,1	-3,4	-0,2	4,7
2002-2003		12,0	3,9	0,7	-3,4	-3,1	-3,1	1,8	4,4
2003-2004		12,8	4,2	4,1	1,9	-4,2	-0,7	0,9	6,9
Lund	55.42N, 13.14Ö								
Normaltemperatur*		13,1	9,1	4,5	1,1	-0,6	-0,5	2,0	6,0
2002-2003		14,7	7,0	4,0	-0,6	-0,6	-2,5	3,0	6,9
2003-2004		14,3	5,9	6,2	-0,6	-2,2	1,0	3,5	8,1
Bollerup	55.29N, 14.03Ö								
Normaltemperatur*		12,9	9,0	4,5	0,9	-0,9	-0,9	1,8	5,6
2002-2003		15,0	7,3	4,6	-0,1	-0,6	-2,1	3,4	5,7
2003-2004		14,6	6,7	6,6	3,7	-1,6	1,0	3,5	7,3

*) Avser s.k. referensnormalvärden för perioden 1961-1990. Refers to the period 1961-1990. Källa: Alexandersson & Eggertsson Karlström (2001).

Jämförelse med kväveprofiler under hösten i fältförsöken

Mineralkvävemängderna i jorden vid inkubationsstarten kan jämföras med motsvarande kväveprofiler (0-90 cm) vid skörden av förgrödorna i fältförsöken (figur 4). Där fanns som ovan redovisats också större mineralkväveförråd efter höstraps och ärter än efter havre. I inkubationsleden med höstraps och ärter utan halmtillsats tycktes det efter starten den 30/8, i jämförelse med motsvarande havreled, uppkomma större nettomineralisering av kväve bara

fram till provtagningen den 15/10, varefter en parallellutveckling som nämnts ägde rum leden emellan. Detta liknar delvis mineralkväveförhållandena i marken i fältförsöken, där kväve-mineraliseringstillskotten efter de tre förgrödorna blev lika stora (i kg N/ha) från provtagningen vid mognad (medeldatum: 9/8) till i början av november (medeldatum: 9/11), figur 4.

Mineraliserings- och immobiliseringsförloppens orsaker

Såväl i inkubationsleden med jord utan halmtillsats som i fältförsöken tycktes det således bara under ett kortare, tidigare skede (under sensommaren och en tidigare del av hösten) uppkomma större tillskott av mineraliserat kväve efter höstraps och ärter än efter havre. De ökningarna av mineralkväveförråden som ägde rum efter detta tidigare skede var likstora. Detta tyder på att det främst var egentligt markkväve som frigjordes från och med den senare delen av hösten och att eventuellt förekommande kvävetillskott härstammande från förgrödornas rötter och deras rhizofär då också var likartade.

Frågan är om de större mängderna mineraliserat kväve efter ärter och i viss mån även efter höstraps, som i inkubationsundersökningarna anhopades fram till våren i leden med halmtillsats, berodde på nettomineralisering av kväve i den omsatta organiska substans som bildats av förgrödornas växtrester och/eller om det frigjorda kvävet härstammade från redan befintlig humus. Antas det att 20 % av det ursprungliga, "färska" organiska materialet efter förgrödorna (tabell 14) återfinns som humus efter nedbrytning (jmf. Persson, 2003) och att humusmaterialet har C/N-kvoten 10, kan totalkvävemängden i denna humus beräknas uppgå till 50 kg N/ha efter höstrapsen, 55 kg efter havren och 35 kg efter ärterna. Antar man vidare, att högst 15 % av detta organiska kväve skulle mineraliseras under det efterföljande året (Stevenson, 1986), fås nettomineraliseringstillskott på 7 kg N/ha efter höstrapsen, 8 kg efter havren och 5 kg efter ärterna. Denna storleksordning stämmer ej alls med att de största nettomineraliseringstillskotten under den senare delen av inkubationen uppkom efter ärterna.

En lösning på frågan är, att frigörelse av kväve bundet i tidigare bildad humus (här kallat "jordeget kväve") främst orsakat kväve-mineraliseringstillskotten. För ärterna hade ju kväve-immobiliseringen vid nedbrytningen av halmen nått sitt maximum redan under senhösten, vilket kan förklaras med de högre kvävehalterna i ärthalmen (och därmed måttligt hög C/N-kvot = 50). Därefter måste främst mineralisering av jordeget kväve ha bidragit till att mineralkvävemängderna ökade, och troligen bidrog härvid frigörelse av kväve härstammande från de mer eller mindre nedbrutna växtresterna efter ärterna endast i liten utsträckning. I ledet med höstrapshalm medförde uppenbarligen den lägre totalkvävehalten i halmen och därmed den något högre C/N-kvoten (= 73) ett långvarigare immobiliseringsförlopp, så att nettotillskotten av mineraliserat kväve härstammande från jordeget kväve hölls på en lägre nivå än efter ärterna. I ledet med havre, där mineralkvävemängden ännu inte börjat öka omkring den 30/4 och dessförinnan hållit sig på en mycket låg nivå, tycktes kväve-immobilisering fortgå ännu vid denna tidpunkt. Det är troligt att denna fastläggning av befintligt mineraliserat jordeget kväve hade kunnat fortgå ännu en tid.

Den inarbetade halmens fördelning i matjorden

Jord- och halmmängderna vid inkubationen motsvarade som nämnts ett 7 cm tjockt jordlager med inblandning av halm i de mängder som grödorna producerat. I praktiken fördelas inte halmen jämnt i hela matjorden, utan en del jord förblir helt utan inblandning av halm. Inkubationsledet utan halmtillsats kan anses representera den del av matjorden som ej berördes av halminblandning. Antas matjorden vara 21 cm djup, skulle i ett fall som det studerade 7 cm av djupet innehålla halm och återstoden (14 cm) vara fri från halm och bara innehålla rötter efter grödan ifråga. Med en sådan fördelning skulle mineralkväveutvecklingen i matjordslagret

domineras av de delar som inte innehöll halm. Så var uppenbarligen fallet i fältförsöken (figur 4), där mineralkväveförråden i alla tre leden ökade under hösten, trots att halmen nedbrukats. Under fältförhållanden tycks halmnedbrukning dessvärre inte leda till påtagligt stor kväveimmobilisering under hösten, vilket framgår av undersökningar med och utan halmnedplöjning (Stenberg et al., 1999).

Resultaten från inkubationsleden med halm, där denna hade fördelats väl i jorden, tyder däremot på effektiv mikrobiell omsättning. Under praktikförhållanden är detta som nämnts uppenbarligen inte fallet. En orsak kan vara ojämn inarbetning av halmen i jorden, medan jämn halmfördelning gynnar N-immobiliseringen (Jensen & Ambus, 2000). Efter normal jordbearbetning återfinns vanligen halmen till stor del i ojämnt fördelade, större eller mindre anhopningar i jorden. Mikroorganismerna torde vid sin nedbrytning av halm i sådana klumpar inte kunna utnyttja mineralkväve i angränsande matjordsdelar utan halm. Detta måste i praktiken leda till att bara en del av kväveimmobiliseringspotentialen utnyttjas under hösten och fram till våren. Det är troligt att den ofullbordade halmnedbrytningen och kvävefastläggningen i sådana fall fortsätter under den efterföljande växtsäsongen, särskilt där kvävefattiga växtrester såsom stråsädeshalm införlivats i jorden. Under sådana förhållanden kan kväveefferverkan av förfrukterna höstraps och ärter i jämförelse med havre mer bero på hur långt immobiliseringsfasen nått, dvs. om den ännu pågår eller mer eller mindre avslutats. Om kväveimmobiliseringen efter en viss förfrukt hunnit avslutas framåt våren, torde det sedan bli frigörelse av jordeget kväve som främst bidrar till grödans s.k. kväveefferverkan. Som i den ovan nämnda beräkningen på basis av Stevenson (1986) kan man ju inte förvänta påtagligt stora N-mineraliseringsstillskott genom remineralisering av kväve som bundits i den humus som bildats efter förfrukten i fråga.

Nettomineralisering av kväve under växtsäsongen året efter förfruktsåret

Det är trots det nyss sagda uppenbart, att förfrukterna höstraps, havre och ärter starkt påverkade nettofrigörelsen av kväve i marken under växtsäsongen under höstvetåret (figur 5 och 6). Från tidig vår och fram till sen degmognad hos vetet uppkom som nämnts kvävemineraliseringsstillskott efter dessa förfrukter på i medeltal 100, 79 respektive 94 kg N/ha. Skillnaderna är enligt tidigare resonemang för stora för att kunna förklaras av mineralisering av kväve i den humus som torde ha hunnit bildas av förfrukternas växtrester, om man som ovan antar att högst 15 % av detta humuskväve skulle frigöras under höstvetåret, dvs. det första året efter förfrukterna. Om man i enlighet med inkubationsresultaten istället antar, att kvävefastläggningen vid nedbrytningen av havrens växtrester fortsatte in under växtsäsongen under höstvetåret, kan orsaken till den synbarligen mindre nettomineraliseringen av kväve i havreledet som nämnts vara att jordeget kväve, som frigjordes under växtperioden, till viss del åter immobiliserades och därmed inte kunde utnyttjas av höstvetet. Antas att kvävefastläggningen vid ärt- och höstraphalmens nedbrytning fullbordats under hösten och vintern och således redan hade upphört vid vårens ankomst, såsom resultaten från inkubationsundersökningen tyder på, kan det efter dessa båda förfrukter vara så, att jordeget kväve mineraliserades utan att immobilisering fastlade detta i lika stor utsträckning som efter havre. Om samma mängder jordeget kväve frigjordes efter de tre förfrukterna, skulle den troligen ännu fortgående immobiliseringen av kväve efter havren under vetets växtsäsong i stort sett kunna sägas motsvara skillnaderna i de uppmätta, synbarliga kvävemineraliseringsstillskotten mellan å ena sidan havreledet och å den andra höstraps- och ärtleden. Merfastläggningen av kväve under växtsäsongen efter havre i jämförelse med förfrukterna höstraps och ärter skulle då uppgå till omkring 20 respektive 15 kg N/ha.

ÖVERGRIPANDE DISKUSSION OCH SLUTSATSER

Kvävedynamik i marken efter förfrukterna höstraps, havre och ärter

De större mineralkväveförråden efter höstraps och ärter än efter havre gjorde sig gällande redan vid dessa gröders skördemognad, och mängderna ökade fram till senhösten. Orsakerna till dessa skillnader mellan grödorna är inte helt klargjorda. Vad gäller ärterna, är det troligt att dessa utnyttjade befintligt mineralkväve i marken sämre än t.ex. stråsåd (Lindén, 1984). Hos rapsen kan orsaken delvis 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) samt tidigt avslutad kväveupptagning, varefter mineraliserat, jordeget kväve inte utnyttjats utan anhopats. Härtill kommer i vart fall för ärternas del rhizodeposition vid begynnande nedbrytning av rotsystemet (Jensen, 1996). På basis av uppgifter från Köhnlein & Vetter (1953) kan slutsatsen dras, att ärternas rötter till skillnad från havrens är så pass kväverika vid skördemognad, att nettomineralisering bör uppkomma, när ärtrötterna börjar brytas ned på sensommaren och hösten. Det är som framgått av inkubationsstudierna däremot inte sannolikt att nedbrytning av rapsens och ärternas halm efter nedbrukning i marken ledde till nettomineralisering av kväve under hösten. Detta förklaras av att kol-kvävekvoterna i båda halmslagen var för höga. Frigörelse av kväve i halm, stubb och baljor eller skidor kan därför rimligtvis inte ha bidragit till de ökande mineralkväveförråden under hösten.

I inkubationsundersökningarna visade det sig som nämnts, att det efter tillsats av halm, med jämn fördelning av denna i jorden, uppkom kväveimmobilisering inte bara i havreledet utan även i höstraps- och ärtdelen. I alla tre inkubationsleden utan halmtillförsel ökade däremot mineralkvävemängderna under hösten genom nettomineralisering och tilltog sedan ytterligare. För en diskussion av betydelsen av skeenden av dessa båda slag i matjordslagret under fältförhållanden skulle man som i inkubationsstudierna kunna anta, att halmen efter jordbearbetning fördelades inom ett 7 cm djupt jordskikt, där N-fastläggning vid halmens nedbrytning skedde, men till följd av ojämnare halmfördelning mindre intensivt än i inkubationsstudierna. Vidare kan det för jämförelse med studien utan halmtillsats antas, att återstoden av matjorden utgjordes av en åtminstone dubbelt så stor jordvolym, som ej berördes av halminblandning och kväveimmobilisering. Följden för matjordslagret i sin helhet bleve då, att nettofrigörelsen av kväve i jordvolymen utan halm borde överväga över kvävefastläggningen i halmskiktet. Detta skulle kunna vara en förklaring till den påtagliga ökningen av mineralkväveförråden under hösten efter alla tre förgrödorna i fältförsöken, trots halmnedbrukningen inför höstvetesådden.

Den större anhopningen av mineralkväve ända fram till senhösten efter skörden av höstrapsen och ärterna än efter havren torde ha inneburit tilltagande kväveutlakningsrisker. Hösten efter höstrapskörden skiljer sig i detta hänseende från hösten efter höstrapsådden, då rapsgrödan genom sin stora kväveupptagningsförmåga (Engström et al., 2000) uppenbarligen minskar N-utlakningsrisken. Det är angeläget att nitratkväveansamlingen efter skörd av höstraps motverkas, t.ex. genom minimerade jordbearbetningsåtgärder eller helst helt utelämnad jordbearbetning på hösten, varigenom man undviker att stimulera kvävemineraliseringen (jmf. Stenberg et al., 1999). Nya resultat visar emellertid, att det är svårt att finna en lämplig utformning av inarbetningen av växtresterna i jorden som förstärker kväveimmobiliseringen vid nedbrytning av rapshalm i jorden, utan att kvävefrigörelsen samtidigt stimuleras än mer och därmed överväger (Engström & Lindén, opublicerat). En annan möjlig åtgärd är insådd av fånggrödor i höstrapsen och ärterna på våren (Engström, Stenberg & Lindén, opublicerat) och sedan - i vart fall i ekologisk odling - vårplöjning (på lämpliga jordar) under efterföljande år med sådd av vårvete istället för höstvete.

Efter förfrukterna höstraps, havre och ärter uppgick som nämnts mineralkväveförråden på senhösten till i medeltal 68, 45 respektive 64 kg N/ha inom 0-90 cm djup. Under vintern minskade mängderna en del, uppenbarligen till följd av förluster bl.a. genom utlakning. De delar av de kvarvarande mineralkväveförråden på våren, som höstvetet sedan kunna utnyttja under den efterföljande växtsäsongen, var ganska små i jämförelse med de mängder som fanns på senhösten dessförinnan: högst 25, 15 och 20 kg N/ha efter höstraps, havre respektive ärter (figur 4). Härtill kom kvävetillskott genom mineralisering av organiskt kväve under växtsäsongen år 2 (räknad från tidig vår tills höstvetets N-upptagning avslutats).

Under denna växtsäsong uppgick som nämnts kvävemineraliseringstillskotten efter förfrukterna höstraps, havre och ärter i medeltal till 100, 79 respektive 94 kg N/ha, dvs. 21 och 15 kg N/ha mer efter höstrapsen respektive ärterna än efter havren. Frågan är om de större mängderna kväve efter höstraps och ärter verkligen härstammade från N-frigörelse vid nedbrytning av deras växtrester (halm, boss, rötter m.m.) och/eller från den humus som genom omsättningarna av dessa bör ha uppkommit. Som framgått var de samlade kvävemängderna i det kvarlämnade halmmaterialet för små, kol-kvävekvoterna för höga och den beräknade kväveleveransen från den bildade humusen alltför liten för att kunna förklara skillnaderna i nettomineraliseringstillskott efter förfrukterna under växtsäsongen år 2. I stället är det troligt, att mineralisering av kväve i redan från början befintlig humus (ovan benämnt "jordeget kväve") mest bidragit till den större, synbarliga nettomineraliseringen av kväve efter höstraps och ärter. Förklaringarna är sannolikt följande:

Den kväveimmobilisering som enligt inkubationsundersökningarna tycks ha ägt rum efter inarbetningen i jorden av halmen från alla tre förfrukterna synes ha börjat upphöra först efter ärterna (redan på hösten) och något senare efter höstrapsen, men efter havren pågick den uppenbarligen ännu vid inkubationens avslutning den 30/4. Efter ärterna och höstrapsen är det sannolikt, att frigörelse av kväve härstammade från egentligt jordkväve (jordeget kväve) sedan alltmer övervägde i fältförsöken över förekommande kvävefastläggning. Detta bör åtminstone från och med våren ha lett till nettofrigörelse av kväve i jorden, vartill ett litet mineraliseringsbidrag från ny humus, bildad efter nedbrytningen av förfrukternas växtrester, kan ha förekommit. Efter havren är det däremot troligt, att kvävefastläggningen vid halmens nedbrytning fortsatte in under växtsäsongen år 2 och då förbrukade delar av det jordegna kväve som efterhand frigjordes, så att nettomineraliseringstillskotten under denna tid hölls på en lägre nivå än efter de båda andra grödorna. Detta bör ha bidragit till att det för höstvetets N-försörjning efter havren fanns mindre mängder växttillgängligt kväve att tillgå från jorden, således med sämre kväveefferverkan än efter höstrapsen och ärterna.

Förfrukternas kväveefferverkan

Höstrapsens och ärternas kväveefferverkan sammanhängde som framgått med 1) större mineralkväveförråd på senhösten år 1, vilka delvis övervintrade inom rotzonen, och 2) större synbarlig nettomineralisering av kväve under växtsäsongen år 2 än efter havre. Den senare faktorn hade som framgått störst betydelse av de båda för höstvetets kväveförsörjning.

Höstvetets samlade tillgång på sådant växttillgängligt jord- och förfruktskväve efter höstraps och ärter blev i genomsnitt 26 respektive 20 kg N/ha större än efter havre. Räknar man med att gödselkvävet hade 65 % utnyttjandegrad med avseende på den mängd därav som hade tagits upp av hela grödan vid god tillväxt och skörd (jmf. Lindén et al., 1993 och 1999), motsvarar den bättre kväveleveransen efter höstrapsen och ärterna mineralgödselkvävegivor på 40

respektive 31 kg N/ha. Man kan därför säga, att kväveefterverkan av dessa båda förfrukter i medeltal kan jämföras med omkring 40 respektive 30 kg N/ha i form av gödselkväve. Detta överensstämmer väl med dels tidigare undersökningar av kvävegödslingsbehovet till höstvetete efter höstraps och ärter i Danmark (Knudsen et al., 2002) och efter höstraps i Sverige (Engström & Gruvaeus, 1998) och dels tidigare studier av ärternas kväveefterverkan (Lindén, 1987a).

Förfrukternas inverkan på höstveteskördarna

Efter förfrukterna höstraps och ärter gav höstvetet 1.210 respektive 1.030 kg kärna per ha i merutbyte jämfört med havre som medeltal för alla kvävegödslingsled. Utan gödselkväve blev höstveteskörden efter höstraps och ärter i genomsnitt nästan 1.500 respektive drygt 1.100 kg/ha större än efter havre. Vid höga kvävegivor uppkom bara en smärre utjämning av höstveteskörden förfruktsleden emellan, och även vid de högsta N-gödslingsnivåerna (160-240 kg N/ha) bestod i stort sett avkastningsskillnaderna (i medeltal omkring 800-1.100 kg/ha i mer-skörd efter både höstraps och ärter), med undantag av två eller möjligen tre försök.

Inverkan av jordkvävetillgången och av skördeeffekterna på det ekonomiskt optimala kvävegödslingsbehovet hos höstvetete efter de tre förfrukterna

Variationerna i de ekonomiskt optimala kvävegivorna enligt regressionsekvation 1 och 2 (tabell 10) kan som framgått hänföras 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). Vid regressionsanalysen gav detta i båda fallen 69 % förklaringsgrad för variationerna i optimal N-gödsling.

Den skörderelaterade termen kan i sin tur sägas beakta den skördestegrande effekten av förfrukterna höstraps och ärter, som troligen huvudsakligen beror på deras bättre växtpatologiskt sanerande verkan än med havre som förfrukt. Havre anses visserligen vara resistent mot rot-dödare, men enligt Nilsson (1969) finns det som nämnts dels mottagliga havresorter och dels stammar av denna parasit som angriper både havre och vete. Härtill kan andra parasiter och rotzonslevande organismer tänkas vara orsak till sämre tillväxt hos höstvetete efter havre än efter t.ex. oljeväxter och ärter. Ett större undersökningsmaterial från Svenska Lantmännens Växtrådgrupps driftsekonomiska analyser (Gunnarsson, pers. medd.) tyder som ovan nämnts på att havre är en lika dålig förfrukt till vete som korn, vilket man förklarade med att havre kan bära på *Fusarium*, efterlämnar mycket halm och har ett förhållandevis grunt rotsystem. Vidare menar Kutschera (1960), att höstrapsens värdefullaste inverkan på jorden består i att de fina, spröda rötterna genom sin lättnedbrytbarhet gynnar mikroblivet och därmed markstrukturen. Detta är enligt Kutschera grunden till att raps är en utmärkt förfrukt. Av osäkerheten i det här sagda kan slutsatsen dras, att fortsatt forskning krävs för att utreda orsakerna till de beskrivna förfruktseffekterna.

Sanerande eller på annat sätt skördestegrande verkan uppkom tydligen trots jämförelsevis goda växtföljder på fälten i fråga, där sockerbetor och höstraps samt i vissa fall även vall ingick (tabell 1). Hade höstvetete eller korn utgjort förfrukter till höstvetet, borde skördeminskningen i jämförelse med höstraps och ärter ha blivit ännu kraftigare (jmf. Ohlander 1996). Stråsåd av olika slag som förfrukt medför således sämre utnyttjande av höstvetets avkastningspotential.

Den förmodat bättre sjukdomsbegränsande effekten av höstraps och ärter framgår av att stigande kvävegivor vid höga N-gödslingsnivåer inte kunde kompensera det skördebortfall som den sämre förfrukten havre medförde. Två eller möjligen tre av försöken utgjorde här ett undantag, genom att det med stora N-givor till havren var möjligt att nå upp till samma eller nästan samma höstveteskördar som efter höstraps och ärter. Det kan tänkas att angreppsnivån här var så låg, att höstvetets avkastningspotential kunde utnyttjas väl även med havre som förfrukt.

Goda förfrukters skördestegrande inverkan på höstvetet ökar emellertid dess kväueupptagningsbehov, i denna undersökning med ca 15 kg N/ha vid en ökning av kärnskörden med 1000 kg/ha (se regressionskvationerna i tabell 10). Samtidigt ger förfrukterna höstraps och ärter ett kvävetillskott, som i sin tur bidrar till att minska behovet av gödselkväve (tabell 10). 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 17 kg N/ha jämfört med havre (tabell 9). Värdena är dock inte helt jämförbara, då höstvetets skördenivå vid optimum uppgick till i medeltal 8.950 kg/ha efter havren, medan den optimala veteskörden efter höstraps och ärter nådde ca 9.600 kg/ha, vilka således gav närmare 700 kg/ha i merutbyte. Det hade inte varit rimligt att med ytterligare kväve till höstvetet efter havren komma upp till de båda senare förfrukternas skördeinverkan.

Två av försöken avvek från det beskrivna generella mönstret för de optimala kvävegivorna, i det att gödselkvävebehovet till höstvetet svårförklarligt nog blev större efter höstraps och ärter än efter havre. I de övriga sju försöken medförde förfrukt höstraps och ärter sänkningar av de optimala N-givorna till höstvetet med i medeltal 37 kg N/ha (7 obs.) respektive 29 kg N/ha (7 obs.). Detta N-optimum efter höstraps stämmer väl med resultat redovisade av Knudsen et al. (2002) i Danmark och Engström & Gruvaeus (1998) i Sverige (se litteraturöversikt i inledningsavsnittet). Som nämnts anger Knudsen et al. (2002) 28 kg N/ha mindre gödselkvävebehov hos höstvete efter ärter än efter stråsåd.

Förfrukternas inverkan på kväveeffektiviteten och på odlingsekonomin

De högre avkastningsnivåerna hos höstvetet efter höstraps och ärter förbättrade kväveeffektiviteten uttryckt som totalt kvävebehov per ton höstvetekärna vid ekonomiskt optimum (tabell 11). Efter höstraps och ärter behövde höstvetet sålunda ca 25 kg N per ton kärna jämfört med omkring 27 kg N per ton efter förfrukt havre. Detta behov innefattar både optimal N-giva och utnyttjbart jord- och förfruktskväve.

Olika grödsekvenser såsom i dessa försök (höstraps – höstvete, havre – höstvete eller foderärter – höstvete) påverkar vidare det ekonomiska resultatet av odlingen dels genom förfrukternas egen odlingsekonomi och dels genom deras inverkan på höstvetets lönsamhet. Summeras de täckningsbidrag (TB 1) som beräknats för förfrukt och efterföljande höstvete på basis av försöksresultaten (tabell 13), erhålls en nettointäkt på närmare 7.600 kr/ha för grödföljden höstraps – höstvete, drygt 5.900 kr för ärter – höstvete men ”bara” ca 5.200 kr/ha för havre – höstvete. Mervärdet för grödföljden höstraps – höstvete uppgick till således till närmare 2.500 kr/ha och för ärter – höstvete till nästan 750 kr/ha jämfört med havre – höstvete. Förbättringen av de summerade täckningsbidragen beror ju dels på det ekonomiska värdet av förfrukterna och dels på deras inverkan på höstveteskördarna. Höstrapsen hade i de gjorda kalkylerna ett eget täckningsbidrag (TB1), som var ca 1.750 kr/ha högre än havrens och 1.670 kr/ha bättre än foderärternas täckningsbidrag. Detta hade större betydelse för grödsekvensernas lönsamhet

än den ekonomiska effekten av förfrukternas inverkan på höstveteskördarna, där TB 1 ökade med omkring 700 kr/ha för vete efter både höstraps och ärter i jämförelse med vete efter havre.

Tillämpningar i praktiken

De optimala kvävemängderna till höstvetet efter de olika förfrukterna uppvisade emellertid en betydande variation kring respektive medelvärden (figur 8 och bilaga 4). 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 (troligen främst genom den sjukdomssanerande effekten) och 2) kväveefterverkan. Dessutom bör det ju alltid förekomma större eller mindre inomfältvariationer i dessa båda avseenden. Med tillämpning av den moderna precisionsodlingstekniken i form av optiska sensorer, såsom klorofyllmätare (se t.ex. Hoel, 1999), oegentligt kallad "kalksalpetermätare" i Sverige, och Yaras N-sensor (se 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 (genom mätning av våglängder som avspeglar klorofyllhalten och därmed kvävetillståndet i växten) men även i viss mån påverkan på tillväxtförmågan (genom mätning i våglängdsområden som relaterar till grödans biomassemängd). Försöksresultat från bl.a. detta projekt avseende en viss förfrukts 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 tillgången på växttillgängligt jord- och förfruktskväve i marken under olika delperioder under höstvetets växtsäsong (figur 5) tyder på ganska linjära ökningar av kväve mineraliseringsstillskotten 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 stråsåd (havre) som förfrukt. N-gödsling baserad på sensormätningar behöver därför inte drabbas av fel orsakade av efterföljande, oväntade förändringar i kväve mineraliseringen efter endera av de olika förfrukterna.

SUMMARY

Nine biennial field experiments were performed in the province of Scania in south Sweden in 1999-2004 to study nitrogen dynamics in soil following winter oilseed rape, oats and field peas and to determine how these crops affect grain yield, crude protein content and optimum nitrogen fertilisation of winter wheat as a subsequent crop. In the first experimental year in each trial, three different cropping treatments (winter oilseed rape, oats, field peas) were included as main plots. After harvest of these crops, winter wheat was sown in all treatments. In the second experimental year the main plots were divided into small plots with increasing rates of fertiliser nitrogen (0, 40, 80, 120, 160, 200 and 240 kg N/ha) to the winter wheat following each of the preceding crops. Nitrogen dynamics in the soil were studied by soil sampling layerwise to a depth of 90 cm (0-30, 30-60 and 60-90 cm) for determination of mineral

nitrogen (ammonium and nitrate N) at different times: immediately following the harvest of the precrops and in the beginning of November in year 1, and in early spring (late March) and at yellow ripeness (GS 87) of the winter wheat in year 2. Moreover, the supply of plant-available soil and precrop nitrogen to the wheat during the growing season in year 2 was studied. For this, above-ground plant parts of the crop were sampled at GS 87 in year 2 in the treatments without N fertilisation following each of the preceding crops, for determination of the total nitrogen content of the winter wheat. In four of the nine experiments, soil mineral nitrogen and total nitrogen in the crop in these treatments were also determined at three other times earlier in the year 2 growing season.

The field experiments were complemented with a soil and straw incubation investigation. The aim was to study the effect of the precrops on nitrogen mineralisation and immobilisation from the harvest of these crops in year 1 until spring in year 2. For this, soil and straw were sampled in year 1 shortly after harvest in each of the main plots with winter oilseed rape, oats and field peas in four of the nine trials. Soil mixed with straw from the precrops, and without straw, was then incubated in plastic bottles, which were placed in the topsoil of a field at Lanna Research Station in Västergötland, western Sweden. The bottles were covered with soil and equipped with a ventilation tube reaching about 30 cm above the soil surface. The incubation study was divided into two series, each one with soil and straw from two of the four field experiments. The first series was performed during the period 29.08.2002-30.04.2003 and the second 29.08.2003-30.04.2004. The changes in soil mineral nitrogen in the bottles were determined at five times during the incubation periods.

At ripeness of the three crops in the field experiments in year 1 and during the following autumn, more soil mineral nitrogen was found in the treatments with winter oilseed rape and peas than with oats. By the beginning of November soil mineral nitrogen in the 0-90 cm soil layer reached an average of 68, 64 and 45 kg N/ha for winter oilseed rape, peas and oats, respectively. A possible explanation for the differences already present at ripeness is release of nitrogen from different plant parts: losses of nitrogen from dead or dying leaves of the winter oilseed rape during the part of the growth period following flowering and, for both rape and peas, early decomposition of the root system. The early cessation of nitrogen uptake by the rape compared to oats probably also contributed to the higher soil mineral nitrogen, as nitrogen mineralised thereafter would not have been taken up by the crop but accumulated in the soil. However, the nitrogen concentration in both rape and pea straw was clearly too low to allow for net nitrogen mineralisation during decomposition in the autumn. This was confirmed by the incubation studies.

From late autumn until early spring soil mineral nitrogen decreased, probably due to N losses from the soil. In spite of this, more mineral nitrogen remained in early spring following winter oilseed rape and then peas, with the lowest after oats. This over-wintering mineral nitrogen was apparently used by the winter wheat to a certain degree during the subsequent growing season. Moreover, additions of mineralised nitrogen from early spring until yellow ripeness contributed to the nitrogen supply of the wheat. On average, 100 kg N/ha was supplied through net mineralisation following the winter oilseed rape, 79 kg/ha following the oats and 94 kg/ha following the field peas. The total amount of plant-available soil and precrop nitrogen, consisting of over-wintering soil mineral N utilised by the wheat and additions of mineralised N during the growing season, amounted to 118, 92 and 112 kg N/ha following winter oilseed rape, oats and peas, respectively.

The incubation studies revealed that admixture of straw in the soil caused net nitrogen immobilisation not only in the oat treatment but also in the rape and pea treatments. This may be explained by the comparatively high C/N ratio in the oat straw but also in the rape and pea straw, amounting to 105, 73 and 48, respectively. Nitrogen immobilisation seemed to cease first after the peas (already in the autumn) and somewhat later after the winter oilseed rape, whereas immobilisation was obviously still proceeding after oats at the end of the incubation study on 30 April. In all three incubation treatments without straw admixture, however, soil mineral nitrogen increased similarly from the autumn to the spring through net nitrogen mineralisation. This latter fact helps to explain the general increases in soil mineral N in the field experiments during autumn, in spite of incorporation of the crop residues into the soil before sowing winter wheat. However this assumes that 1) the straw was incorporated only into a thinner topsoil layer, where nitrogen immobilisation would have occurred; and 2) no straw was mixed into the rest of the topsoil, constituting the main part of the topsoil volume, with the consequence that net nitrogen mineralisation occurred in this layer.

From the incubation studies and the determinations of soil mineral nitrogen and crop uptake of nitrogen in the treatments without nitrogen fertilisation of the winter wheat, the conclusion can be drawn that net nitrogen mineralisation occurred at least from the beginning of the growing season in year 2 following winter oilseed rape and peas. This released nitrogen would mainly have originated from older humus material and only to a smaller extent from the rape and pea residues. Following the oats, however, nitrogen immobilisation caused by the decomposition of the straw was obviously still proceeding during the growing season in year 2, thus consuming parts of the mineralised humus nitrogen gradually released during this period. This seems to explain why the supply of mineralised nitrogen to the wheat crop was less after oats, which thus had a smaller residual nitrogen effect than rape and peas. Another conclusion, based on the literature, is that the amount of mineralised nitrogen originating from humus formed from the residues of the precrops must have been too small during the growing season in year 2 to clearly explain the actual differences between the precrops in their nitrogen effects on the N supply to the winter wheat.

On average for all the treatments with increasing rates of fertiliser nitrogen to the wheat, the grain yields following winter oilseed rape and peas were 1010 and 1030 kg/ha larger, respectively, than that following oats. At the highest fertilisation levels these yield differences largely persisted. A possible explanation is that winter oilseed rape and peas as preceding crops reduced disease infestation of the winter wheat to a larger extent than oats, allowing the winter wheat to utilise its growth potential better. Improved soil structure following winter oilseed rape is another possible explanation. However, the crude protein concentration of the wheat grain was not influenced by the preceding crops.

Regression analysis revealed that the yield-improving effects of winter oilseed rape and peas as preceding crops (probably mainly through a healthier wheat crop) increased the nitrogen demand of the wheat. According to the results, the demand was enhanced by 15 kg N/ha when the yield increased by 1000 kg of grain per ha at optimum nitrogen fertilisation. As mentioned above, on the other hand, the supply of plant-available soil and precrop nitrogen to the winter wheat following winter oilseed rape and peas was larger, on average 26 and 20 kg N/ha more, respectively, than after oats, corresponding to about 40 and 30 kg N/ha as mineral fertiliser nitrogen. These residual nitrogen effects helped to reduce the optimum rates of fertiliser nitrogen to the wheat following winter oilseed rape and peas compared to oats. After winter oilseed rape, peas and oats the optimum rate corresponded, on average, to 124, 132 and 149 kg N/ha, respectively, in the nine experiments. In two trials, however, the optimum rate of

fertiliser N following rape was somewhat higher than after oats, and in one experiment also after peas. When these trials were excluded, the average optimum rate of fertiliser nitrogen to the winter wheat decreased by 37 kg N/ha after winter oilseed rape ($n = 7$) and by 29 kg N/ha after peas ($n = 7$) compared to oats, which is in accordance with certain other investigations in Nordic countries.

LITTERATUR

Alexandersson, H. & Eggertsson Karlström, C. 2001. Temperaturen och nederbörden i Sverige 1961-1990. Referensnormaler – utgåva 2. Rapport 99, Sveriges meteorologiska och hydrologiska institut (SMHI), Norrköping.

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 moränlättilera i Skåne. Resultat från 1993-2003. Ekohydrologi 75. Avdelningen för vattenvårdslära, Sveriges lantbruksuniversitet, Uppsala.

Augustinussen, E. 1987. Kvælstofgødskningens indflydelse på vækst og udvikling af vinter-raps. Beretning nr. 1, Tidsskrift for Planteavl 91, 301-311.

Bremner, J. M. & Keeney, D.R. 1966. Determination and isotope-ratio analysis of different forms of nitrogen in soils: 3. Exchangeable ammonium, nitrate, and nitrite by extraction-distillation methods. Soil Science Society of America Proceedings 30, 577-582.

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 kvävegödning till höstvete. Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för jordbruksvetenskap Skara. Rapport 3, serie B Mark och växter.

Engström, L., Lindén, B. & Roland, J. 2000. Höstraps i Mellansverige – Inverkan av såtid och ogräsbekämpning på övervintring, skörd och kvävehushållning. Institutionen för jordbruksvetenskap Skara, Sveriges lantbruksuniversitet. Serie B Mark och växter, rapport 7.

Hallgren, S. 2003. Mineralkväve i marken efter höstraps och efter havre – en fältstudie samt ett inkubationsförsök avseende inverkan av höstraps- och havrehalm på kväveförhållandena i jorden. Examensarbete. Institutionen för jordbruksvetenskap Skara, Sveriges lantbruksuniversitet, Examens- och seminariearbeten, nr 9.

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.

Hushållningsällskapet Skaraborgs HIR-rådgivning, 2005. Produktionsgrenskalkyler ingående i hushållningssällskapets ekonomirådgivning. Hushållningssällskapet Skaraborg, Box 124, 532 22 Skara.

Jansson, S. L. 1958. Tracer studies on nitrogen transformations in soil with special attention to mineralisation-immobilization relationships. Kungl. Lantbrukshögskolans Annaler 24, 101-361.

Jansson, S. L. 1968. On the role of immobilized fertilizer nitrogen in the long-term nitrogen economy of cropped soil. Festschrift for Hans Laurits Jensen. Gadgaard Nielsens Bogtrykkeri, Lemvig, Danmark.

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.

Jensen, E. S. & Ambus, P. 2000. Prospects for manipulating crop residues to control nitrogen mineralisation-immobilisation in soil. I: Nitrogen efficiency in practical agriculture – fundamental processes and how to control them. Kungl. Skogs- och Lantbruksakademiens Tidskrift 139, nr 8, 25-42.

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. Kvælstofudvaskning og -balancer i konventionelle og økologiske produktionssystemer. Forskningscenter for Økologisk Jordbrug, Foulum, Danmark.

Kutschera, L. 1960. Wurzelatlas mitteleuropäischer Ackerunkräuter und Kulturpflanzen. DLG-Verlags-GmbH, Frankfurt am Main.

Köhnlein, J. & Vetter, H. 1953. Ernterückstände und Wurzelbild. Menge und Nährstoffgehalt der auf dem Acker verbleibenden Reste der wichtigsten Kulturpflanzen. Verlag Paul Parey, Hamburg und Berlin.

Lindén, B. 1981. Sambandet mellan odlingsåtgärderna och markens mineralkväveförråd. Kungl. Skogs- och lantbruksakademien, rapport nr 5, 1981, 67-123.

Lindén, B. 1984. Ärternas inverkan på mineralkvävetillgången i marken och efterföljande grödans gödselkvävebehov. Ärtodling. Nordiske Jordbruksforskernes Forening. NJF-utredning/rapport nr 15, 23:1-8.

Lindén, B. 1987a. Mineralkväve i markprofilen och kvävemineralisering under växtsäsongen. I: Kvävestyrning till stråsåd - dagsläge och framtidsmöjligheter. Kungl. Skogs- och Lantbruksakademien, rapport 24, 23-46.

- Lindén, B. 1987b. Kvävemineralisering vid olika driftsformer – djurhållningens och stallgöd-selns inverkan. Husdjursgöd-las virkninger på jord og avling. NJF-seminarium nr 113, NJF-utredning/rapport nr 39, 78-94.
- Lindén, B., Lyngstad, I., Sippola, J., Søgaard, K. & Kjellerup, V. 1992. Nitrogen mineraliza-tion during the growing season. I. Contribution to the nitrogen supply of spring barley. Swed-ish J. agric. Res. 22: 3-12.
- Lindén, B., Aronsson, H., Gustafson, A. & Torstensson, G. 1993. Fånggrödor, direktsådd och delad kvävegiva - studier av kväveverkan och utlakning i olika odlingssystem i ett lerjordsför-sök i Västergötland. Avdelningen för vattenvårdslära, Sveriges lantbruksuniversitet, Ekohydrologi 33.
- Lindén, B., Engström, L., Aronsson, H., Hessel Tjell, K., Gustafson, A., Stenberg, M. & Ryd-berg, T. 1999. Kvävemineralisering under olika årstider och utlakning på en mojord i Väs-tergötland. Inverkan av jordbearbetningstidpunkter, flytgödseltillförsel och insådd fånggröda. Avdelningen för vattenvårdslära, Sveriges lantbruksuniversitet, Ekohydrologi 51.
- Lindén, B., Engström, L. & Ericson, L. 2003. Nitrifikation av ammonium i nötflytgödsel efter tillförsel till jord tidigt och sent på hösten – betydelse för utlakningsrisken. Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för jordbruksvetenskap Skara. Rapport 10, serie B Mark och växter.
- Link, A., Panitzki, M. & Reusch, S. 2002. Hydro N-sensor: Tractor-mounted remote sensing for variable nitrogen fertilization. I: Proceedings of the 6th International Conference on Pre-cision Agriculture and other Precision Resources Management, July 14-17, Minneapolis, SAS-CSSA-SSSA, Madison, WI., USA, 1012-1018.
- Nilsson, H. E. 1969. Studies of root and foot rot diseases of cereals and grasses. I. On re-sistence to *Ophiobolus graminis* Sacc. Lantbrukshögskolans Annaler 35, 275-807.
- Ohlander, L. 1996. Växtföljden och dess följder. Meddelande från Södra Jordbruksförsöks-distriktet, 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 Produc-tion Science 18, Institutionen för växtodlingslära, Sveriges lantbruksuniversitet, Uppsala.
- Persson, J. 2003. Kväveförluster och kvävehushållning, Förbättringsmöjligheter i praktiskt jordbruk. Kortsiktiga och långsiktiga markbiologiska processer med speciell hänsyn till kvä-ve. Rapport 207. Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för markvetenskap, Avdelningen för växtnäringslära.
- Razoux Schultz, J. E. 1972. Undersøgelser af vinterrapsens (*Brassica napus* L.) tørstofpro-duktion 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.

Sieling, K. & Christen, O. 1999. Yield, N uptake and N-use efficiency of and N leaching after oilseed rape grown in different crop management systems in northern Germany. Proceedings of the 10th International Rapeseed Congress, Canberra, Australia, 1999.

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.

Stevenson, F. J. 1986. Cycles of soils. John Wiley & Sons.

Svensson, H. 1988. Ärter och havre som förfrukter till vete. Slutredovisning av försöksserien R4-3002. Växtodling 3, Institutionen för växtodlingslära, Sveriges lantbruksuniversitet, Uppsala.

Wallenhammar, A.-C. & Pettersson, B. 2003. Management of Take all in spring wheat by different precrops and seed treatments. Nordic Association of Agricultural Scientists, 22nd Congress, Åbo (Turku), Finland 1-4 juli 2003, 189.

Wallgren, B. 1986. Växtföljden och spannmålets proteinhalt. Konsulentavdelningens rapporter, Allmänt 83, Sveriges lantbruksuniversitet, 13:1-13.

PERSONLIGT MEDDELANDE

Gunnarsson, Albin, utvecklingschef vid Svenska Lantmännen, Division Växtodling, von Trolls väg 1, 205 03 Malmö.

BILAGOR

Bilaga 1. Skörd av förfrukterna höstraps, havre och ärter samt kväveinnehåll i frö, kärna eller ärter och i halm. För höstrapsen anges även antalet övervintrande plantor per m².

Appendix 1. Yields of winter oilseed rape, oats and field peas as crops preceding winter wheat and nitrogen contents of grain and straw of these crops. For winter oilseed rape, the number of living plants in early spring is given. Höstraps = winter oilseed rape. Havre = oats. Ärtar = peas.

Försöksplats Förfruktsår Förfrukt	Experimental site Year Crop preceding winter wheat	Antal plantor, tidig vår Num- ber of plants in spring st/m ² no/m ²	Frö-, kärn- eller ärtskörd Grain yield		Kväveinnehåll Nitrogen content	
			kg ts/ha DM, kg/ha	kg N/ha	Frö/kärna/ärter Grain kg N/ha	Halm Straw kg N/ha
<i>Stävie 1, Furulund, 2000</i>						
	Höstraps	126	4780	181	144	37
	Havre		6680	147	119	29
	Ärtar		4780	195	168	28
<i>Bollerup 1, Tomelilla, 2000</i>						
	Höstraps	100	4540	227	165	62
	Havre		6490	137	110	26
	Ärtar		4950	234	188	46
<i>Steglarp, Ö. Grevie, 2000</i>						
	Höstraps	97	3800	148	119	29
	Havre		7090	170	139	31
	Ärtar		3950	182	142	40
<i>Bollerup 2, Tomelilla, 2001</i>						
	Höstraps	61	3830	206	129	77
	Havre		5420	144	119	25
	Ärtar		3430	158	132	26
<i>Linelund 1, N. Åby, 2001</i>						
	Höstraps	88	3630	146	117	30
	Havre		4600	118	95	23
	Ärtar		2340	107	85	22
<i>Linelund 2, N. Åby, 2002</i>						
	Höstraps		3300	137	105	32
	Havre		6290	133	115	19
	Ärtar		4060	210	178	32
<i>Nytofta, Ö. Vemmenhög, 2003</i>						
	Höstraps	66	4190	161	119	42
	Havre		6920	185	147	39
	Ärtar		4260	217	166	51
<i>Sandby gård, Borrby, 2003</i>						
	Höstraps	44	3220	131	91	40
	Havre		6820	156	127	29
	Ärtar		4930	192	161	31
<i>Lönnstorp, Åkarp (Alnarp), 2003</i>						
	Höstraps	20	3670	148	110	38
	Havre		7170	140	111	29
	Ärtar		4210	194	157	37
<i>Medeltal, 9 platser 2000-2003:</i>						
	Höstraps	94	3880	165	122	43
	Havre		6390	148	120	28
	Ärtar		4100	169	151	35

Bilaga 2. Mineralkväve i marken (0-90 cm djup, kg N/ha), utnyttjat markkväve (kg N/ha) beräknat som kväveinnehållet i höstvetegröda (inkl. skattad N-mängd i rötterna) i de icke N-gödslade B-leden efter de tre förfrukterna höstraps, havre och ärter samt beräknad nettomineralisering av kväve (kg N/ha) under höstvetets växtsäsong från kväveprofilprovtagning på våren till provtagning vid sen degmognad (stadium DC 87) hos höstvetet.

Appendix 2. Soil mineral nitrogen (0-90 cm soil depth, kg N/ha), plant-available soil nitrogen (kg N/ha) calculated as the contents of N in the winter wheat crop (incl. estimated N amount in the roots) in treatments B (without nitrogen fertilisation) following winter oilseed rape, oats and pea, and calculated net N mineralisation during the growing season of the winter wheat, from soil sampling in early spring to the crop and soil sampling at the yellow ripeness stage (GS 87) of the winter wheat.

Försöksplats och år Experimental site and year	Mineralkväve i marken Soil mineral nitrogen				Markkväve upptaget av höstvetet i B-leden under växtsäsongen år 2 Soil N taken up by the wheat in treatments B during the growing season in year 2			
	År 1. Förfruktsår Year 1. Precrop year		År 2. Höstvetår Year 2. Winter wheat year		Summa utnyttjbart jord- och förfruktskväve Sum of plant-available soil and precrop N		N-mineralisering N mineralization	
	Vid skörd av förfrukt At harvest of the pre- crop	Senhöst In late autumn	Tidig vår In early spring	DC 87 hos höstvetet At GS 87 of the w. wheat	Absolut Mängd Absolute amount	Ökning jämfört med havre Increase compared to oats	Absolut mängd Absolute amount	Ökning jäm- fört med havre Increase compared to oats
<i>Stävie 1, Furulund, 2000-2001</i>								
Höstraps	32	51	40	10	97	34	67	19
Havre	15	24	26	11	62	0	48	0
Ärter	22	34	32	9	81	18	58	10
<i>Bollerup 1, Tomelilla, 2000-2001</i>								
Höstraps	50	90	50	20	140	38	110	23
Havre	16	42	32	17	102	0	87	0
Ärter	65	74	45	14	130	28	99	12
<i>Steglarp, Ö. Grevie, 2000-2001</i>								
Höstraps	41	-	38	24	103	27	103	27
Havre	29	-	28	23	76	0	76	0
Ärter	58	-	32	14	103	27	103	27
<i>Bollerup 2, Tomelilla, 2001-2002</i>								
Höstraps	106	80	37	19	126	10	108	-2
Havre	37	48	24	18	116	0	111	0
Ärter	52	62	24	20	117	1	113	3
<i>Linelund 1, N. Åby, 2001-2002</i>								
Höstraps	22	32	23	22	88	-11	87	-9
Havre	65	45	29	26	99	0	96	0
Ärter	46	43	33	19	98	-2	83	-13
<i>Linelund 2, N. Åby, 2002-2003</i>								
Höstraps	50	68	61	22	135	46	97	34
Havre	24	51	50	23	90	0	63	0
Ärter	44	78	54	15	122	32	83	20
Forts.								

Bilaga 2. Fortsättning.

Appendix 2. Continuation.

Försöksplats och år <i>Experi- mental site and year</i>	Mineralkväve i marken <i>Soil mineral nitrogen</i>				Markkväve upptaget av höstvetet i B-leden under växstsäsongen år 2 <i>Soil N taken up by the wheat in treatments B during the growing season in year 2</i>			
	År 1. Förfruktsår <i>Year 1. Precrop year</i>		År 2. Höstvetear <i>Year 2. Winter wheat year</i>		Summa utnyttjbart jord- och förfruktskväve <i>Sum of plant-available soil and precrop N</i>		N-mineralisering <i>N mineralization</i>	
Vid skörd av förfrukt <i>At harvest of the pre- crop</i>	Senhöst <i>In late autumn</i>	Tidig vår <i>In early spring</i>	DC 87 hos höstvetet <i>At GS 87 of the w. wheat</i>	Absolut Mängd <i>Absolute amount</i>	Ökning jämfört med havre <i>Increase compared to oats</i>	Absolut mängd <i>Absolute amount</i>	Ökning jäm- fört med havre <i>Increase compared to oats</i>	
<i>Nytofta, Ö. Vemmenhög, 2003-2004</i>								
Höstraps	63	75	43	53	117	11	127	30
Havre	29	70	39	31	106	0	97	0
Ärter	43	86	48	36	128	22	116	19
<i>Sandby gård, Borrby, 2003-2004</i>								
Höstraps	43*	85	69	25	133	34	90	21
Havre	26*	52	49	18	100	0	68	0
Ärter	38*	81	57	15	127	28	86	18
*) 0-60 cm djup								
<i>Lönnstorp, Åkarp (Alnarp), 2003-2004</i>								
Höstraps	65	63	31	17	120	45	106	37
Havre	18	29	20	15	75	0	69	0
Ärter	36	54	24	20	106	31	102	33
<i>Medeltal, 9 platser 2000-2004</i>								
Höstraps	53	68	43	24	118	26	100	20
Havre	29	45	33	20	92	0	79	0
Ärter	45	64	39	18	112	21	94	14

Bilaga 3. Kärnskördar av höstvetete (15 % vattenhalt) och proteinhalter (5,7 * N, % av ts)
 Appendix 3. Grain yields of winter wheat (15 % moisture content) and crude protein concentrations (5,7*N, % of DM).

Försöksplats År med höstvetete Experimental site Year with winter wheat	N-giva Rate of ferti- liser N	Kärnskörd, kg/ha Grain yield, kg/ha			Proteinhalt, % av ts Protein concentration, % of DM		
		Förfrukt: Preceding crop:			Förfrukt: Preceding crop:		
		kg N/ha	Höstraps	Havre	Ärter	Höstraps	Havre
<i>Stävie 1, Furulund, 2001</i>	0	5130	3650	4800	7,7	7,8	7,7
	40	6750	5420	6350	7,7	7,7	7,5
	80	7480	6480	7450	8,3	8,0	7,9
	120	8230	7240	8200	8,1	8,6	8,7
	160	8680	7980	9090	9,0	8,6	8,6
	200	8980	8140	9070	9,6	9,2	9,4
	240	9130	8880	9500	10,2	10,1	10,3
	Medeltal:	120	7770	6830	7780	8,7	8,6
<i>Bollerup 1, 2001</i>	0	8800	4900	7940	8,5	8,2	8,6
	40	9370	6510	9590	9,0	8,4	8,5
	80	11490	8170	10470	10,4	9,6	9,8
	120	11280	7750	10580	11,1	11,5	11,5
	160	11440	8020	11440	12,0	11,7	12,2
	200	11130	7780	11970	12,6	12,8	12,7
	240	11460	7510	10410	13,1	13,1	13,0
	Medeltal:	120	10710	7240	10340	11,0	10,8
<i>Steglarp, Ö. Grevie, 2001</i>	0	5730	4000	5600	8,4	8,3	8,9
	40	8190	7420	8610	8,4	9,1	8,4
	80	9100	8320	9890	9,2	9,8	9,4
	120	10380	9450	10410	10,1	11,0	10,2
	160	10830	10120	10470	10,6	11,4	10,7
	200	11230	10470	11050	11,7	11,2	12,0
	240	11570	11320	11620	12,5	12,2	12,6
	Medeltal:	120	9580	8730	9670	10,1	10,4
<i>Bollerup 2, 2002</i>	0	5500	6190	6140	-	-	-
	40	9670	8140	7910	-	-	-
	80	11810	9950	9670	9,1	8,2	-
	120	12720	12300	12420	9,6	9,0	9,4
	160	13500	12860	13190	10,1	9,6	10,4
	200	13900	13570	13430	11,1	10,8	10,9
	240	14090	13930	13570	11,7	11,6	11,8
	Medeltal:	120	11600	10990	10900	10,3	9,8
<i>Linelund 1, N. Åby, 2002</i>	0	3980	4200	4310	8,6	9,4	8,8
	40	5540	5210	5410	8,5	9,3	9,0
	80	6350	5670	6360	9,4	9,7	9,3
	120	6720	5900	6750	10,1	10,5	11,0
	160	6690	6000	6590	11,3	11,6	11,9
	200	6670	5880	6630	12,4	12,7	12,8
	240	6420	5710	5810	13,2	13,3	13,9
	Medeltal:	120	6050	5510	5980	10,5	10,9

Forts.

Bilaga 3. Fortsättning.

Appendix 3. Continuation.

Försöksplats År med höstvet <i>Experimental site</i> <i>Year with winter wheat</i>	N-giva <i>Rate of ferti-</i> <i>liser N</i>	Kärnskörd, kg/ha <i>Grain yield, kg/ha</i>			Proteinhalt, % av ts <i>Protein concentration, % of</i> <i>DM</i>		
		Förfrukt: <i>Preceding crop:</i>			Förfrukt: <i>Preceding crop:</i>		
	kg N/ha	Höstraps	Havre	Ärter	Höstraps	Havre	Ärter
Linelund 2, N. Åby, 2003	0	6050	3650	5610	9,2	9,0	10,0
	40	7110	4950	6680	9,6	8,1	9,2
	80	7740	6540	7590	10,0	9,6	9,8
	120	8170	7000	8040	10,5	10,5	10,5
	160	8530	7740	8080	11,8	10,8	11,4
	200	8750	7400	8360	12,5	12,0	12,5
	240	8080	7800	8270	13,0	12,8	13,0
Medeltal:	120	7770	6440	7520	10,9	10,4	10,9
Nytofta, Ö. Vemmenhög, 2003	0	5430	4770	4480	9,2	9,3	9,5
	40	7870	6320	-	9,6	9,4	-
	80	8830	7500	-	10,5	10,5	-
	120	9260	8180	-	11,5	12,3	-
	160	9020	8160	8130	12,2	12,4	12,9
	200	8820	8020	-	13,0	12,7	-
	240	9220	8140	-	12,7	13,9	-
Medeltal:	120	8350	7300	6310	11,2	11,5	11,2
Sandby gård, Borrbby, 2003	0	6520	4530	5870	10,2	10,1	10,1
	40	7490	5910	7690	10,6	10,2	10,3
	80	8810	7560	8490	11,7	11,1	10,9
	120	9170	7890	9170	12,8	12,5	12,1
	160	9260	8600	9490	12,8	12,4	13,0
	200	9460	8830	9470	13,6	13,5	13,4
	240	9690	9030	9830	14,0	13,7	13,6
Medeltal:	120	8630	7480	8570	12,2	11,9	11,9
Lönnstorp, Åkarp (Alnarp), 2003	0	5750	3690	5100	9,4	8,8	9,3
	40	7120	5420	6800	9,9	9,0	9,1
	80	8480	7100	8160	10,7	9,9	10,2
	120	8760	8050	8950	11,2	11,3	10,7
	160	9580	8840	9420	11,9	10,7	11,2
	200	9490	9340	9470	12,4	12,1	12,3
	240	9690	9430	9750	12,7	12,5	12,3
Medeltal:	120	8410	7410	8240	11,2	10,6	10,7

Bilaga 4. Ekonomiskt optimala N-givor (kg N/ha) till höstvetete samt optimala kärnskördar (kg/ha, 15 % vattenhalt) efter förfrukterna höstraps, havre och foderärter.

Appendix 4. Economically optimum rates of fertiliser nitrogen (kg N/ha) to winter wheat and optimum grain yields (kg/ha, 15 % moisture) following winter oilseed rape, oats and field peas as preceding crops.

Försöksplats och år <i>Experimental site and year</i>	Ekonomiskt optimal N-giva, <i>Economically optimum N rate</i>		Ekonomiskt optimal kärnskörd <i>Economically optimum grain yield</i>	
	Absolut värde <i>Absolute value</i>	Ändring jämfört med havre <i>Change compared to oats</i>	Absolut värde <i>Absolute value</i>	Ändring jämfört med havre* <i>Change compared to oats*</i>
<i>Stävie 1, Furulund, 2000</i>				
Höstraps	156	-44	10.160	1.130
Havre	200		9.030	
Ärter	181	-19	10.100	1.070
<i>Bollerup 1, Tomelilla, 2000</i>				
Höstraps	80	-39	9.800	600
Havre	119		9.200	
Ärter	105	-13	10.000	800
<i>Steglarp, Ö. Grevie, 2000</i>				
Höstraps	168	14	10.920	1.000
Havre	154		9.920	
Ärter	108	-46	10.360	440
<i>Bollerup 2, Tomelilla, 2001</i>				
Höstraps	147	-55	13.360	-400
Havre	202		13.750	
Ärter	190	-12	13.730	-20
<i>Linelund 1, N. Åby, 2001</i>				
Höstraps	96	18	6.550	880
Havre	77		5.670	
Ärter	103	26	6.570	900
<i>Linelund 2, N. Åby, 2002</i>				
Höstraps	126	-15	8.360	1.010
Havre	142		7.340	
Ärter	108	-34	7.870	530
<i>Nytofta, Ö. Vemmenhög, 2003</i>				
Höstraps	90	-20	9.060	1.120
Havre	110		7.930	
Ärter	-	-	-	-
<i>Sandby gård, Borrby, 2003</i>				
Höstraps	112	-43	9.020	510
Havre	155		8.500	
Ärter	114	-41	9.100	590
<i>Lönnstorp, Åkarp (Alnarp), 2003</i>				
Höstraps	141	-44	9.230	40
Havre	185		9.190	
Ärter	146	-40	9.230	50
<i>Medeltal, 9 platser 2000-2003:</i>				
Höstraps	124	-25	9.610	660
Havre	149		8.950	
Ärter	132	-18	9.620	670

*) Avser differenser före avrundning av kärnskördarna till jämna tiotal kg/ha. *Refers to differents calculated before shortening of grain yield values.*

Förteckning över utgivna rapporter i serie B Mark och växter:

1. Lindén, B. 1997. Humanurin som kvävegödselmedel tillfört i växande gröda vid ekologisk odling av höstvetete och havre. *Human urine as a nitrogen fertilizer applied during crop growth to winter wheat and oats in organic farming*. Rapport 1.
2. Lindén, B., Roland, J., Carlgren, K., Engström, L. och Tunared, R. 1997. Jämförelser mellan olika odlingssystem med konventionell och minimerad jordbearbetning, med och utan fånggrödor: växtproduktion, kväveförlustrisker och synpunkter på ekonomi. Resultat från undersökningar vid Östads säteri i Västergötland 1985-95. Rapport 2.
3. Engström, L. och Gruvaeus, I. 1998. Ekonomiskt optimal kvävegödsling till höstvetete, analys av 160 försök från 1980 till 1987. Rapport 3.
4. Engström, L. 2000. Axanlagsstudier i höstvetete 1999. Skillnader i utvecklingstakt mellan tidiga höstvetesorter och Kosack. *A study of apex development in winter wheat varieties 1999*. Rapport 4.
5. Lindén, B., Roland, J. och Tunared, R. 2000. Höstsäds kväveupptag under hösten. *Nitrogen uptake of winter cereals during autumn*. Rapport 5.
6. Nyberg, A. och Lindén, B. 2000. Dokumentation av ekologiska växtodlingsgårdar i västra Sverige 1996-98. Rapport 6.
7. Engström, L., Lindén, B. och Roland, J. 2000. Höstraps i Mellansverige - Inverkan av såtid och ogräsbekämpning på övervintring, skörd och kvävehushållning. *Winter oilseed rape in central Sweden – effects of sowing and herbicide use on winter survival, yield and nitrogen efficiency*. Rapport 7.
8. Lundström, C. och Lindén, B. 2001. Kväveeffekter av humanurin, Biofer och Binadan som gödselmedel till höstvetete, vårvete och vårkorn i ekologisk odling. *Nitrogen effects of human urine, meat bone meal (Biofer) and chicken manure (Binadan) as fertilisers applied to winter wheat, spring wheat and spring barley in organic farming*. Rapport 8.
9. Nyberg, A., och Lindén, B. 2002. Inomfältvariationer i avkastning och grovfoderkvalitet på ett vallskifte 1999-2001. *Within-field variations in forage yield and quality of a grass-dominated ley in southwest Sweden 1999-2001*. Rapport 9.
10. Lindén, B., Engström, L. och Ericson, L. 2003. Nitrifikation av ammonium i nötflytgödsel efter tillförsel till jord tidigt och sent på hösten. *Nitrification of ammonium in dairy slurry applied to soil in early and late autumn – implications for the risk of nitrate leaching*. Rapport 10.
11. Engström, L. och Lindén, B. 2003. Skillnader i utvecklingstakt och kväveupptag i tidigt och sent höstvetete – växtodlingssäsongerna 2000-2002. *Differences in development and nitrogen uptake in early and late winter wheat varieties during 2000-2002*. Rapport 11

Förteckning över utgivna rapporter på Avdelningen för Precisionsodling:

1. Lundström, C., Roland, J., Tunared, R. och Lindén, B. 2004. Jämförelser mellan jordbearbetningssystem 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. Rapport 1.
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.* Rapport 2.
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. Rapport 3.
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.* Rapport 4.

