

Slutrapport till SLU EkoForsk

Förfrukts- och platsanpassad kvävetillförsel i ekologisk höstrapsodling



Foto: Per Ståhl

Maria Stenberg¹, Lena Engström¹, Ann-Charlotte Wallenhammar^{1,2}, Per Ståhl³ och Ingemar Gruvaeus⁴

¹ SLU, Institutionen för mark och miljö, Precisionsodling och pedometri, Box 234, 532 23 Skara, Maria.Stenberg@slu.se, 0511-67274, 070-299 7274,

² Hushållningssällskapet Konsult AB, Örebro,

³ Hushållningssällskapet Östergötland, Vreta Kloster,

⁴ Lantmännen Lantbruk, Bjertorps Egendom, Kvänum.

Förord

Rapporten redovisar en studie över hur kvävebehovet varierar mellan olika gårdar och platser och hur vi bättre kan få en uppfattning om variationen så att kvävegödslingen kan anpassas tidigt på säsongen.

Studien finansierades av SLU EkoForsk och planerades utifrån frågeställningar som utformades inom ett tidigare projekt finansierat av SLU EkoForsk om kvävebehovet i ekologisk höstraps.

Projektet genomfördes som ett samarbete mellan Institutionen för mark och miljö, SLU, Skara, Hushållningssällskapet Konsult AB i Örebro och Hushållningssällskapet Östergötland i Vreta Kloster.

Fältförsöken i projektet var till stor del placerade på ekologiska gårdar i södra Sverige.

Tack till alla lantbrukare och försöksutförare som bistått projektet!

Skara, Örebro och Linköping augusti 2013

Projektgruppen

Innehållsförteckning

Förord	2
Bakgrund	4
Material och metoder	5
Försöksplatser.....	5
Provtagningar	6
Analyser av jord och gröda	7
Beräkningar och statistisk analys	7
Resultat och diskussion	7
Väder under försöksåren	7
Markegenskaper och skötsel under försöksåren.....	8
Angrepp av skadegörare.....	9
Skördeeffekter av kvävegödsling på hösten.....	10
Skördeeffekter av kvävegödsling på våren och ekonomiskt optimal kvävegiva	11
Mineralkväve i marken och kväveupptag höst, vår och sommar.....	11
Slutsatser	15
Referenser.....	15
Resultatförmedling från projektet	18

Bakgrund

Oljevaxter är en viktig komponent för att försörja det ekologiska lantbruket med proteinfoder. Höstoljevaxter är den största grödan och arealen har ökat från några hundra hektar 1997 till mellan 2000-3000 ha under de senaste åren (SCB, 2012). Växtnäringsförsörjningen är en nyckelfråga för att få en bra gröda med tillfredsställande avkastning. I en dokumentationsstudie (Wallenhammar, 2005) konstaterades att bland de odlare av höstoljevaxter som utmärkte sig med goda skördenivåer fanns gårdar med mycket höga stallgödselgivor och gårdar där ingen växtnäring tillfördes. Kvävetillgänglighet visade sig vara den viktigaste faktorn för skördenivån i en sammanställning om olika brukningsmetoder 1999-2001 (Pettersson et al., 2002).

Höstraps har stort behov av kväve (N) (Schultz, 1972; Dejoux et al., 2000; Engström, 2012) och börjar växa tidigt på våren. Särskilt under stjälksträckningsfasen är kvävebehovet stort. Detta inträffar under april och början av maj och då är nettomineraliseringen av kväve i marken vanligen låg. Kvävehalten i oljevaxtgrödor är hög och har mycket stor betydelse för fröskördens storlek (Aalmond et al., 1986). Brist i kvävetillgänglighet hämmar tillväxten och begränsar fröskörden. Riklig kvävetillgång kan dock leda till en alltför hög proteinproduktion som orsakar en sänkning av oljehalten. Skördevariationer beror ofta på kvävetillgängligheten under tillväxt (Rathke et al., 2006). Raps är en gröda som lämnar mycket kväve outnyttjat kvar i marken efter skörd (Engström & Lindén, 2009).

En stor del av kvävet kan tas upp redan på hösten om det finns kväve tillgängligt då. Kväveupptaget varierade mellan 23 och 200 kg N ha⁻¹ på hösten och mellan 100 och 290 kg N ha⁻¹ vid skörd i konventionella höstrapsförsök i Mellansverige (Engström, 2012). Allmänna rekommendationer är att tillföra 40-60 kg N ha⁻¹ på hösten efter stråsåd som förfrukt (Albertsson, 2012). Kvävegivan på våren anpassas till förväntad skörd, t.ex. 130 kg N ha⁻¹ för 3 ton ha⁻¹, och justeras med 20 kg N ha⁻¹ mer per ton ökad skörd. Kvävegivan bör läggas när höstrapsen börjar växa på våren men kan också delas så att en del ges något senare när rapsens totala kvävebehov bättre kan bedömas. Hela kvävegivan bör vara ute innan plantan börjar sträcka på sig. Bengtsson & Cedell (1993) visade att höstrapsen svarade starkt för ökande kvävemängder upp till 120 kg N ha⁻¹, därefter planade skördekurvan ut. Fältförsök 2002-2007 i konventionell odling visade att 30 kg N ha⁻¹ på hösten var tillräckligt för optimal skörd, att skördekurvan planade ut vid kvävegivor över 150 kg N ha⁻¹, men att ekonomiskt optimum kan ligga både lägre och högre beroende av fröpris och kvävepris (Biärsjö & Nilsson, 2008). I nyligen genomförda undersökningar visade höstrapsen ett optimum vid 60 kg N på hösten och 140 kg N ha⁻¹ på våren efter förfrukt spannmål och sådd tidigt i augusti (Gunnarsson & Nilsson, 2010).

Mineralisering av kväve i marken varierar mycket både inom fält och mellan platser. I ett stort antal fältförsök i höstvet och vårkorn varierade den skördade kvävemängden i ogödslat försöksled mellan 22 och 116 kg N ha⁻¹ (Gruvaeus, 2007). Även inom fält är denna variation stor (Delin, 2005). Det är alltså stora variationer både inom ett fält och mellan fälten i hur mycket kväve grödan kan förväntas tillgodogöra sig under växtsäsongen. Det är en viktig ekonomisk fråga för lantbrukaren men också en miljöfråga, då tillfört kväve som inte tas upp av grödan delvis kan förloras till den omgivande miljön.

Kväveläckage under vintern påverkades endast marginellt av mängden skörderester i studier i norra Tyskland som också visade att mineraliserat N främst härstammade från kvävepoolen i marken (Henke et al., 2007). Jensen et al. (1997) visade i kärlförsök med ¹⁵N-märkt gödsel, att vid mycket låga kväveutnyttjanden orsakade av vattenbrist och hög kvävegiva på våren, fanns detta N kvar i marken vid skörd av rapsen. Den största andelen av kväve från gödslingen på våren fanns kvar i olika organiska former i bevattnade behandlingar och behandlingar med lägre kvävegivor.

Variationen är stor i praktisk gödsling och skördenivåerna varierar stort samtidigt som kunskap saknas om behovet och lönsamheten av en gödslingsinsats vid olika förutsättningar, t.ex. olika förfrukter. Vi vet inte idag hur långt vi kan nå i ekologisk höstrapsproduktion, vilken potential grödan har och när det lönar sig att gödsla. En del odlare ger idag rapsen höga stallgödselgivor under hösten med hopp om att grödan då skall ha tagit upp stora kvävemängder som den kan utnyttja tidig vår. Förutom risker för oönskade förluster till miljön är det också en risk för odlingen då kraftiga bestånd på hösten kan innebära dålig övervintring.

Den här studien föregicks av en jämförelse av olika organiska gödselmedel till ekologisk höstraps vid 12 respektive 48 cm radavstånd (radhackning höst och vår vid 48 cm radavstånd) och med tillförsel av gödselmedlen tidigt eller normalt (Stenberg et al., in press). Alla de organiska gödselmedel som jämfördes i studien gav skördeökningar och Vinass gav störst merskörd. Radavståndet spelade i den studien ingen roll för fröskörden. Tillförsel av gödsel tre veckor tidigare än normalt vårbruk, jämfört med spridning vid tiden för normalt vårbruk, gav en liten ökning av avkastningen. Gödsling med organiska gödselmedel gav större merskördar på platser med spannmålsväxtföljder utan stallgödsel än på platser med bra förfrukter och stallgödsel i växtföljden, dvs. platser med hög kvävemineraliseringspotential.

Vi behöver verktyg för att platsvis kunna förutsäga behovet av kvävegödsling under våren av ekologiska höstoljeväxter. Det är viktigt att också i det ekologiska jordbruket förfina metoderna för att anpassa insatsmedel med målet att nå förbättrad produktionsekonomi och minimera negativa miljöeffekter.

Den här studien syftade till att visa på hur kvävebehovet i höstraps på hösten och våren beror av olika platsgivna förutsättning genom att kvantifiera variationen i kvävebehov och mineralisering mellan olika platser. Detta för att ge mer underlag för rådgivningen och lantbruket för att bättre förfrukts- och platsanpassa kvävetillförseln i ekologisk höstrapsodling. Projektet finansierades av SLU EkoForsk.

Material och metoder

Försöksplatser

Studien genomfördes som fältförsök under två år på tolv platser i Syd- och Mellansverige. Olika förfrukter, som stråsäd, ärt, gröngödslingsvall eller åkerböna, jordart, radavstånd och klimatförhållanden eftersträvades. Försöksplanen var tvåfaktoriell (höstgödsling =F1 och vårgödsling=F2) och fullständigt randomiserad med fyra upprepningar. Försöken lades ut i befintliga bestånd för att eftersträva jämna bestånd och minimera att försöken utsattes för kanteffekter från skadegörare som rapsbaggar.

De två faktorerna i försöksplanen var: F1) utan (0 kg N ha⁻¹) respektive med (50 kg N ha⁻¹) kvävegödsling på hösten vid etablering av rapsen, och F2) en kvävegödslingsstege på våren (0-200 kg N ha⁻¹) (tabell 1). Kvävet tillfördes som Biofer 10-3-1 på hösten och Vinass på våren. För Vinassen användes olika system för tillförsel beroende av tillgänglig teknik: tunna, radmyllare, system Cameleon eller manuell spridning med slang från tunna. Gödslingen på våren utfördes så tidigt som möjligt som vädret medgav men senast i samband med normalt vårbruk. Rutstorleken var i regel 60-75 m² men varierade något beroende av utrustning för spridning. Försök i bestånd med 48-50 cm radavstånd radhackades höst och vår.

Tabell 1. Led i fältförsöken i studien. Kväve tillfördes som Biofer 10-3-1 på hösten och som Vinass (4% N) på våren och beräknades på innehållet av totalkväve

Led	N kg ha ⁻¹ höst (F1)	N kg ha ⁻¹ vår i slutet av mars (F2)
A	0	0
B	0	50
C	0	100
D	0	150
E	0	200
F	50	0
G	50	50
H	50	100
I	50	150
J	50	200

Provtagningar

Matjorden (0-20 cm djup). Varje försöksplats dokumenterades med avseende på odlingshistoria samt jordart, mullhalt, elektrisk konduktivitet (Geonics EM38), ninhydrinreaktivt N, varmvattenextraherbart kol (HWC) (Korschens et al., 1998) och NIR i matjorden. Planttäthet graderades rutvis (0-100) och plantantal bestämdes höst och vår genom räkning längs två 1 m långa sträckor i rader intill varandra på två ställen per ruta. Mognadstid, stjälkstyrka, sjukdomar och skadegörare graderades rutvis. Grödklippningar och provtagning av mineralkväve utfördes i 3 av de 4 blocken. Avkastning och frökvalitet inklusive kväveinnehåll bestämdes rutvis på alla platser inom 25 m² skördeyta. Väderdata under hela försöksperioden redovisas för varje försöksplats.

Grödornas status och bestånd bestämdes höst, tidig vår och vid avslutad blomning (BBCH 69; (Lancashire et al., 1991) på varje plats genom att grödprover klipptes vid dessa tillfällen i led A och led I. Fyra ramar 0,5 * 0,5 m per ruta klipptes och sammanslogs rutvis för analys av kvävehalt och biomassa. Ramarna placeras två och två inom försöksrutan men utanför nettorutan. Provavsnitten placerades representativt för beståndet och så att kantverkan undveks. Grödan inklusive ogräs klipptes precis vid markytan. Proverna torkades vid 50°C. Dessutom bestämdes grödornas status och bestånd höst och i knoppstadiet med handburen Yara N-sensor i alla led.

Markens innehåll av mineralkväve (nitrat och ammonium) i 0-90 cm (0-30, 30-60 och 60-90 cm djup) bestämdes vid sådd genom ett generalprov, sen höst och tidig vår rutvis i led A och I och vid skörd rutvis i led A. Kväveprofilprovet uttaget som generalkväveprofilprov efter uppkomst av höstrapsen och innan gödsling genomfördes med 24 stick i skiktet 0-30, 12 stick

i skiktet 30-60 cm och 12 stick i skiktet 60-90 cm fördelat i hela försöket. Kväveprofilprov rutvis vid övriga tidpunkter uttogs med 8 stick i skiktet 0-30, 6 stick i skiktet 30-60 cm och 6 stick i skiktet 60-90 cm.

Generalprov av matjord fördelades över hela försöksytan. All jord finfördelades genom ett 4 mm såll och blandades noga varefter det delades i tre delar till olika analyser. Ett delprov lufttorkades för bestämning av jordart, pH, P och K, och två delprover frystes separat för bestämning av HWC respektive ninhydrinreaktivt kväve.

Analys av jord och gröda

Jordart, totalkol, totalkväve, pH, P-AL, K-AL, K-HCl samt HWC analyserades vid Eurofins laboratorium i Kristianstad. Ninhydrinreaktivt N analyserades vid Eurofins laboratorium i Lidköping genom extraktion med 2M KCl (Joergensen & Brookes, 1990; Delin et al., 2012). Torkade jordprover från 0-20 cm mättes med NIR vid SLU, Institutionen för mark och miljö, Skara. Mineralkväve och grödprover analyserades vid laboratoriet vid SLU, mark och miljö. Analys av fröprover utfördes med NIT vid Hushållningssällskapet Skara. Analys av kvävehalt i frö utfördes vid Cereallab (enligt Dumas). Prover av frö från Östergötland analyserade båda åren vid Agrolab, Uppsala, och 2009 gjordes bestämningen av kvävehalt vid laboratoriet vid SLU (enligt Kjeldahl).

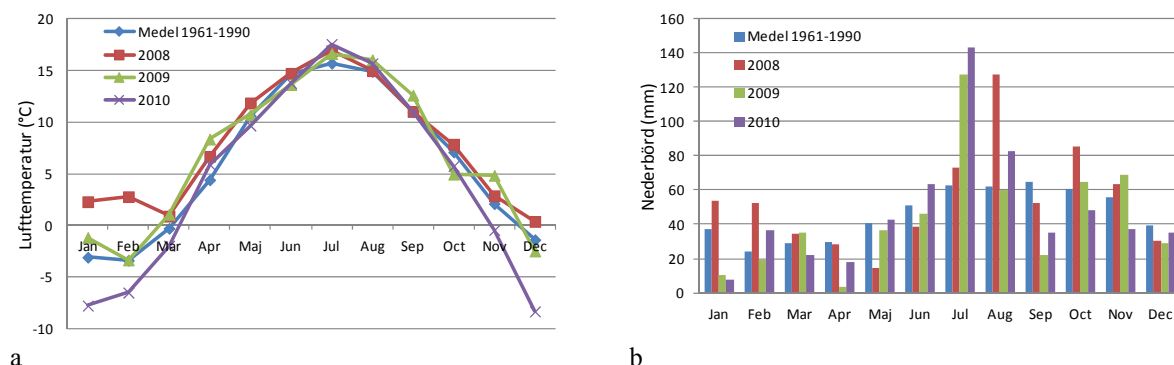
Beräkningar och statistisk analys

Växttillgängligt N från tillväxtstarten tidig vår fram till full blom i det ogödslade ledet beräknades som differensen i kväve i ovanjordiskt växtmaterial vid dessa två tidpunkter (Engström & Lindén, 2009). Ekonomiskt optimal kvävegödsling beräknades som största nettoinkomsten vid fröpris 6 kr kg⁻¹ och kvävepris 22 kr kg⁻¹.

Statistiska analyser av ledskillnader utfördes tvåfaktoriellt med Mixed procedure i SAS 9.2. T-test vid p=0,05 användes vid parvisa jämförelser med proceduren pdiff i SAS. Multivariat analys av data (PCA och PLS) utfördes i Unscrambler X 10.1. Multipla regressioner beräknades i Minitab 15 statistical software.

Resultat och diskussion

Väder under försöksåren



Figur 1. a) Månadsmedel i lufttemperatur och b) ackumulerad nederbörd för 2008-2010 jämfört med medel för 1961-1990 vid Lanna forskningsstation, SLU, Jung.

Vinterperioden januari-februari 2008 var mildare än normalt och nästan utan några tjalperioder i södra Sverige (figur 1a). Samtidigt var det mer nederbörd än normalt (figur 1b) vilket innebar blötare och också mer kompakt mark än normala år. Denna vinter föregick det första försöksåret då temperaturerna var normala men med både blötare och torrare perioder än ett normalår. Vid sådd i augusti 2008 kom det stora nederbördsmängder som på många plaster gav problem med sådd av rapsen. Även juli 2009 och juli 2010 framstod som mycket blötare än normalåret med mer än 120 mm nederbörd. Vårvintern 2010 var mycket kallare än normalt som sedan följdes av varmt och torrt väder.

För att visa på temperatur och nederbörd varierade mellan åren och jämfört med ett normalår, redovisar vi vädret för Lanna forskningsstation utanför Jung, Västergötland (58°21'N, 13°8'E), där årsmedelnederbörden för 1961-1990 var 558 mm och medeltemperaturen +6,1°C (Alexandersson & Eggertsson Karlström, 2001). Stora lokala variationer i väderförhållanden mellan försöksplatserna förekom dock under projektperioden.

Tabell 2. Uppgifter om markegenskaper och skötsel av grödan i försöken som skördades 2009 inom projektet

Plats ADBnr	Järpås 03L002	Rone 1 03L005	Trelleborg 03L006	Borrby 1 03L007	Dingle 03L008	Borensberg 1 03L012
Jordart	mmh I Mo	mr mo LL	nmh sa LL	mf I Sa	mr Mo LL	mmh SL
Förfrukt	Vall III	Betesvall	Vitklöver	Vitklöver	Vall	Ängssvingel
Förförfrukt	Vall II	Betesvall	Vårvete	Havre	-	Ängssvingel
Sort	Falstaff ¹	Cadillac ¹	Carousel ¹	Calypso ²	Calypso ²	Calypso ²
Sådatum	080816	080815	080901	080901	080825	080815
Radavstånd (cm)	12,5	12,5	12,5	48	12,5	50
Gödsling N höst	081003	080904	080917	080911	-	080915
Gödsling N vår	090407	090408	090408	090408	-	090415
EC ³ led A 1 m	6	17	17	11	-	49
EC ³ led A 0,5 m	3,2	6,8	2,7	1,7	-	5,5
HWC C (mg l ⁻¹)	-	11	-	10,4	-	-
HWC (mg C g ts jord ⁻¹)	-	11	-	8,83	-	-
Ninhydrinreaktivt N (mg kg ts jord ⁻¹)	-	-	97	51	-	62
Lerhalt (%)	6	17	17	11	-	49
Mullhalt	3,2	6,8	2,7	1,7	-	5,5
pH	6,3	7,5	7	6,7	-	6,8
P-AL ⁴	7,2 (III)	9,3 (IVA)	15 (IVB)	5,6 (III)	-	5,9 (III)
K-AL ⁴	5,9 (II)	29 (IV)	8,7 (III)	8,1 (III)	-	18 (IV)
K-HCl ⁴	60 (2)	290 (4)	200 (3)	130 (3)	-	390 (4)

¹ Linjesort.

² Hybridsort.

³ Elektrisk konduktivitet (mS m⁻¹) mätt med EM38 (Geonics).

⁴ mg 100 g torr jord⁻¹ (klass inom parentes; Albertsson, 2012).

Markegenskaper och skötsel under försöksåren

Försöksplatserna fördelades i södra Sverige på platser med olika jordarter (tabell 2 och 3) och huvudsakligen på ekologiska gårdar. Den enda konventionella försöksplatsen var Kristianstad (03M001) där förfrukten var en långliggande gräsvall. NIR-analyser av jordproverna gav inte ytterligare information utöver att bekräfta skillnaderna i jordart mellan platserna (data ej

visade). Vare sig ninhydrinreaktivt N eller varmvattenextraherbart C ökade informationen om platsernas kvävelevererande förmåga. Det fanns heller inga samband mellan kväveupptag och jordart eller mullhalt.

Datum för sådd blev i några fall senare än rekommenderat för området. Under de senaste åren har rekommendationerna för optimala datum för sådd ändrats till tidigare datum än vad man tidigare rekommenderat (Gunnarsson & Nilsson, 2010). Datum för gödsling på hösten varierade från 3 september till 3 oktober och i några fall blev perioden från sådd till gödsling relativt lång om man beaktar kväveupptag och kvävetillgänglighet. Både linje- och hybrid sorter förekom. På nästan alla försöksplatserna var vall förfrukt. Då rapsen behöver sås så pass tidigt är vall nästan den enda möjliga förfrukten.

Tabell 3. Uppgifter om markegenskaper och skötsel av gröda i försöken som skördades 2010 inom projektet

Plats ADBnr	Kristianstad 03M001	Borrby 2 03M002	Rone 2 03M004	Borensberg 2 03M005	Logården 03M007	Varberg 03M008
Jordart	mmh sv I Sa	mf I Sa	nmh ML	mmh ML	mmh ML	mr I Sa
Förfrukt	Vallträda ¹ 14 år	Vitklöver	Slättervall IV	Ängssvingel	Gröngöds- ling vall I	Vall II
Förförfrukt	Vallträda	Havre	Slättervall III	Ängssvingel	Vårvete	Vall I
Sort	Calypso ²	Hornet ²	Vision ³	Hornet ²	Carousel ³	Hornet ²
Sådatum	090820	090827	090801	090815	090820	090819
Radavstånd (cm)	50	48	12,5	50	12,5	12,5
Gödsling N höst	090903	090916	090907	090916	090908	090918
Gödsling N vår	100331	090408	100409	100423	100415	100428
EC ⁴ led A 1 m	13,33	10,18	28,25	24,50	-	16,33
EC ⁴ led A 0,5 m	7,33	7,00	20,38	23,75	-	14,10
HWC C (mg l ⁻¹)	75	115	75	64	80	250
HWC (mg C g ts jord ⁻¹)	0,38	0,58	0,38	0,32	0,40	-
Ninhydrinreaktivt N (mg kg ts jord ⁻¹)	9,44	4,97	5,71	-	7,30	16,14
Lerhalt (%)	4	10	28	32	37	6
Mullhalt	3,0	1,8	2,6	4,6	3,1	9,0
pH	6,4	7	7,3	6,5	6,4	6,5
P-AL ⁵	14 (IVB)	7,6 (III)	4,7 (III)	2,3 (II)	14 (IVB)	11,4 (IVA)
K-AL ⁵	14 (III)	9,1 (III)	19 (III)	11 (III)	18 (IV)	3,7 (I)
K-HCl ⁵	58 (II)	120 (III)	370 (IV)	220 (IV)	310 (IV)	19 (I)

¹ Långliggande gräsvall (14 år). Försöksplats på konventionellt odlad mark.

² Hybridsort.

³ Linjesort.

⁴ EC=Elektrisk konduktivitet (mS m⁻¹) mätt med EM38 (Geonics).

⁵ mg 100 g torr jord⁻¹ (klass inom parentes; Albertsson, 2012).

Angrepp av skadegörare

Avkastningen blev låg i flera av försöken, under 2009 på grund av kraftiga angrepp av rapsbaggar (*Meligethes aeneus* F.), och under 2010 av rapsjordloppan (*Psylliodes chrysocephala* L.) men även på grund av svag etablering av bestånden och påverkan under den kalla vintern och sena våren (tabell 4 och 5). Några av försöken blev därför väldigt ojämna med stor variation i skördat frö. I sammanställningen av skördar och analys av hur de berodde på olika faktorer, har vi därför uteslutit fyra av de tolv försöken (03L002, 03L012,

03M004 och 03M005) och bara de kvarvarande åtta försöken är därför med i beräkningar av medelvärden och samband och statistiska bearbetningar av dessa.

Skördeeffekter av kvävegödsling på hösten

I medel ökade fröskörden signifikant ($p=0,0012$) med 135 kg ha^{-1} när 50 kg N tillfördes på hösten jämfört med ogödslat (tabell 4 och 5). På tre av platserna var det en signifikant skördeökning av höstgödsling. Fyra försök med höga CV (över 17 %) slopades vid den statistiska analysen av medelavkastning. Det fanns inga samspel mellan kvävegödsling på hösten och kvävegödsling på våren på någon av platserna eller i medel. Därför presenterar vi skördar för respektive gödslingstillfälle var för sig.

Tabell 4. Fröavkastning (kg ha^{-1} vid 9 % vattenhalt) i fältförsöken 2009 i serie D3-0151. F1=gödsling med N höst och F2=gödsling med N vår

Led	Järpås 03L002	Rone 1 03L005	Trelleborg 03L006	Borrby 1 03L007	Dingle 03L008	Borensberg 1 03L012
F1: 0 kg N höst	866	2750	4021	2875	2822	1217
F1: 50 kg N höst	859	2889	4061	3004	2745	1165
F2: 0 kg N vår	588	2808	4079	2713	2281	859
F2: 50 kg N vår	781	2904	4049	2778	2580	1058
F2: 100 kg N vår	858	2793	3991	2894	2733	1136
F2: 150 kg N vår	986	2926	4079	3103	3116	1343
F2: 200 kg N vår	1099	2668	4005	3209	3208	1559
CV (%)	20,4 ¹	7,2	5,4	8,5	4,2	19,5 ¹
F1	n.s.	0,0393	n.s.	n.s.	n.s. (0,0522)	n.s.
F2	<0,0001	n.s.	n.s.	0,0018	<0,0001	<0,0001
F1*F2	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.

¹ Ej med i sammanställning av resultat och beräkning av medel av alla försök.

Tabell 5. Fröavkastning (kg ha^{-1} vid 9 % vattenhalt) i fältförsöken 2010 i serie D3-0151. F1=gödsling med N höst och F2=gödsling med N vår

Led	Kristianstad 03M001	Borrby 2 03M002	Rone 2 03M004	Borensberg 2 03M005	Logården 03M007	Varberg 03M008
F1: 0 kg N höst	2795	2361	472	1131	1828	2831
F1: 50 kg N höst	3119	2420	705	1220	1952	3361
F2: 0 kg N vår	2250	2060	650	949	1434	2340
F2: 50 kg N vår	2498	2360	491	1266	1823	3177
F2: 100 kg N vår	2971	2386	536	978	1888	3520
F2: 150 kg N vår	3391	2504	579	1204	2081	3138
F2: 200 kg N vår	3674	2641	687	1481	2224	3303
CV (%)	7,4	12,6	29,5 ¹	44,7 ¹	15,4	16,6
F1	0,0001	n.s.	0,0008	n.s.	n.s.	0,0115
F2	<0,0001	0,0096	n.s.	n.s.	0,0004	0,0105
F1*F2	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.

¹ Ej med i sammanställning av resultat och beräkning av medel av alla försök.

På försöksplatserna med stor tillgång på mineralkväve var responsen på höstgödsling med N liten. De i flera fall sena såtidpunkterna kan vara en orsak till den ofta svaga responsen på

gödslingen på hösten jämfört med vad man kan förvänta sig utifrån kvävetillgång, gällande rådgivning och studier i konventionell höstraps på flera av de andra platserna (Albertsson, 2012). N måste finnas tillgängligt tidigt på hösten för att ge effekt (Engström, 2012). Sen mineralisering av N i det organiska gödselmedel vi använde vid höstgödslingen kan också ha medfört svag respons. Gödslingen utfördes i flera fall en månad efter sådd och i senare delen av september då man kan förvänta sig lägre mineraliseringshastighet. Enligt Delin et al. (2012) tar det cirka 1 månad för 60 % av kvävet i Vinass och 40-50 % av kvävet i produkter liknande Biofer att mineraliseras vid inkubering under mer gynnsamma betingelser än vad det i regel är i slutet av september med avseende på temperaturer och markvattenhalter.

Skördeeffekter av kvävegödsling på våren och ekonomiskt optimal kvävegiva

I det ogödslade ledet varierade fröskördarna mellan 1440 och 4080 kg ha⁻¹ (tabell 4 och 5). Lägsta fröskörden i ogödslat led uppmättes på en plats med en långliggande gräsvall som förfrukt (Kristianstad) och den högsta efter vitklöver som förfrukt.

Vårgödsling ökade fröskörden signifikant på fem av platserna, i medel med 700 kg ha⁻¹ vid ekonomiskt optimal kvävegiva (tabell 6) jämfört med ogödslat (t-test vid p<0,01). Största skördeökningen med 1400 kg frö ha⁻¹ vid 190 kg ha⁻¹ (optimal kvävegiva) uppmättes i försöket i Kristianstad. Med klöverrika förfrukter var optimal kvävegiva och skördeökningen betydligt lägre (tabell 6). På Borrby 2 och Logården var avkastningen vid den optimala kvävegödslingsnivån relativt liten. Inom ekologisk produktion blir de skördebegränsande faktorer fler än inom konventionell produktion. På Logården var det relativt hög ogräsförekomst och ett något ojämnt bestånd. På Borrby 2 var etableringen på hösten inte optimal. Torrt väder under perioder då rapsens kvävebehov är stort kan orsaka försämrad kvävetillgänglighet genom att mineraliseringshastigheten sänks om det är torrt i marken. Likaså kan olika skadegörare som rapsbagge och svampangrepp som i konventionell odling kan behandlas, ge oönskade skördetapp och därmed försämrat kväveutnyttjande.

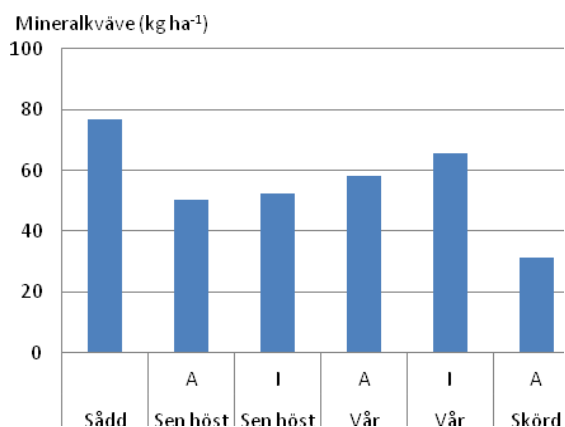
Tabell 6. Fröskörd och kvävegiva (kg ha⁻¹) vid beräknat ekonomiskt optimal kvävegiva för respektive försöksplats. Växttillgängligt N beräknat som skillnad i N i ovanjordisk gröda från tidig vår till full blom

Plats	Rone 1 03L005	Trelleborg 03L006	Borrby 1 03L007	Dingle 03L008	Kristianstad 03M001	Borrby 2 03M002	Logården 03M007	Varberg 03M008
Kvävegiva vid optimum	0	0	0	163	190	41	61	68
Fröskörd vid ekonomiskt kväveoptimum	2 824	4 086	2 716	3 118	3 640	2 304	1 833	3 376
Skördeökning vid kväveoptimum	0	0	0	824	1393	238	390	1057
Växttillgängligt N vår till full blom	14	131	115	-	34	67	46	21

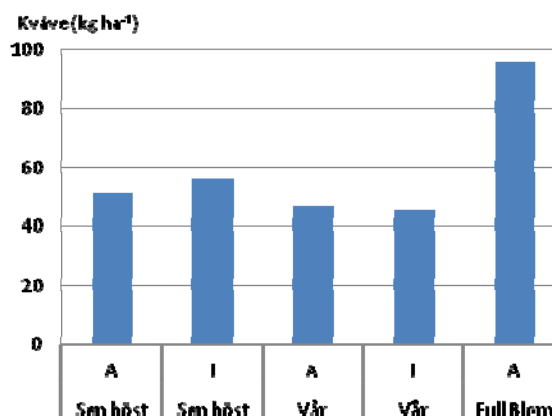
Mineralkväve i marken och kväveupptag höst, vår och sommar

Mineralkvävemängderna i marken bestämdes i det ogödslade ledet samt i ledet som fick 50 kg N ha⁻¹ på hösten och 150 kg på våren. Mängderna mineralkväve i marken varierade mycket mellan platserna och var vid sådd av rapsen i medel högre än vad man oftast ser på konven-

tionella gårdar (figur 2) (Engström, 2012). I det ogödslade ledet påverkade förfrukten och växtföljden mängderna kväve i marken. De största mängderna återfanns på platserna med vallar med klöver som förfrukt (figur 4). Det aktuella vädret, vilken marktemperatur och hur fuktig marken är, och jordarten kan också vara viktiga för hur mycket kväve som mineraliseras i marken.

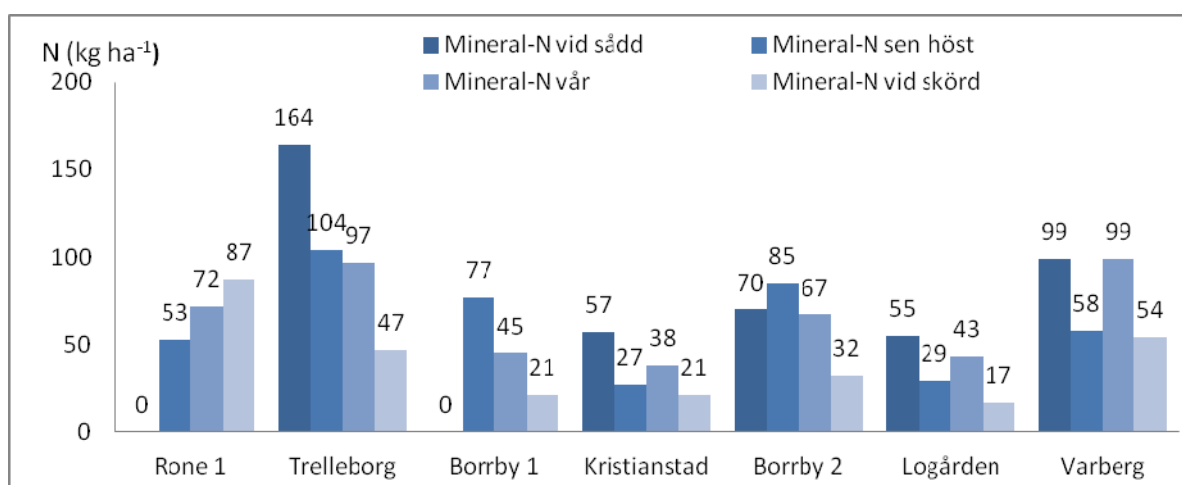


Figur 2. Mineralkväve i marken 0-90 cm som medel av alla försök 2009-2010 utom försöken i Dingle och Rone 1. Led A 0+0 kg N och led I=50+150 kg N.



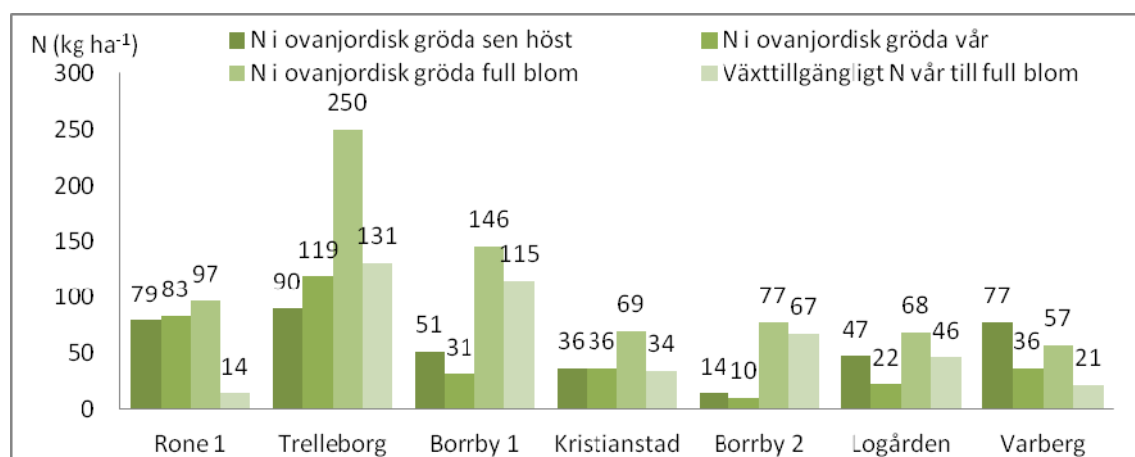
Figur 3. Kväve i ovanjordisk gröda i medel av alla försök 2009-2010 där provtagning utfördes. Led A 0+0 kg N och led I=50+150 kg N.

På senhösten var marken mer eller mindre tömd på mineralkväve på endast två av platserna, trots bra bestånd som tagit upp stora mängder kväve på dessa platser (figur 5). Kväveupptaget sen höst i ovanjordisk gröda i det ogödslade ledet var i medel 58 kg N ha⁻¹ (figur 3). Det minsta kväveupptaget uppmättes på en plats med vitklöver som förfrukt. Där kan dock såtidpunkten ha påverkat upptaget då rapsen såddes först 27 augusti. I medel var det lika mycket kväve i led A och I sen höst i ovanjordisk raps trots gödsling med 50 kg N i led I. I försöket utanför Kristianstad, med en långliggande gräsvall som förfrukt och den enda konventionella platsen, var det signifikant ($p=0,0456$) mer kväve i led I, 58 jämför med 36 kg N ha⁻¹ i led A.



Figur 4. Mineralkväve i marken vid olika tidpunkter i led A, 0 kg N höst och 0 kg N ha⁻¹ vår. I försöket i Rone, Gotland, är mineralkväve bestämt i 0-60 cm djup p.g.a. klappersten i djupare markskikt.

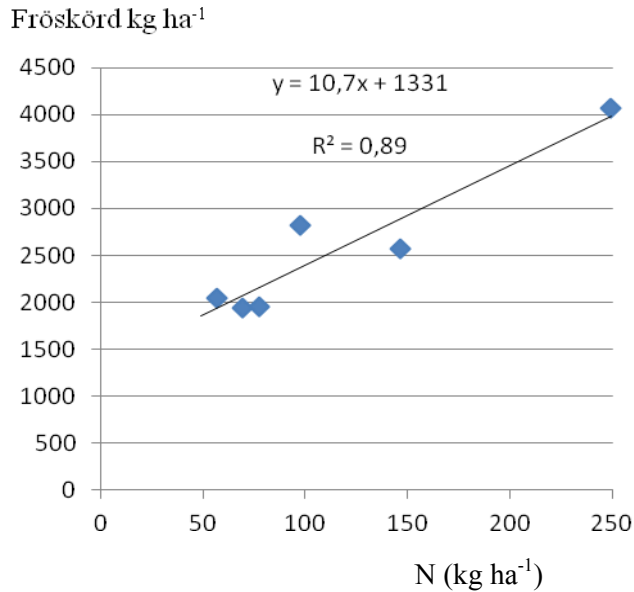
På våren innan gödsling var det skillnader mellan försöksplatserna i mineralkväveinnehåll i marken och i hur mycket N det fanns i de ovanjordiska delarna av rapsen i ledet som varken höstgödslats eller vårgödslats med kväve (figur 4 och 5). I försöket i Kristianstad var det signifikant ($p=0,0287$) mer kväve i rapsen i ledet som höstgödslats (I) än i det ogödslade, 53 jämfört med 36 kg N ha⁻¹. På de övriga platserna och i medel var det ingen skillnad mellan A och I på våren, därför redovisar vi endast värden i led A i figur 5.



Figur 5. Kväve i rapsens ovanjordiska växtbiomassa vid olika tidpunkter i led A, 0 kg N höst och 0 kg N ha⁻¹ vår.

Växttillgängligt N som mineraliserats från marken och varit tillgängligt för grödan bestämdes i det ogödslade ledet (A) (tabell 6). Det beräknades som skillnaden i kväveupptag i ovanjordisk grödan mellan tidig vår fram till full blom, då kväveupptaget i rapsen avstannar. Engström & Lindén, (2009) visade i höstvetete att denna differens korrelerade väl till beräkning av nettomineralisering av kväve under växtsäsongen när även mineralkväve i marken samt skattat kväve i rötterna räknades med. Mängden kväve i rapsen rötter brukar vara ca 20 kg N ha⁻¹ som mest sen höst och vid maximalt kväveupptag. I den här studien korrelerade fröskörden väl till upptaget N i ovanjordisk gröda vid full blom (figur 6) och detta samband fanns också för kväve mätt både höst och vår i mark och gröda (ej visat).

Multivariata PCA- och PLS-analyser gjordes på alla resultat från projektet för markanalyser, grödor och skördar. För försöken i projektet visade dessa analyser inte på några samband mellan skördar och skörderelaterade parametrar. Analyserna gav här alltså ingen ytterligare hjälp att prediktera kvävebehovet på våren för rapsen. Dock var antalet platser troligen för litet. Med ett betydligt större antal försöksplatser med kvävestegar och olika förfrukter skulle en liknande analys kunna göras för att bättre undersöka samband mellan NIR och olika skördebestämmande faktorer.



Figur 6. Ovanjordiskt N i gröda vid full blom vs. fröskörd i ogödslat led (A).

Stegvisa multipla regressioner med de olika uppmätta variablerna visade att variationen i optimal kvävegiva vid vårgödsling (y) kunde förklaras bra av fyra faktorer (ekvation 1) eller tre (ekvation 2) där x_1 = kväveupptag höst, x_2 =mineralkväve i marken höst, x_3 =växttillgängligt kväve under vår och sommar och x_4 =fröskörd vid ekonomiskt optimum:

$$y = 55 - 1,85x_1 - 2,54x_2 + 0,48x_3 + 0,08x_4, R^2(\text{adj}) = 0,98, p = 0,013 \text{ (ekvation 1)}$$

$$y = 50 - 1,84x_1 - 1,87x_2 + 0,08x_4, R^2(\text{adj}) = 0,93, p = 0,012 \text{ (ekvation 2)}$$

Dessa regressioner skiljer sig något från motsvarande gjorda från resultat i konventionella gödslingsförsök (Engström, 2012) där mineralkväve i marken inte tillförde ytterligare förklaring vilket det däremot gjorde för dessa försök. Här var försöken något senare sådda och gödslade än de konventionella, men det fanns även mycket tillgängligt kväve på hösten efter de i flera fall mycket gynnsamma förfrukterna jämfört med de konventionella försöken.

Höstrapsens kväveupptag under hösten kan ge en bra indikation på kvävetillgången på odlingsplatsen, särskilt om rapsen är tidigt sådd och får möjligheter till en lång tillväxtperiod under hösten. Det visar både denna studie och resultat från konventionell höstraps (Engström, 2012). Grödsensorer kan användas för att skatta grödans biomassa och kväveupptag sen höst. Genom mätningar i ytor som inte kvävegödslats kan man få ytterligare underlag för att bedöma leveransen av kväve från marken, särskilt om dessa görs regelbundet tillsammans med skördemätningar. Tillsammans kan dessa mätningar ge en fingervisning om grödans behov av kväve på våren.

Slutsatser

- Kvävegödsling på hösten med Biofer gav skördeökningar och kan rekommenderas när man kan förvänta sig små mineralkvävemängder i marken kommande vår och sommar på grund av torr väderlek eller när det finns risk för kväveimmobilisering i marken orsakad av växtrester från förfrukter som gräsvallar.
- Kvävegödsling på hösten gav ingen skördeökning för höstraps som hade klövervall som förfukt där mineralisering av kväve från marken var god.
- Kvävegödsling på våren med Vinass gav skördeökningar på flera platser. I medel var skördeökningen vid ekonomiskt optimum på dessa platser 780 kg ha⁻¹. Vårgödsling kan rekommenderas efter gräsvall som förfukt, som ger ingen eller liten kväveefterverkan då den kan orsaka immobilisering av kväve.
- Vårgödsling kan inte rekommenderas när förfrukten är betesvall eller klöverrik vall om kvävetillgängligheten höst, vår och sommar inte begränsas av faktorer som till exempel torrt väder.
- Ekonomiskt optimal kvävegiva varierade mycket mellan de olika platserna och måste beräknas platsspecifikt baserat på förväntad skörd, förfukt och kännedom om fältets kväveleverans.
- På platser med sen sådd och förfrukter med god kväveefterverkan, så som klöver, sågs stora mineralkvävemängder i marken under hösten vilket kan ge ökad risk för kväveutlakning när kvävet inte tas upp effektivt av en för svagt utvecklad rapsgröda.
- Vi kunde inte visa på någon förbättrad prediktering av kvävebehovet i höstrapsen med hjälp av markanalyserna av ninhydrinreaktivt N och varmvattenextraherbart kol eller med NIR-analyser jordprover.

Referenser

- Aalmond, J.A., Dawkins, T.C.K., Askew, M.F. 1986. Aspects of crop husbandry. In: Oilseed rape (Eds. Scarisbrick, D.H. and Daniels, R.W.). Collins, London. s. 127- 175.
- Albertsson, B. 2012. Riktlinjer för gödsling och kalkning 2013. Jordbruksverket, Jönköping. Jordbruksinformation 12 – 2012.
- Alexandersson, H., Eggertsson Karlström, C. 2001. Temperaturen och nederbörden i Sverige 1961–1990. Referensnormaler – utgåva 2. Meteorologi no. 99. SMHI, Norrköping. 71 pp.
- Bengtsson, A., Cedell, T. 1993. Kvävegödsling till höstraps. Svensk Frötidning. 1-2. s. 9-11.

- Biärsjö, J., Nilsson, B. 2008. Kväve till höstraps. I: Gruvaeus, I. (ed.) Försöksrapport 2007 för Mellansvenska försökssamarbetet och Svensk raps. pp. 98-100.
- Dejoux, J.-F., Recous, S., Meynard, J.-M., Trinsoutrot, I., Leterme, P. 2000. The fate of nitrogen from winter-frozen rapeseed leaves: mineralization, fluxes to the environment and uptake by rapeseed crop in spring. *Plant and Soil* 218, 257–272.
- Delin, S. 2005. Site-specific nitrogen fertilization demand in relation to plant available soil nitrogen and water. *Acta Universitatis Agriculturae Sueciae*. 2005:6.
- Delin, S., Stenberg, B., Nyberg, A., Brohede, L. 2012. Potential methods for estimating nitrogen fertilizer value of organic residues. *Soil Use and Management* 28, 283-291.
- Engström, L. 2012. Optimising the spring N fertilisation rate to winter oilseed rape. 17th Nitrogen Workshop, Wexford, Ireland. Abstract book. pp. 192-193.
- Engström, L., Lindén, B. 2009. Importance of soil mineral N in early spring and subsequent net N mineralisation for winter wheat following winter oilseed rape and peas in a milder climate. *Acta Agriculturae Scandinavica, Section B - Soil & Plant Science*, 59, 402-413
- Engström, L., Lindén, B. 2012. Temporal course of net N mineralization and immobilization in topsoil following incorporation of crop residues of winter oilseed rape, peas and oats in a northern climate. *Soil Use and Management* 28, 436-447.
- Gruvaeus, I. 2007. Kvävegödsling till vårkorn. I: Försöksrapport 2006 för Mellansvenska försökssamarbetet. Hushållningssällskapens Multimedia. ISBN 91-88668-59-2. pp. 35-40.
- Gunnarsson, A., Nilsson, B. 2010. Kvävestrategier i höstraps OS 188. Skåneförsöken försöksrapport 2010. www.skaneforsaken.nu.
- Henke, J., Böttcher, U., Sieling, K., Kage, H. 2007. Modelling nitrogen dynamics after growing winter oilseed rape in different cropping systems. The 12th International Rape Seed Congress. Sustainable Development in Cruciferous Oilseed Crops Production, Wuhan, March 26-39, 2007, China.
- Jensen, L.S., Christensen, L., Mueller, T., Nielsen, N.E. 1997. Turnover of residual ¹⁵N-labelled fertilizer N in soil following harvest of oilseed rape (*Brassica napus* L.). *Plant Soil* 190, 193–202.
- Joergensen, R.G., Brookes, P.C. 1990. Ninhydrin-reactive nitrogen measurements of microbial biomass in 0.5 M K₂SO₄. *Soil Biology and Biochemistry* 22, 1023-1027.
- Korchens, M., Weigel, A., Schultz, E. 1998. Turnover of soil organic matter (SOM) and long term balances – tools for evaluation sustainable productivity of soils. *Zeitschrift für Pflanzenernährung und Bodenkunde* 161, 409-424.
- Lancashire, P.D., Bleiholder, H., Van den Boom, T., Langelüddeke, P., Stauss, R., Webere, E., Witzemberger, A. 1991. A uniform decimal code for growth stages of crops and weeds. *Annals of Applied Biology* 119, 561-601
- Pettersson, B., Wallenhammar, A.-C., Svarén, A. 2002. Organic production of oilseed rape in Sweden. Proceedings of the 14th IFOAM World Congress, Victoria, Canada, 21-24 August 2002, 65.
- Rathke, G.-W., Behrens, T., Diepenbrock, W. 2006. Integrated nitrogen management strategies to improve seed yield, oil content and nitrogen efficiency of winter oilseed rape (*Brassica napus* L.): A review. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 117, 80-108.

- SCB. 2012. Jordbruksstatistisk årsbok 2012 med data om livsmedel. Sveriges officiella statistik. Statistiska centralbyrån.
- Schultz, J.R. 1972. Undersøgelser af vinterrapsens (*Brassica napus* L.) tørstofproduktion og næringsstofoptagelse gennem vækstperioden. Tidsskrift for Planteavl 76, 415-435.
- Stenberg, M., Engström, L., Wallenhammar, A.-C., Gruvaeus, I., Löf, P.-J. Nitrogen management strategies in organic winter oilseed rape (*Brassica napus* L.) production. Organic Agriculture. DOI 10.1007/s13165-013-0044-0.
- Wallenhammar, A.-C., Pettersson, B., Redner, A. 2005. Ekologisk oljeväxtodling kartlagd i fält. Svensk Frötidning 1, 18-21.

Resultatförmedling från projektet

Engström, L., Stenberg, M., Wallenhammar, A.-C., Ståhl, P. 2012. Site, preceding crop and N management effects on yield of organic winter oil seed rape. In: Abstract book. 17th Nitrogen Workshop, Wexford, Ireland. p. 216-217. (Poster).

Stenberg, M., Engström, L., Wallenhammar, A.-C., Ståhl, P., Gruvaeus, I. 2011. Nitrogen management strategies in organic winter oilseed rape (*Brassica napus* L.) in Sweden. The 13th International Rapeseed Congress, 5-9 June, Prague, Czech Republic. (Poster).

Stenberg, M., Engström, L., Wallenhammar, A.-C., Ståhl, P. 2011. Influence of preceding crop, site and nitrogen management on yield of organic oil seed rape (*Brassica napus* L.). In: Utilisation of manure and other residues as fertilizers. NJF Seminar 443. 29-30 November 2011. Falköping, Sweden. (Oral presentation).

Stenberg, M., Engström, L., Wallenhammar, A.-C., Ståhl, P., Gruvaeus, I. 2010. Nitrogen management strategies in organic winter oilseed rape (*Brassica napus* L.) production. In: Raghuram et al. (Eds.). N2010 5th International Nitrogen Conference "Reactive Nitrogen Management for Sustainable Development - Science, Technology and Policy", 3-7 December 2010, New Delhi, India. Book of Abstracts p. 34. (Oral presentation).

Engström, L., Stenberg, M., Wallenhammar, A.-C., Ståhl, P., Gruvaeus, I. Organic winter oilseed rape response to N fertilisation as affected by preceding crop. Manuscript submitted to Field Crops Research. Augusti 2013.

Dessutom har projektet presenterats vid ett flertal seminarier med lantbrukare, rådgivare och tjänstemän som målgrupper.