

Slutrapport för projektet:

”Bättre utnyttjande av skördepotentialen i vårrops”

Finansierat av: SSO och SLF

Projektnr SLF: H1333148

Projektansvarig: Lena Engström, Institutionen för Mark och Miljö, Skara.

Syfte och mål

Målet med denna studie var att få ökade kunskaper om platsspecifik skördepotential och kvävebehov i hybrid-vårrops samt utvärdera mätmetoder och gödslingsmodeller som möjliggör en justering av kvävegivan under säsongen. Syftet med studien var att:

- 1) Studera hur optimal kvävegiva (OptN) till hybridvårrops varierar mellan olika platser och år.
- 2) Undersöka hur faktorerna, skörd, kväveupptag i knoppstadium, markens kväveleverans, kan förklara variationen i OptN samt utveckla och testa gödslingsmodeller utifrån detta.
- 3) Undersöka om skörd och markens kväveleverans under växtsäsongen kan förutsägas i tidigt knoppstadium genom att mäta med grödsensorer.

Bakgrund

Det är osäkert om man idag kvävegödslar för en optimal skördenivå i de nya högre avkastande hybrid-sorterna. Försöksresultat och statistik (SCB) visar att vårrops-skördarna inte ökar på gårdsnivå motsvarande skördeutvecklingen i fältförsök. Orsakerna kan vara många, på senare år har många nya hybrid-sorter med högre avkastning testats i försök men på gårdarna odlas färre och lägre avkastande sorter. Ett minskande antal försök som ligger på bättre odlingsplatser bidrar till större medelskördar i försöken än på gårdsnivå. Mycket kan hända under växtsäsongen som kan minska den förväntade skörden. De vågrandiga jordlopporna har ökat i antal med en ökad våroljevästodling under 2000 talet. Ett förbud för betningsmedel 2014 mot dessa och resistens mot pyretroider gör skördeprognosen osäker i vårrops. Det finns också mycket som kan göras för att öka skörden t.ex. genom att fosforgödsla vid låga fosforklasser i marken, kalka på marker med lågt pH och tillföra näringsämnen som svavel, magnesium, bor, och mangan där risk finns för brist på dessa. För att utnyttja vårropsens skördepotentialen gäller det också att beräkna kvävebehovet korrekt. Precis som i flera andra grödor kan vi anta att det är bättre att göra en platsspecifik uppskattning av **skördenivå** och **markens kväveleverans** än att gödsla utifrån ett försöksmedelvärde. I studier utförda i höstraps var optimal kvävegiva (OptN) i endast tre försök av tolv samma som OptN i medeltal (Engström, 2012). På gårdarna där försöken låg hade man generellt gödslat för lite på dåliga bestånd, för att skördenivån underskattades, och för mycket på bra bestånd för att kväveleveransen från marken underskattades. I Kanada där vårrops odlas på stora arealer arbetar man med att just förbättra prediktionen av grödans kvävebehov, uppskattning av det under säsongen samt förfruktens inverkan (C.A.Grant, Agriculture and Agri-Food Canada. pers. medd.).

I Sverige utfördes ett stort antal försök med kvävestegar i vårrops (linjesorter) 1980-1997 och effekten av delad giva studerades i sex försök 1999-2001 (Andersson, 2001). Liknande studier saknas i hybridvårrops. Hybrid-sorterna har en snabbare tillväxt på våren än linjesorterna och därmed en kortare period för kväveupptag fram till och med avslutad blomning. För att kunna utnyttja

skördepotentialen i både hybrid- och linjesorter gäller det att kunna uppskatta skördenivån och därmed kvävebehovet rätt redan vid sådd, då man ofta lägger hela kvävegivan (Andersson, 2001). Endast enstaka försök visar att en delad kvävegiva ger skördeökning men också att det inte påverkade skörden negativt (Andersson, 2001). Därmed är det möjligt att lägga en kompletteringsgiva om man missbedömt skördenivån och gödslat för lite som t.ex. 2012 då tillväxtförhållandena var mycket gynnsamma efter andra givan. En prediktion av kvävebehovet under säsongen borde bli bättre än innan sådd.

Material och metoder

Försöksplatser och försöksupplägg

Totalt utfördes 17 försök på olika gårdar i Skåne, Västergötland, Västmanland, Närke och Halland mellan 2014 och 2016 (Tabell 1), varav kostnaderna för 3 försök och alla grödanalysen ingick i detta projekt. Försöken placerades på olika typer av jordar för att få en variation i markens kväveleverans och skördenivå. Jordarna på försöksplatserna testades för klumprotsjuka för att inte det skulle begränsa skörden. Dispens erhöles för att få använda betat utsäde av sorten Mahjong. Försöken var randomiserade blockförsök (4 st) med sex led (A-F) bestående av stigande kvävegivor: 0, 60, 90, 120, 150 (120+30), 180 (120+60) kg N/ha. Kväve- och svavel tillfördes (Sulfan) vid sådd. I led med mer än totalt 120 kg N/ha gjordes även en andra kvävegödsling i tidigt knoppstadium (DC50-51). Svavel (Kieserit) tillfördes även ogödslad led vid sådd, 25 kg S/ha. Hela försöket gödslades med PK enligt gällande rekommendationer.

Provtagningar och analyser

Bladprov togs i blomningen, ledvis i tre led (A, D och F), för analys av växtnäringsämnen (N,P,K, S, Ca, Mg, Na, Mn, Cu, Zn, Mo, Bor, Järn, Al) och för att få veta om någon brist förekommit. Vårropsens kväveupptag och biomassa vid tidpunkten för kompletteringsgödsling (tidigt knoppstadium, stadium 50-51) bestämdes i led med 0-120 kg N/ha (led A-D) genom att grödan klipptes vid markytan (på 1 m² fördelat på 2 platser inom varje ruta) och analyserades på kväveinnehåll. För att undersöka samband mellan skörd, kväveupptag och sensormätningar gjordes mätningar med två handburna sensorer i samma rutor och vid samma tidpunkt som klippningarna: Greenseekern (Trimble) som ger ett vegetationsindex (NDVI) och YARAs N-sensor där index framtaget för höstraps användes (S1).

Markens kväveleverans bestämdes genom att grödan klipptes i ogödslad ruta (1 m² fördelat på 2 platser i varje ruta) vid maximalt kväveupptag (avslutad blomning, stadium 69). Mätningar gjordes även då med de handburna sensorerna. Vårropsen skördades rutvis på en yta på 20 m² och ett skördeprov analyseras på torrsbstans, oljehalt och råfett.

Beräkningar och statistisk analys

Skörderesponskurvor anpassades till en tredjegrads ekvation och optimal kvävegiva (OptN) beräknades med hänsyn till gällande oljehaltsbetalning (fröpris 2,8 kr/kg och kvävepris 8,8 kr/kg, dvs priskvot 3,1). Kväveutnyttjande (kg frö/kg N) beräknades som skillnaden mellan skörd vid OptN (SkördOptN) minus skörd i ogödslad led (SkördON) delat med OptN ((SkördOptN - SkördON)/OptN).

Multiple regressionsanalys gjordes för att undersöka hur optimal kvävegiva påverkades av skördenivå, kväveupptag vid tidigt knoppstadium och markens kväveleverans (kväveupptag vid avslutad blomning i ogödslad led). Gödslingsmodeller kalibrerades med försöksdata och testades med hjälp av korsvalidering (leverage correction), i programvaran Unscrambler 10,2. Ett medelfel (rmse) för den validerade modellen erhöles och ett rpd-värde räknades fram

(standardavvikelsen/RMSE), som är ett mått på hur bra modellen fungerar att prediktera en punkt som inte ingick i modellen (rpd = 2, en bra modell, rpd = 1, modellen är lika bra/dålig som att använda medelvärdet av OptN i försöken).

Gödslingsmodellen Modell-NrekJV bygger på sambandet mellan Jordbruksverkets gällande N-rekommendationer (2013) vid olika skördenivåer. Modell-MedelOptN, byggde på sambandet mellan medelvärdet av OptN och SkördOptN för 2014-2016, se regressionsekvationer i tabell 4. Modell-Merskörd0N bygger på sambandet mellan OptN och Merskörd0N (SkördOptN minus Skörd0N (tabell 4)).

Rekommenderad N-giva enligt GreenSeekers "N-rate calculator" jämfördes med OptN (<http://soiltesting.okstate.edu/sensor-based-n-rate-calculator>). Data som användes för detta var: summan av daggrader över 0 C° från sådd till sensormätning i tidigt knoppstadium; NDVI uppmätt i tidigt knoppstadium i led B, C (60, 90) jämfördes med led D (120 kg N/ha); maxskörd.

Tabell 1. Sådatum, förfrukt och jordart i 17 försök med hybridvåraps 2014-2016.

År och plats	Sådatum	Förfrukt	Jordart
2014			
Bjärred1	30/4	sockerbetor	nmh I S, något mullhaltig lerig sand
Varberg	25/4	havre	mmh ML, mycket mullhaltig mellanlera
Nossebro	24/5	havre-träda	-
Örebro1	21/5	höstvet+rotrest	mr ML, mullrik mellanlera
Västerås1	5/5	havre	SL, styv lera
Lidköping1	25/4	vårkorn	LL, lättlera
2015			
Uggelarp	15/5	höstvet	mr ML, mullrik mellanlera
Grästorp	11/4	höstvet	nmh SL, något mullhaltig styv lera
Bjärred2	23/4	höstvet	-
Örebro2	9/5	havre	mr LL, mullrik lättlera
Linköping1	20/4	höstråg	mmh mj LL, mycket mullhaltig mjällig lättlera
Lidköping2	22/4	havre	mf SL, mullfattig styv lera
2016			
Falkenberg	21/4	vårkorn	mmh I Mo, mycket mullhaltig lerig mo
Bjärred3	20/4	höstvet	I Mo, lerig mo
Västerås2	15/5	höstvet	ML, mellanlera
Örebro3	15/5	vårvet	mmr I Mo, mycket mullhaltig lerig mo
Linköping2	21/4	vårkorn	mr ML, mullrik mellanlera

Resultat

Jämförelse med försök i linjesorter

I medeltal för 17 försök i hybrid-våraps hade 10 och 22 % högre råfettsskörd i jämförelse med äldre försök i linjesorter (30 försök 1977-1981 resp. 21 försök 1982-1984). Jämförelsen gjordes i ett led som gödslats med 120 kg N/ha, då den kvävenivån fanns i alla försöken.

Skörd och optimal kvävegiva

Vid jämförelse av de tre åren var OptN i medeltal lägst 2014, något högre 2015 och som högst 2016 (Tabell 2). Grundskörd och skörd vid OptN var medelhöga 2014. Endast ett försök gav mer än 3 ton men kväveutnyttjandet var högre än de andra åren, över 10 kg/kg N i fyra av sex försök. 2015 var grundskörd och skörd vid OptN lägre än övriga år. Inga skördar var över 3 ton och kväveutnyttjandet var som lägst, endast ett försök över 10 kg/kg N. 2016 var grundskörd och skörd vid OptN högre än övriga år. Två försök gav över 3 ton i skörd och kväveutnyttjandet var medelhögt, över 10 kg per kg gödselkväve i tre av sex försök.

OptN var i medeltal för alla åren ca. 20 kg N/ha högre än om OptN hade beräknats enligt gällande Jordbruksverkets kvävegödslings-rekommendationer (NrekJV) och försökens skördar (OptN = 0,02 x skörd + 70).

Tabell 2. Optimal kvävegiva (OptN), nettointäkt vid OptN (Netto), skörd (9 % vh) och oljehalt vid OptN, skörd i ogödslat led (Skörd0N), Skillnaden mellan OptNskörd och Skörd0N (skördeökning) och kväveutnyttjande beräknat som OptNskörd-skörd0N)/OptN. 17 försök med hybridvåraps 2014-2016.

År och plats	OptN, kg N/ha	Netto kr/ha	SkördOptN, kg/ha	Oljehalt OptN, %	Skörd0N, kg/ha	Skörde- ökning kg/ha	N-utnyttj. kg frö/kg N
2014							
Bjärred1	98	2720	1355	41	503	851	8,7
Varberg	155	2963	1478	48	211	1267	8,2
Nossebro	172	5739	2617	44	773	1844	10,7
Örebro1	117	8039	3245	45	1740	1505	12,9
Västerås1	120	5658	2378	45	878	1501	12,5
Lidköping1	121	6637	2725	45	1436	1289	10,7
2015							
Ugglarp	180	2918	1730	40	403	1327	7,4
Grästorps	180	4443	2043	48	357	1685	9,4
Bjärred	59	2496	1104	43	712	392	6,6
Örebro2	155	5048	2431	41	1178	1253	8,1
Linköping1	89	4652	1965	44	1399	566	6,4
Lidköping2	180	5260	2435	45	308	2127	11,8
2016							
Falkenberg	158	7880	3485	41	1521	1963	12,4
Bjärred2	180	4505	2341	38	1207	1134	6,3
Västerås2	180	5058	2404	44	391	2012	11,2
Örebro3	151	8375	3422	46	1852	1569	10,4
Linköping2	100	6233	2550	44	2095	455	4,5
Årsmedeltal:							
2014	131	5293	2300	45	923	1376	10,6
2015	141	4136	1951	43	726	1225	8,5
2016	154	6410	2840	43	1413	1427	9,6
Medeltal 3 år:	141	5213	2336	44	998	1338	9,6
Stdav 3 år 2014-2016	39		682		602		
(2015/2016):	(44)		(652)		(612)		

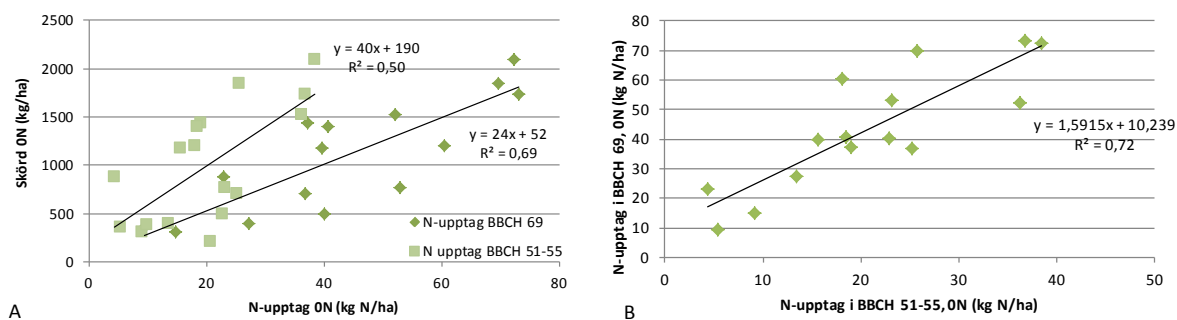
Kväveupptag vid knoppstadium och vid avslutad blomning i nollruta

Vid jämförelse av de tre åren, var markens kväveleverans (kväveupptaget vid avslutad blomning i ogödslat led) medelhög 2014 och varierade från 23 till 73 kg N/ha (Tabell 3). 2015 var kväveleveransen som lägst och varierade från 9 till 40 kg N/ha. 2016 var kväveleveransen som högst och varierade från 52 till 72 kg N/ha. Kväveupptaget vid knoppstadium följde samma mönster som kväveleveransen, men var hälften så stor.

Ett bra samband (Figur 1b) fanns mellan kväveupptag i knoppstadium (0 kg N/ha) och kväveupptag vid avslutad blomning (0 kg N/ha). Ett bra samband fanns även mellan skörd i ogödslat led (SkördON) och kväveupptag vid avslutad blomning (0 kg N/ha) och en tendens till samband fanns även för kväveupptag i knoppstadium (0 kg N/ha) och SkördON (Figur 1a).

Tabell 3. Kväveupptag i vårraps i ogödslat led (ON) och i gödslade led (60, 90 och 120 kg N/ha), vid tidigt knoppstadium (BBCH 51-55) och vid avslutad blomning i ogödslat led (BBCH 69).

	Kväveupptag kg N/ha				
	BBCH 51-55, ON	BBCH 69, ON	BBCH 51-55, 60N	BBCH 51-55, 90N	BBCH 51-55, 120N
2014					
Bjärred1	23	40	46	55	62
Varberg	21		52	69	60
Nossebro	23	53	72	95	114
Örebro1	37	73	70	75	86
Västerås1	4	23	27	29	31
Lidköping1	19	37	54	59	74
2015					
Ugglarp	13	27	31	23	41
Grästorp	5	9	22	38	39
Bjärred2	25	37	87	85	60
Örebro2	16	40	58	81	87
Linköping1	18	41	48	41	40
Lidköping2	9	15	32	43	50
2016					
Falkenberg	36	52	57	67	86
Bjärred3	18	61	33	41	32
Västerås2	10		26	33	38
Örebro3	26	70	36	41	55
Linköping2	38	72	62	60	74
Årsmedeltal:					
2014	21	45	53	63	71
2015	15	28	46	52	53
2016	26	64	43	48	57
Medeltal 3år:	20	43	48	55	61



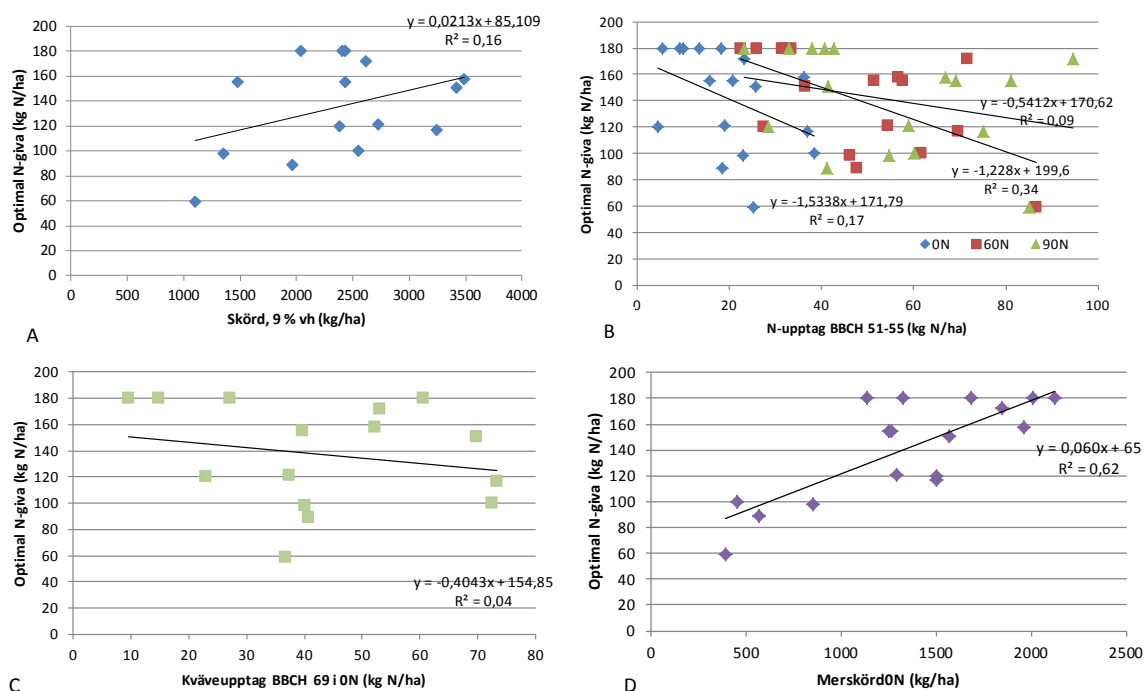
Figur 1. A) Samband mellan grundskörd (SkördON) och kväveupptag i tidigt knoppstadium (BBCH 51-55) samt vid avslutad blomning (BBCH69). B) Samband mellan kväveupptag i tidigt knoppstadium och avslutad blomning.

Växtnäringsanalys av blad

Bladanalyser som togs i fem försök i led med 120 eller 180 kg N/ha visade att det inte fanns någon generell mikronäringsbrist. Halterna av Mangan, Koppar, Zink och Bor var normala i alla försök utom två där Bor var något lågt. Av makronäringsämnena Kväve, Fosfor, Kalium, Kalcium och Magnesium var halterna optimala, förutom för Kalium som hade låga halter i tre försök trots att de låg på leror. Av dessa var det bara ett försök (Varberg, ML) som gav låg skörd och även hade låg halt av N och P.

Olika faktorerers inverkan på optimal kvävegiva och skörd

Inga samband fanns mellan OptN och de enskilda faktorerna: skörd vid OptN (SkördOptN), kväveupptag i knoppstadium (0-120 kg N/ha) och kväveupptag vid avslutad blomning (0 kg N/ha) d.v.s. markens kväveleverans (Figur 2, Tabell 4). Ett samband fanns däremot mellan OptN och MerskördON (SkördOptN – SkördON). Inga samband fanns mellan SkördOptN och kväveupptag vid avslutad blomning (0 kg N/ha) eller i knoppstadium (0-120 kg N/ha), data ej presenterat.



Figur 2. Samband mellan optimal kvävegiva och A) skörd, B) kväveupptag i knoppstadium (BBCH 51-55) vid tre olika N-givor (0, 60 och 90 kg N/ha) och C) markens kväveleverans (kväveupptag vid avslutad blomning (BBCH 69) i ogödslat led) samt D) skillnaden mellan SkördOptN och SkördON (MerskördON). 17 försök 2014-2016.

Multiple regressionsanalys visade att en modell som byggde på alla tre åren (Modell-3år) inte kunde förklara OptN i de 17 försöken, oavsett vilka faktorer eller kombination av faktorer som användes (Tabell 4). Medelfelet var som lägst 34 kg N/ha vid validering av modellen och inte mycket mindre än standardavvikelsen för OptN i försöken (39 kg N/ha). Om bara 2015 och 2016 ingick i modellen (Modell-2år) var medelfelet som lägst 26-29 kg N/ha vid validering och rpd var 1,5-1,7 (halvbra modell). Resultat var lika om faktorerna SkördOptN och kväveupptag i tidigt knoppstadium (0N eller 60N) ingick i modellen eller bara kväveupptag i tidigt knoppstadium (60 kg N/ha). Modell-2år kunde inte prediktera OptN 2014, medelfelet var stort (som lägst 44 kg N/ha). Modellerna förbättrades inte när försök på mulljordar (4 st) och försök med OptN >180 kg N/ha (5 st) inte ingick (data ej presenterat). Modellen Merskörd0N var däremot mer generell eftersom alla tre åren ingick och medelfel för valideringen och rpd var på samma nivåer som Modell-2år, 26 kg N/ha resp. 1,5.

En gödslingsmodell baserad på Jordbruksverkets gällande N-rekommendationer (2013) och skördarna vid OptN i försöken 2014-2016 (Modell-NrekJV) gav ett medelfel på 41 kg N/ha vid validering av modellen. Ett lika stort medelfel erhöles för modellen som byggde på medelvärdet av OptN och SkördOptN för 2014-2016, Modell-MedelOptN.

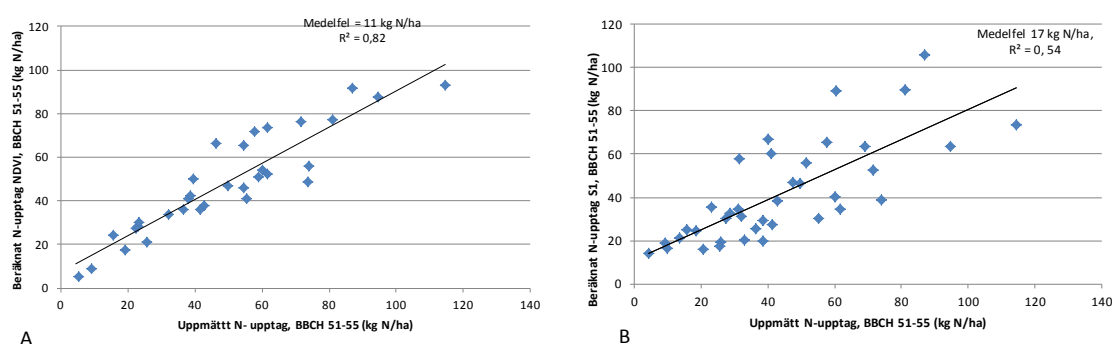
Tabell 4. Multiple regressionsanalys med responsen $Y = \text{OptN}$ och faktorerna; skörd = x_1 , kväveupptag vid tidigt knoppstadium (50-55) $x_2 = i$ ogödslat led, $x_3 = i$ led med 60 kg N/ha, $x_4 = i$ led med 90 kg N/ha och $x_5 = N$ -upptag vid avslutad blomning i ogödslat led (Nmin0N). Korrelationskoefficient (r^2) och medelfel (rmse) för kalibrerad och validerad modell samt regressionsekvationer. För förklaring av modeller se Material och Metoder.

Modell	Kalibrering		Korsvalidering		rpd	Regressionsekvation $Y = \text{OptN}$
	r^2	rmse	r^2	rmse		
Modell-3år, 2014-2016, n= 17						
x_1 och x_2	0,39	29	0,15	35	1,09	$Y = 119 + 0,03x_1 - 2,2x_2$
x_1 och x_3	0,42	28	0,20	34	1,13	
x_1 och x_4	0,18	33	0,006	42	0,92	
x_1 och x_5	0,33	31	0,08	38	1,01	
Modell-2år, 2015/2016, n= 11						
x_1 och x_2	0,70	22	0,51	29	1,50	$Y = 106 + 0,04x_1 - 3,3x_2$
x_2	0,29	35	0,09	42	1,04	
x_1 och x_3	0,73	21	0,58	27	1,61	$Y = 197 + 0,01x_1 - 1,8x_3$
x_3	0,70	23	0,60	26	1,67	$Y = 231 - 1,9x_3$
x_1 och x_4	0,46	31	0,09	42	1,04	
x_4	0,33	34	0,005	44	0,99	
x_1 och x_5	0,48	31	0,11	42	1,04	
Modell-NrekJV, 3år	0,09	36	0,03	41	0,94	$Y = 70 + 0,020x_1$
Modell-MedelOptN, 3 år	0,08	36	0,04	41	0,94	$Y = 100 + 0,017x_1$
Modell-Merskörd0N, 3 år	0,62	23	0,53	26	1,48	$Y = 65 + 0,057 \times \text{merskörd0N}$

Samband mellan kväveupptag i knoppstadium och skörd med sensormätningar

Ett bra exponentiellt samband erhöles mellan NDVI, uppmätt med GreenSeeker (8 försök), och **kväveupptaget i tidigt knoppstadium** BBCH 51-55 led A-D (0-120 kg N/ha). När sambandet testades (validerades) blev medelfelet 11 kg N/ha och rpd 2,3. Ett tydligt samband fanns också för N-sensorns S1-värde (9 försök), kalibrerat för höstraps kväveupptag på hösten, men medelfelet blev större vid validering av modellen och rpd var 1,5 (Figur 3).

Ett bra exponentiellt samband ($r^2 = 0,80$) med **skörd** erhöles för NDVI/summan av daggrader över 0 C° (från sådd till sensormätning) för 2015 och 2016 men ej 2014 (data redovisas ej). När sambandet testades beräknade skörden med ett medelfel på 459 kg/ha (rpd= 1,9) vilket var 45 % lägre än standardavvikelsen för skörden i led A-D (834 kg/ha). Rekommenderad N-giva enligt GreenSeekers "N-rate calculator" överensstämde inte med optimal N-giva, den låg mycket under optimum (data redovisas ej).



Figur 3. Korrelationen mellan uppmätt kväveupptag i tidigt knoppstadium och A) beräknat kväveupptag utifrån uppmätt NDVI (GreenSeeker i 8 försök) och B) beräknat kväveupptag utifrån uppmätt S1-värde (YARA N-sensor i 9 försök).

Diskussion

Skörd och OptN

Alla tre platserna med skördar på över tre ton hade något högre mullhalt i jorden och höga grundskördar, mellan 1500 och 1900 kg/ha. En högre mullhalt bidrar under optimala förhållanden till en större kväveleverans under vår och sommar och därmed också lägre OptN, som i Örebro 2014 och i viss mån Örebro och Linköping 2016. Torka i juli 2014 har troligen begränsat skörden något genom en snabb inlagring och därmed färre och små frön. De låga skördarna i Varberg och Bjärred 2014 berodde troligen på att andra faktorer än kväve begränsade skörden, som torkan i juli, lätta jordar och möjligtvis rapsbaggar. Växstsäsongen 2015 var nederbördsrik, höstvetete och höstraps gav stora skördar, men det blev också stora kväveförluster vilket kan förklara att det ofta blev höga OptN, minst 180 kg N/ha i tre försök. Trots torrt väder i maj och juni 2016 på många platser var markens kväveleverans hög och bidrog till att medelskörd vid OptN och grundskörd blev högre än andra år.

Olika faktorerers inverkan på optimal kvävegiva och gödslingsmodeller

Variationen i OptN i dessa försök kunde som bäst förklaras av faktorerna: SkördOptN och kväveupptag vid tidigt knoppstadium (0N eller 60N), men endast då två av tre försöksår ingick i gödslingsmodellen. En modell behöver vara mer generell, dvs kunna prediktera flera år, och medelfelet borde vara lägre (gärna < 20) för att kunna användas. Regressionsekvationerna (Tabell 4)

indikerar hur en modell skulle kunna fungera t.ex. enligt Modell-2år kunde OptN beräknas genom att utgå från 106 kg N/ha, lägga till 45 kg N/ha per ton förväntad skörd och sen minska med kväveupptaget i knoppstadium multiplicerat med 3,3. Modellerna innehåller väldigt få data och skulle kunna bli mer stabila med ytterligare försök och år som underlag. Det är dock svårt att säga om medelfelet skulle bli lägre med fler data, det är inte en självklarhet.

Att kunna använda grödan som en indikation på kväveleverans från marken och skördenivå blir svårare i vårraps än i höstraps då den har en kort växtsäsong som gör perioden för kväveupptag och kväveminerisering i marken kort, samt kan påverkas av många skördebegränsande faktorer utöver kväve.

Modell-MedelOptN som bygger på medelvärden av skörd och OptN för försöken 2014-2016, på likande sätt som Modell-NrekJV, men låg generellt 20 kg N/ha högre i OptN. Eftersom inget samband fanns när alla försökens skördar plottades mot OptN (Figur 2a) förklarar det varför medelfelet blev så stort för ModellOptN och att man inte kan använda medelskörden för att beräkna kvävebehovet. Det visar även att det inte hjälper att höja dagens kväverekommendationer med 20 kg N/ha då medelfelet var lika stort som för Modell-NrekJV.

En annan möjligt är att med ytterligare försök bygga på och testa modellen där OptN beräknas enligt Modell-Merskörd0N då den var mer generell för alla år. För att beräkna OptN krävs då att både SkördOptN och Skörd0N kan uppskattas t.ex. att man tror sig få 3 ton i skörd och 1 ton av det är Skörd0N blir merskörden 2 ton och sen kan OptN kan beräknas enligt ekvationen i tabell 4.

För att uppskatta Skörd0N vid tidpunkten för gödsling i knoppstadium skulle sambandet med kväveupptaget vid knoppstadium kunna användas (Figur 1). Troligen är det lämpligare att göra det i sent knoppstadium, för att få ett bättre samband än vid tidigt stadium, t.ex. med en sensormätning.

Mäta kväveupptag och skörd med grödsensorer

Ett bra samband mellan NDVI och biomassa och kväveupptag i knoppstadium kan förklaras av att grödan inte var så stor, eftersom flera studier visar på ett sämre samband med NDVI när biomassa och kväveupptag är stort. N-sensormätningarna visade också på ett tydligt samband med kväveupptaget, men som säkerligen skulle kunna bli ännu bättre om ett index kalibrerades specifikt för vårraps. Ett bra samband med skörd och NDVI/daggrader över 0 C° uppmätt i knoppstadium för 2015 och 2016, men ej 2014, bekräftar tidigare studier (Raun *et al.* 2002; Holzapfel *et al.* 2007) där liknande samband använts för att beräkna kvävebehovet under säsongen med hjälp av sensormätningar (GreenSeeker). GreenSeekers "N-rate calculator" bygger på att man har en maxruta som referens att jämföra sin sensormätning med. Här användes led med 120 kg N/ha som maxruta och jämfördes med 60 och 90 kg N/ha, men då N-upptaget var relativt lika i alla led kan det förklara varför det inte fungerade.

Slutsatser

Stor variation i skörd och optimal kvävegiva bekräftar behovet av att beräkna kvävebehovet platsspecifikt och inte använda sig av försöksmedelvärden.

Inga av de testade modellerna fungerade inte tillräckligt bra för att användas som en generell gödslingsmodell. Modellerna som byggde på försöksmedelvärden, enligt dagens N-

rekommendationer eller försöksmedelvärden från 2014-2016 med 20 kg N/ha högre optimum än rekommendationerna, hade högst medelfel när de testades, vilket visar att det inte hjälper att höja dagens gödslingsrekommendationer.

Modellerna som beräknade optimum utifrån skördenivå och kväveupptag i knoppstadium (0N eller 60N) hade lägre medelfel när de testades. En modell baserad på två år (2015 och 2016) var bättre än en modell med alla år, men kunde inte prediktera 2014.

Ett alternativt sätt att beräkna OptN kunde vara utifrån ett samband med merskörd utöver nollskörden. Nollskörden skulle då lämpligtvis bestämmas i sent knoppstadium inför andra kvävegivan, utifrån ett samband med kväveupptaget i en nollruta.

Ytterligare data från fler år behövs för att göra modellerna stabilare och för att undersöka om det är möjligt att få fram en generell gödslingsmodell.

Studien visade att det finns goda möjligheter att uppskatta kväveupptag och skörd i knoppstadium med NDVI-mätningar (GreenSeeker). Små skillnader i kväveupptag i knoppstadium mellan olika kväveled gjorde att GreenSeekers N-rate calculator inte fungerade. Ett samband mellan kväveupptaget i knoppstadium och YARA N-sensors S1-index (höstraps) fanns men bör kalibreras specifikt för vårraps.

Publikationer och resultatförmedling till näringen

Första årets resultat presenterades på Sveaförsökens växtodlingskonferens på Brunby gård, Västerås 13-14/1 2015 och i Yaras tidskrift Växtpressen. Resultat har under projektperioden levererades till Albin Gunnarsson och Ann-Charlotte Wallenhammar som sen presenterat dem på olika möten och fältvandringar. Alla årets resultat presenterades på slutredovisningen av Vårraps 3000 i Örebro 6 februari och mötet redovisades i Svensk Frötidning 2/17. Resultaten kommer att publiceras i Svensk frötidning och i POS tekniska rapportserie (Precisionsodling i Sverige) vid SLU som kan nås via www.pub.epsilon.slu.se eller www.precisionsskolan.se. En vetenskaplig artikel kommer att skrivas för publicering i en internationell referee-granskad tidskrift.

Referenser

- Andersson, L-E. 2001. Kvävestrategi för vårraps. Mellansvenska försöken 2001, s. 4-6.
- Engström, L. 2012. Optimising the spring N fertilisation rate to winter oilseed rape. 17th Nitrogen Workshop, Wexford, Ireland. Abstract book. pp. 192-193.
- Holzappel, C.B. 2007. Estimating nitrogen fertilizer requirements of canola (*Brassica napus* L.) using sensor-based estimates of yield potential and crop response to nitrogen. M.Sc. thesis, University of Manitoba, Winnipeg, MB. 286 pp.
- Raun, W.R., Solie, J.B., Johnson, G.V., Stone, M.L., Mullen, R.W., Freeman, K.W., Thomason, W.E. and Lukina, E.V. 2002. Improving nitrogen use efficiency in cereal grain production with optical sensing and variable rate application. *Agron.J.* 94: 815-820.