

# Utvärdering av Greenseeker-mätningar i höstvetete 2013 och 2014

---

**Ansvarig:** Lena Engström, Avdelningen för precisionsodling och pedometri, Institutionen för mark och miljö, SLU, Skara

## Bakgrund och syfte

En väl anpassad kvävegödsling är av stor betydelse för att få bästa möjliga kväveeffektivitet och minskade kväveförluster till miljön. För att kunna utnyttja skördepotentialen på en plats fullt ut är det viktigt att tillföra rätt mängd kväve och vid rätt tidpunkt. Mätningar av grödors reflektans har visat sig korrelera väl med egenskaper som påverkar tillväxt och skörd, såsom biomassa och kväveinnehåll. Traktorburna grödsensorer, som YARA N-sensor, har utvecklats med vars hjälp t.ex. kvävegödslingen kan anpassas till grödans varierande kväveinnehåll på ett fält.

En handburen grödsensor skulle vara ett bra verktyg för rådgivare och lantbrukare att göra en mer platsanpassad kvävegödsling på ett fält. En rad olika mindre handburna grödsensorer har utvecklats de senaste åren. Sensorerna använder sig av olika våglängder eller kombinationer av dessa som korrelerar till skörd eller kväveupptag i grödan, och olika sätt att beräkna kvävebehovet har tagits fram. En av dessa sensorer som finns i Sverige är GreenSeeker® Handheld cropsensor (Trimble), som utnyttjar reflektansindexet NDVI (normalized difference vegetation index) och som korrelerar med biomassa, men även skörd (Solie *et al.* 2013). Indexet beräknas som  $(NIR - Red)/(NIR + Red)$ , där NIR är nära-infrarött ljus som reflekteras av grödan och Red är rött ljus som reflekteras.

Metoden som Trimble använder sig av för att beräkna en sensorbaserad kvävegödselgiva bygger på att man gör sensormätningar på en mindre referensyta, där grödan fått mer kväve än vad som kommer att behövas (Biggs *et al.* 2002). Denna yta representerar således maxskörden på platsen och med den jämförs mätningar på det övriga fältet. Skillnaden i sensorvärde mellan maxrutan och övriga fältet ligger sedan till grund för hur kvävebehovet för grödan på övriga fältet beräknas utifrån framtagna algoritmer (Lukina *et al.*, 2001; Mullen *et al.*, 2003; Raun *et al.*, 2005), baserade på stora mängder data från flera olika regioner i USA. Anvisningarna för gödslingsrekommendationer, som medföljer GreenSeeker, bygger på att man i diagram och tabeller lägger in mätvärden och uppskattad maxskörd för att kunna beräkna en rekommenderad kvävegiva.

Syftet med denna studie var att utvärdera GreenSeekers gödslingsrekommendationer för höstvetete under svenska förhållanden 2013 och 2014.

## Material och metoder

### Försöksplatser och sensormätningar

Studien utfördes i befintliga höstveteförsök med kvävestegar (0, 80, 120, 160, 200, 240 och 280 kg N/ha) som låg på olika platser i södra Sverige. 2013 gjordes mätningar med grödsensorn i sex försök i Skåne och Halland och 2014 i fyra försök i Västergötland. Alla led gödslades med huvuddelen av sin N-giva innan DC30. I led 240 och 280 tillfördes även 40 resp. 80 kg N/ha vid DC32. Mätningar gjordes vid tre-fyra olika tidpunkter mellan DC23 och DC50 och i alla kväveled i kvävestegarna. Ett medelvärde för Greenseekers NDVI  $((R780-660) / (R780+660))$  erhöles i varje försöksruta (N-led) genom att grödsensorns mätknapp hölls inne medan provtagaren gick längs med långsidan på rutan

eller i rutan. Grödsensorn hölls då på en armlängds avstånd på en rekommenderad jämn höjd, i intervallet 60-120 cm, horisontalt ovanför grödan och minst 0,5 m från rutans ytterkant.

### **Beräkningar**

Rekommenderad kvävegiva (Nrek) beräknades enligt anvisningar för det handburna instrumentet. För att beräkna Nrek behöver man ett sensorvärde (NDVI) från den yta som man tror kan behöva mer N och ett sensorvärde (NDVI) från en referensyta som fått mer än tillräckligt med kväve (maxgiva i N leden i försöken). Man behöver också uppskatta möjlig maxskörd för platsen ifråga för att ur en tabell erhålla kvävebehovet. Den verkliga maxskörden i respektive försök användes vid beräkningen, istället för uppskattad maxskörd.

Rekommenderad kvävegiva utifrån uppmätt NDVI beräknades i varje försök för 3-5 kväveled vid tre olika tidpunkter från och med begynnande stråskjutning (DC30). Syftet var att ta fram gödslingsrekommendationer för alla kväveled som hade behov av mer kväve (ej nollrutan) d.v.s. var lägre än den optimala kvävegivan men också för något led där inget behov av mer kväve fanns, d.v.s. led som motsvarade optimal kvävegiva eller mer.

Kvävebehovet (Nbehov) i ett kväveled beräknades genom att minska framräknad ekonomiskt optimal kvävegiva för försöket med den kvävegiva som lagts på våren i det aktuella kväveledet. För att bedöma överensstämmelsen mellan Nrek och Nbehov i ett kväveled subtraherades Nrek från kvävebehovet (Nbehov-Nrek). Skillnaden mellan Nbehov och Nrek i de enskilda försöken visas i tabell 1-2 och i medeltal för försöken (absoluta värden) i figur 1-2. Om skillnaden i de enskilda försöken är ett minustal betyder det att Nrek var större än Nbehov och tvärtom (tabell 1-2).

Statistisk analys (Anova, GLM, Minitab16 Statistical Software) gjordes för att undersöka om Nbehov-Nrek var olika beroende på mättidpunkt, kväveled och om ett samspel mellan mättidpunkt och kväveled fanns.

Enligt GreenSeekers anvisningar är den framräknade N-givan bara en uppskattning och man rekommenderas att göra en mer korrekt beräkning på en "online calculator": [www.trimble.com/agriculture/greenseeker](http://www.trimble.com/agriculture/greenseeker). På denna hemsida ska man förutom sensorvärden och maxskörd även lägga in antal dagar från sådd till mättillfälle med daggrader (GDD)  $>0^{\circ}\text{C}$ . Noll grader användes här för att förenkla för användaren, egentligen är det  $3^{\circ}\text{C}$  som ska användas (Raun et al., 2005). För detta räknades  $\text{GDD}>0^{\circ}\text{C}$  ut för de fyra försöken 2014 och N givor beräknades.

### **Samband mellan skörd och NDVI och validering av modeller**

För att undersöka sambandet mellan skörd och NDVI samt skörd och NDVI/antal dagar från sådd till mättidpunkt då daggrader  $>3^{\circ}\text{C}$  ( $\text{GDD}>3$ ) vid de olika mättillfällena användes linjär regression. Dessa modeller (samband) testades sedan genom att korsvis validering gjordes. Den går ut på att ett försök i taget plockades bort och sen predikerades dess skörd utifrån en regressionsekvation gjord på de resterande försöken. Medelavvikelsen (RMSECV), RPD ( $\text{RMSECV}/\text{stdav}(\text{skörd})$ ) och medelfel (absolutvärde) beräknades för predikerad skörd jämfört med uppmätt skörd. Årvis validering gjordes inte då endast data från två år ingick i studien.

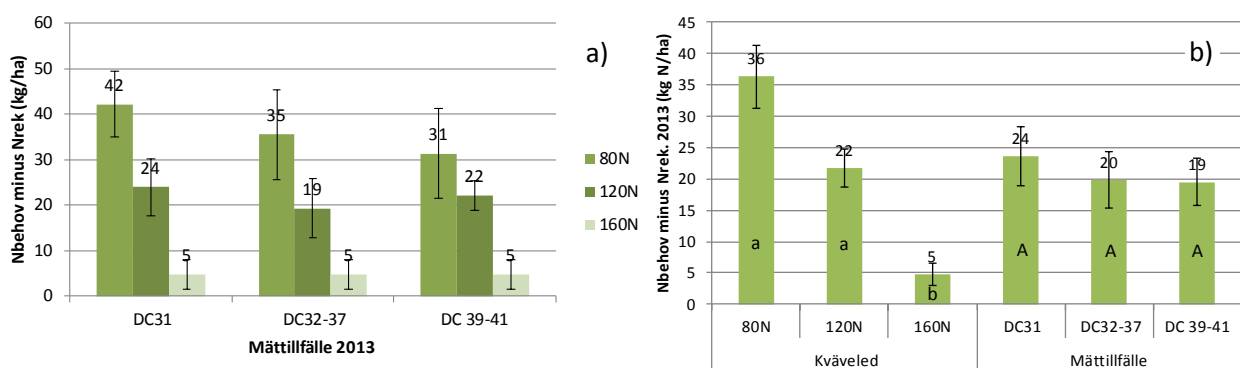
## Resultat och diskussion

### Gödslingsrekommendation jämfört med kvävebehov

2013 var både skördar och ekonomiskt optimala kvävegivor (OptN) låga, i medeltal 77 dt/ha och 146 kg N/ha för de sex försöken (tabell 1). Den sensorbaserade rekommendationen underskattade kvävebehovet generellt. Skillnaden mellan Nbehov och Nrek var i medeltal för försöken lika stor oavsett mättillfälle, då inga statistiskt signifikanta skillnader ( $p < 0,05$ ) fanns mellan de tre mättillfällena (figur 1). Inget samspel förekom mellan N-led och mättidpunkt men signifikanta skillnader fanns mellan N-led. Skillnader fanns mellan försöken.

Tabell 1. Greenseekerns kvävegödslingsrekommendation (Nrek) och skillnaden mellan Nbehov och Nrek vid tre tidpunkter och tre N-led i sex försök 2013 (kg N/ha). Kvävebehov beräknat som skillnaden mellan optimal N-giva (OptN) och kvävegiva i resp. N-led.

Försöksplats och N-led	OptN och maxskörd (dt/ha)	Nrek			Nbehov	Nbehov minus Nrek		
		DC30-31	DC39-41	DC45-50		DC30-31	DC39-41	DC45-50
Trönninge	132/52							
80		13	33	43	<b>52</b>	39	19	9
120		0	0	0	<b>12</b>	12	12	12
160		0	0	0	<b>0</b>	0	0	0
Mörbylånga	179/93							
80		83	49	105	<b>99</b>	16	50	-6
120		49	11	34	<b>59</b>	10	48	25
160		0	0	0	<b>19</b>	19	19	19
Bjärred	119/63							
80		11	14	22	<b>39</b>	28	25	17
120		34	0	34	<b>0</b>	-34	0	-34
160		0	0	0	<b>0</b>	0	0	0
Klagstorp	135/75							
80		0	0	0	<b>55</b>	55	55	55
120		0	0	0	<b>15</b>	15	15	15
160		0	0	0	<b>0</b>	0	0	0
Ängelholm	170/79							
80		38	90	128	<b>90</b>	52	0	-38
120		0	32	26	<b>50</b>	50	18	24
160		0	0	0	<b>10</b>	0	0	0
Hammenhög	143/98							
80		0	0	0	<b>63</b>	63	63	63
120		0	0	0	<b>23</b>	23	23	23
160		0	0	0	<b>0</b>	0	0	0



Figur 1. Skillnaden (absolutvärden) mellan kvävebehov (beräknat som OptN minus Ngiva) och rekommenderad kvävegiva (Nrek) utifrån GreenSeekerns mätvärde, i medeltal för sex höstveteförsök 2013 a) vid tre mättillfällen (kg N/ha) tre kvävegödslingsled och b) i medeltal för kvävegödslingsled och mättillfällena.

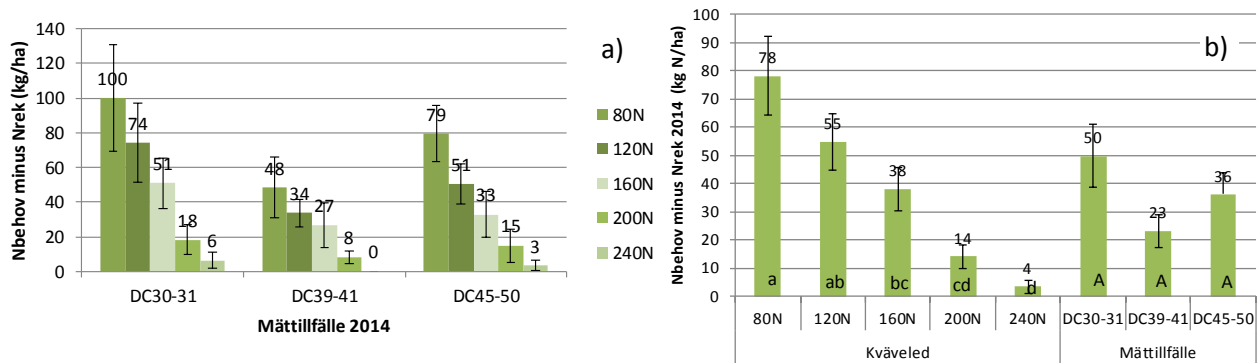
Skillnaden mellan Nbehov och Nrek var signifikant större i de N led där det fanns ett större kvävebehov (80N och 120N) jämfört med led 160N där ett lågt eller inget kvävebehov fanns (figur 1b). Från och med N-led 120N och uppåt, där kvävebehovet i medeltal var 27 kg N/ha eller mindre var skillnaden (Nbehov-Nrek) 22 kg N/ha eller lägre. I N-led 80N var kvävebehovet 66 kg N/ha och skillnaden (Nbehov-Nrek) 36 kg N/ha.

2014 var både skörd och OptN höga i de enskilda försöken, i medeltal 128 dt/ha resp. 207 kg N/ha för de fyra försöken (tabell 2). Den sensorbaserade rekommendationen underskattade kvävebehovet i alla försök utom i ett där det överskattades (Skoftoby). Skoftoby var också det enda försöket som hade en relativt låg OptN. Skillnaden mellan Nbehov och Nrek var i medeltal för försöken något lägre för de två senare mättillfällena jämfört med första. En skillnad ( $p=0,05$ ) fanns mellan mättillfälle två och ett (figur 2), dvs att skillnaden (Nbehov-Nrek) var mindre vid DC39-41 jmf med DC30-31. Som för 2013 fanns inget samspel mellan N-led och mättidpunkt men signifikanta skillnader fanns mellan N-led. Signifikanta skillnader fanns också mellan försöken.

Även detta år var skillnaden mellan Nbehov och Nrek signifikant större i de N-led (80N, 120N och 160N) där det fanns ett större kvävebehov jämfört med N-led (200N och 240N) där ett lågt eller inget kvävebehov fanns (figur 2b). Vid DC39-41 var skillnaden (Nbehov-Nrek) 27 kg N/ha eller mindre fr.o.m. N-led 160N och uppåt, dvs i led med ett kvävebehov på 55 kg N/ha eller mindre, i medeltal. I N-led 120N var kvävebehovet 87 kg N/ha och skillnaden (Nbehov-Nrek) 34 kg N/ha.

Tabell 2. Greenseekerns kvävegödslingsrekommendation (Nrek) och skillnaden mellan Nbehov och Nrek vid tre tidpunkter och fem N-led i fyra försök 2014 (kg N/ha). Kvävebehov är beräknat som skillnaden mellan optimal N-giva (OptN) och kvävegiva i resp. N-led.

Försöks- plats och N-led	OptN och maxskörd (dt/ha)	Nrek			<b>Nbehov</b>	Nbehov minus Nrek		
		DC30-31	DC39-41	DC45-50		DC30-31	DC39-41	DC45-50
Skoftoby 136/139								
80		65	92	135	<b>56</b>	-9	-36	-79
120		22	32	54	<b>16</b>	-6	-16	-38
160		11	5	11	<b>0</b>	-11	-5	-11
200		0	0	5	<b>0</b>	0	0	-5
240		5	0	0	<b>0</b>	-5	0	0
Forshall 241/135								
80		22	140		<b>161</b>	139	21	
120		17	73		<b>121</b>	104	48	
160		0	62		<b>81</b>	81	19	
200		0?	50		<b>41</b>	41	-9	
240			0		<b>0</b>	0	0	
Karlsfelt 215/140								
80		0	47	88	<b>135</b>	135	88	47
120		0	59	59	<b>95</b>	95	37	37
160		0	0	29	<b>55</b>	55	55	26
200		0	0	18	<b>15</b>	15	15	-3
240					<b>0</b>	0	0	0
Mellerud 237/123								
80		40		45	<b>157</b>	117		112
120		25		40	<b>117</b>	92		77
160		20		15	<b>77</b>	57		62
200		20		0	<b>37</b>	17		37
240		20		10	<b>0</b>	-20		-10



Figur 2. Skillnaden (absolutvärden) mellan kvävebehov (beräknat som OptN minus Ngiva) och rekommenderad kvävegiva (Nrek) beräknat utifrån Greensekerns mätvärde, i medeltal för 3-4 höstveteförsök 2014 a) vid tre mättilfällen (kg N/ha) i fem kvävegödslingsled och b) i medeltal för kvävegödslingsled och mättilfällen.

För båda åren gällde därmed att skillnader (Nbehov-Nrek) på mindre än 30 kg N/ha endast kunde erhållas när grödans kvävebehov var under ca. 70 kg N/ha vid mättilfället, under förutsättning att man vet maxskörden för fältet. Om man måste uppskatta maxskörden sjunker rimligtvis noggrannheten.

Gödslingsrekommendationer för försöken 2014 togs även fram enligt GreenSeekerns "online calculator", där man förutom mätvärden och maxskörd även lägger in antal dagar från såtid till mättilfälle med daggrader >0°C, men skillnaden till Nbehov blev inte mindre än i det resultat som redovisats här (data visas inte).

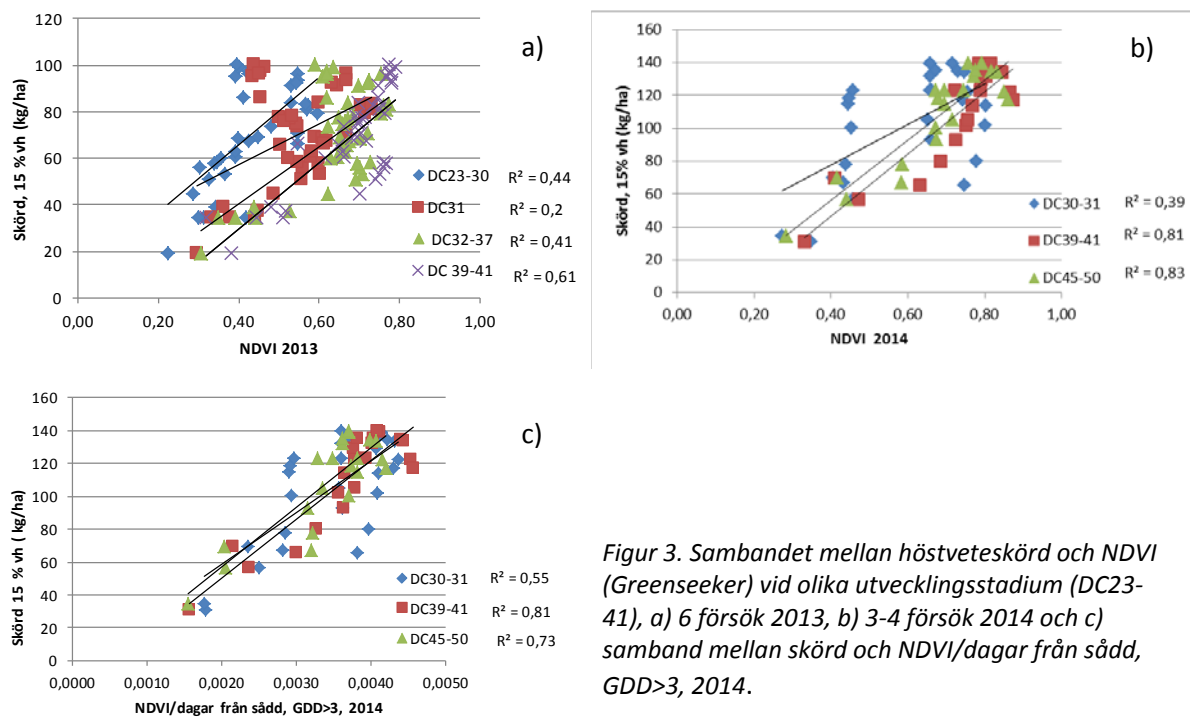
Den stora variationen i skillnaden (Nbehov-Nrek) i försöken kan möjligtvis delvis bero på handhavandet av grödsensorn vid mättilfället. I en studie av Kipp et al. (2013) visar man att det är av stor vikt att mäta på avstånd i intervallet 70-110 cm från grödan med grödsensorn för att få bra mätvärden.

Enligt Bill Raun som arbetat med att utveckla algoritmer och gödslingsrekommendationer för GreenSeekern vid Oklahoma State University (personligt meddelande) ska gödslingsrekommendationerna även gälla norra Europa. Flera andra länder har tagit fram algoritmer baserade på egna data för att testa instrumentet. Han bekräftar att gödselrekommendationerna generellt underskattar kvävebehovet.

### Samband mellan skörd och NDVI (Greenseeker)

Sambandet mellan skörd vid OptN och NDVI, uppmätt vid fyra tillfällen mellan DC23-41 2013 och vid tre tillfällen mellan DC30-50 2014, visas i figur 3. Bra samband med skörd erhöles från och med DC39 båda åren och som bäst var förklaringsgraden (R<sup>2</sup>) 0,63 vid sista mättilfället DC45-50 2014. Sambandet förbättrades framförallt vid första mättilfället DC30-31 när NDVI delades med antal dagar från sådd (GDD>3).

Ett bättre samband med skörden 2014 än 2013 kan förklaras av att en längre torrperiod i juni begränsade skörden 2013 men 2014 var förhållandena gynnsamma för kompletteringsgödsling av kväve i senare stadier och skördeeffekt.



Figur 3. Sambandet mellan höstveteskörd och NDVI (Greenseeker) vid olika utvecklingsstadium (DC23-41), a) 6 försök 2013, b) 3-4 försök 2014 och c) samband mellan skörd och NDVI/dagar från sådd, GDD>3, 2014.

### Validering av gödslingsmodeller vid olika utvecklingsstadier

Valideringen av modellerna, baserad på sambandet mellan skörd och NDVI vid de olika mätillfällena 2013, visade att de predikterade skörden bättre vid senare mätillfällen (tabell 3). Medelavvikelsen (RMSECV) för modellens skördeuppskattning jämfört med uppmätt skörd var som lägst 15 (11) dt/ha vid det senaste mätillfället DC 39-41. Modellens förklaringsgrad var relativt låg men förbättrades kraftigt om ett försök med störst RMSECV togs bort.

2014 mättes det även vid DC 45-50 men skörden predikterades bäst vid DC 39-41 då medelavvikelsen var som lägst, 16 dt/ha (tabell 3). När modellen byggde på sambandet mellan skörd och NDVI delat med antal dagar efter sådd (GDD>3), minskade modellens medelavvikelse från uppmätt skörd endast vid DC 30-31. Medelavvikelsen var fortfarande som lägst vid DC 39-41 och förklaringsgraden (R<sup>2</sup>) som högst.

Resultaten visar att man som bäst kunde uppskatta skörden båda åren utifrån NDVI (GreenSeeker) uppmätt vid DC39-41 med en noggrannhet på 15-16 dt/ha. Detta bekräftas av att skillnaden mellan kvävebehov och Nrek enligt GreenSeekern, var i medeltal för försöken 2014 som lägst 23 kg N/ha vid DC 39-41.

Tabell 3. Resultat från validering av skördeprognosmodeller vid olika utvecklingsstadium (DC23-50), baserade på sambandet mellan skörd (dt/ha) och sensorvärde (NDVI med Greenseeker) eller NDVI/antal dagar från sådd GDD>3. Mätningar gjordes i 6 höstveteförsök 2013 och 3-4 försök 2014.

RMSECV		Stdav (skörd)	RPD	Medelfel	STDAV (medelfel)	R <sup>2</sup>
<b>2013</b>						
<b>NDVI:</b>						
DC23-30	35 (17) <sup>a</sup>	21	0,59	26	24	0,18
DC31	23 (17) <sup>a</sup>	21	0,89	19	14	0,00
DC37	19 (14) <sup>a</sup>	21	1,12	15	11	0,22
DC39-41	15 (11) <sup>a</sup>	21	1,35	12	10	0,46(0,78) <sup>a</sup>
<b>2014</b>						
<b>NDVI:</b>						
DC30-31	30	32	1,05	25	18	0,23
DC39-41 <sup>b</sup>	16	31	1,92	14	9	0,72
DC45-50 <sup>b</sup>	19	30	1,60	16	11	0,63
<b>NDVI/dagar efter sådd, GDD&gt;3</b>						
DC30-31	24	32	1,35	19	15	0,45
DC39-41	17	31	1,88	14	8	0,72
DC45-50	26	30	1,17	20	16	0,55

<sup>a</sup> utan ett försök med största medelfelet; <sup>b</sup> endast 3 försök.

## Slutsatser

Kvävegödslingsrekommendationerna enligt GreenSeekern underskattade kvävebehovet generellt.

Skillnaden mellan Nbehov och Nrek enligt GreenSeekern, var i medeltal för försöken 2014 som lägst 23 kg N/ha vid DC 39-41. 2013 var skillnaden mellan Nbehov och Nrek 19-23 kg N/ha oavsett mättidpunkt. Skillnaden mellan Nbehov och Nrek ökade med större kvävebehov.

Resultaten indikerar att det finns goda möjligheter att med hjälp av GreenSeekern beräkna kvävebehovet vid DC 39-41 med en noggrannhet på under 30 kg N/ha under förutsättning att grödans kvävebehov var lägre än ca 70 kg N/ha vid mättillfället, samt att man vet maxskörden för fältet.

Skörden i maxrutorna kan predikteras från NDVI. Båda åren visade att det fanns ett bra samband mellan NDVI och skörd from DC37-39. Validering av modellerna, som bygger på detta samband, visade att det gick bäst att prediktera skörden vid DC39-41 och då med en noggrannhet på 15-16 dt/ha.

Ytterligare utvärdering av GreenSeekers gödslingsrekommendationer bör göras i fler försök och år för att bekräfta detta. Det vore värdefullt att ta fram algoritmer baserade på svenska data för att undersöka om det förbättrar noggrannheten i gödslingsrekommendationerna. Ett stort dataunderlag behövs om det ska fungera som underlag för en gödslingsmodell som gäller för olika mättidpunkter och årsmånar.

Eventuellt kan de stora variationerna i försöken delvis förklaras av hanteringen av grödsensorn vid mättillfället, t.ex. fel eller varierande höjd över grödan eller vinkel, vilket bör uppmärksammas vid fortsatta mätningar.

## Referenser

Biggs, G.L., Blackmere, T.M., Demetriades-Shab, Holland, K.H., Schepers, J.S., Wurm, J.K. 2002. Method and apparatus for real-time determination and application of nitrogen fertilizer using rapid, non-destructive crop canopy measurements. U.S. Patent 6.393.927. Date issued: 28 May.

Kipp, S., Mistele, B., Schmidhalter, U. 2013. Active sensor performance – dependence on measuring height, device temperature and light intensity.

Lukina, E.V., Freeman, K.W., Wynn, K.J. Thomason, W.E., Mullen, R.W., Klatt, A.R., Johnson, G.V., Elliott, R.I., Stone, J.B., Solie, J.B., Raun, W.R. 2001. Nitrogen fertilization optimization algorithm based on in-season estimates of yield and plant nitrogen uptake. *J.Plant Nutr.* 24:885-898.

Mullen, R.W., Freeman, K.W., Raun, W.R., Johnson, G.V., Stone, J.B., Solie. 2003. Identifying an in-season response index and the potential to increase wheat yield with nitrogen. *Agron.J.*95:347-351. doi:10.2134/agonj2003.0347.

Raun, W.R., Solie, J.B., Stone, M.L., Martin, K.L., Mullen, R.W., Zhang, H., Schepers, J.S., Johnson, G.V. 2005. Optical sensor based algorithm for crop nitrogen fertilization. *Commun. Soil Sci.Plant Anal.* 36:2759-2781. doi: 10.1080/00103620500303988.

Solie, J.B., Monroe, A.D., William, R., Raun, B., Stone, M.L. 2012. Generalized algorithm for variable-rate nitrogen application in cereal grains. *Agronomy Journal*, 104, issue 2, 378-387.