

Bestämning av platsspecifik kväveleverans till stråsäd med hjälp av jordanalys med NIR och bärbar sensor från Yara

Thomas Börjesson¹ och Ingemar Gruvaeus²

1 Svenska Lantmännen, Affärsutveckling Spannmål, 531 87 LIDKÖPING

2 Skaraborgs Läns Hushållningssällskap, Box 124, 532 22 SKARA

Bakgrund

Tidigare erfarenheter har visat att NIR kan vara en lämplig metod för att bedöma markens nettokvävelevererande förmåga jämfört med andra metoder. Förutom att bra resultat jämfört med andra metoder har kunnat uppvisas, har NIR stora fördelar genom att vara snabb, enkel och billig och kan även anpassas för mätning direkt i fält. Principen bygger på att koppla spektrala data från NIR-analysen till markens potential att leverera kväve. Detta sker genom att olika molekylbindningar ger olika reflektion och man har t.ex. funnit att mull med olika mineraliseringspotential kan särskiljas (Palmborg & Nordgren, 1993). Kalibreringar har hittills utarbetats för enskilda fält och angränsande fält genom att jämföra N-upptag i ogödslade rutor med NIR-spektra från torkade och malda jordprover. På senare år har det i vissa fall visat sig fungera mindre bra att bedöma inomfältvariation för netto kväveleverans med hjälp av NIR-data (Wetterlind m.fl., 2005). Orsakerna till variationerna har inte kunnat identifieras, men vissa mönster har kunnat iaktas:

På fält med varierande mullhalter och jordarter har skillnader i kväveleverans kunnat förklaras tämligen väl med hjälp av NIR-data medan metoden inte fungerat så bra då dessa skillnader inte varit så framträdande.

I de senare fallen kan andra orsaker som t.ex. packningsgrad och topografi spela stor roll, vilket inte NIR-analysen har kapacitet att detektera. Detta exempel visar att andra parametrar än det som NIR fångar in i vissa fall kan ha stor betydelse. En annan aspekt som påverkar årets kväveleverans förutom markens levererande förmåga är även årsmånen.

Det är alltså sannolikt så att flera olika faktorer måste beaktas för att man skall få en tillfredsställande bedömning av kväveleveransen det enskilda året. Wetterlind m.fl. (2005) noterade t.ex. att mineralkväve på våren kunde förklara en stor del av variationen i N-leverans i de fall NIR inte fungerade tillfredsställande.

Syftet med denna studie har varit att studera möjligheterna att utveckla mer allmängiltiga kalibreringar med hjälp av data från fältförsök i olika delar av landet. Fördelen med att använda fältförsök är att ogödslade rutor redan finns tillgängliga och dessutom görs en markkartering som kan ge tilläggsinformation. Det finns också försökspatruller knutna till platserna som kan hjälpa till med provtagning.

Vi har också undersökt i vad mån man kan få fram bättre prediktioner genom att kombinera NIR-data med annan data. En hypotes var att man skulle kunna använda en kombination av NIR-data och Yara N-Sensor-data för platsvis bedömning av årets kvävebehov. Därför gjordes en mätning med N-Sensor i stadium 45 för vete och stadium 31 i korn för att man då skulle kunna komplettera med nödvändigt kväve som övergödsling. Medan NIR ger en uppskattning av totala behovet av tilläggskväve ger N-Sensor en uppskattning av hur mycket kväve som faktiskt mineraliserats fram till mättillfället det aktuella året. N-min och

mullhaltsdata från försöksplatserna har också använts och kombinerats med NIR- och N-Sensor data.

Material och metoder

Försök

Befintliga ogödslade rutor från fältförsök i höstvet och vårkorn 2003 och 2004 har använts.

De försöksserier som ingått var 2003 L7-150, L3-2264, L3-2262, L3-2260, L3-2254 och L7-426. Totalt 16 vete- och 17 kornförsök med 64 respektive 68 ogödslade rutor.

Under 2004 provtogs 0-rutor i serierna L7-150b, M3-2271A, L3-2272, M3-2270A och L3-2254. Totalt 16 veteförsök och 12 kornförsök med 62 respektive 47 0-rutor.

Sammanlagt för båda åren ingick 32 veteförsök (126 rutor) och 29 kornförsök (115 rutor). Försöken var jämnt fördelade över regionerna Västergötland, Östergötland, Mälardalen och Skåne. Ett försök vardera var dessutom placerat i Halland och på Öland. Drygt en tredjedel, 22 av 61 försök, var förlagda till Skåne.

I vissa fall blev inte rutvis provtagning av rutorna genomförda så i dessa fall finns endast ledvisa data.

Provtagning och laboratorieanalyser

Båda åren togs jordprover i nollrutorna och NIR-spektra togs upp på de torkade och malda proverna. Proverna togs endast från matjorden, ner till 25 cm djup av försökspersonal från respektive Hushållningssällskap som i övrigt handhar försöken. NIR-analyser utfördes på NIRSystem 4500 instrument hos AnalyCen Nordic i Kristianstad. Instrumentet registrerar NIR reflektionsdata mellan 1300 och 2400 nm med intervallet 2 nm. Således registrerades 550 datapunkter. För proverna tagna 2003 gjordes även en analys av totala innehåll av kol och kväve genom förbränningsmetod i LECO-utrustning i prov från en ruta per försök. Då dessa data inte verkade ge värdefull information, uteslöts analysen på 2004 års prover.

Ungefär i utvecklingsstadium 43 för vete och stadium 31 för korn gjordes en mätning med bärbar Yara N-Sensor och dessutom gjordes en klippning av grödan på en kvadratmeter fördelat på 4 olika ställen inom rutan. Kvävemängden per ytenhet bestämdes och relaterades till jordanalyser och N-Sensormätningar. Dessutom studerades i vad mån denna mätning kunde relateras till kväveupptag fram till mogen skörd som jämförelse med andra metoder. Rutvisa skördeprover togs också ut i samband med tröskning. Vid skördemognad klipptes också en kvadratmeter i en ogödslad ruta per plats på samma sätt som ovan. Detta för att få ett mått på det totala kväveupptaget i nollrutorna som jämförelse med kväveupptaget i kärna. I övrigt har också mineraliserat kväve (N-min) och mullhaltsdata som i de flesta försöken uppmätts på generalprover tagna på våren använts.

NIR modeller

För utveckling av kalibreringar där NIR-data kopplas till data på upptaget kväve i ovanjordiska växtdelar antingen vid mogen skörd eller vid de tidigare stadierna, har den multivariata metoden PLS (Partial Least Squares, Martens & Naes, 1989) använts. Programvaran Unscrambler®.7.6 (Camo, ASA, Oslo, Norge) har använts. Metoden tar fram de dominerande ”riktningarna”, kombinationen av de olika NIR-våglängderna, som bäst förklarar y-variabeln, i detta fall kväveupptaget. Metoden ger möjligheter att använda

korrelerade data tillsammans i en kalibrering och man kan enkelt studera kalibreringsprestanda på okända data med hjälp av validering. I detta arbete användes företrädesvis korsvaliderade modeller, d.v.s. modellerna testades, valideras, på en observation i taget som inte ingick i kalibreringen. På så sätt kan få en snabb uppfattning om modellens användbarhet för att bedöma okända prover.

Till att börja med studerades vilka möjligheter som erbjöds om man använde alla data tillsammans d.v.s. alla rutor från alla platser dels genom att särhålla de båda åren och dels genom att kombinera data från de båda åren. Detta förfarande är dock tveksamt eftersom man inte får en fullgod validering om man t.ex. testar en kalibrering utförd med hjälp av data från 3 rutor på en plats som testas på den 4:e. Modellen känner då lättare igen förhållandet mellan NIR och N-upptag än om man enbart använt ett prov per fält. Därför testades även att utveckla kalibreringar med en ruta per försöksplats, som mer liknar en praktisk användning där fält som metoden skall användas för inte ingår i kalibreringen. Dock blev antalet datapunkter i detta fall såpass litet att detta kan tänkas ha begränsat kalibreringarnas prestanda. Därför användes dessutom en tredje variant: Alla rutor användes men istället för att använda ett slumpmässig validering så placerades alla rutor från varje plats i samma valideringsset. På så sätt kunde man kombinera fördelen med att få ett oberoende valideringsset med att alla ingående rutor kunde användas. Derivering (andra derivatan) och utjämning av spektra gjordes innan databehandlingen. NIR-spektra jämnades ut genom att anpassa varje våglängd till ett andragradspolynom där 3 närliggande spektra på varje sida användes (Savitzky & Golay 1964).

Yara N-Sensor

En handburen variant av den traktorburna sensorn har använts. Sensorn registrerar våglängder från 400 till 1000 nm med ett intervall på 10 nm. Således registrerades 60 datapunkter som sedan kopplades till kväveupptag på samma sätt som för NIR-data.

Kombinationer av olika typer av data

För att effektivisera detta gjordes först en Principalkomponent-analys (PCA) med enbart NIR-data. PCA-analysen liknar PLS-analysen men här tas enbart de dominerande riktningarna i x-led ut utan hänsyn till någon y-variabel. Från denna analys togs så många principalkomponenter som man verkade behöva då enbart NIR-data användes för prediktioner. På så sätt fick man fram en koncentrerad NIR-information från varje prov som inte påverkats av kväveupptaget. Dessa data och användes sedan i en andra körning där de kombinerades med N-Sensordata, mullhalt och N min-data. För mullhalt och N min, som bestämdes ned till 60 cm djup, fanns endast ledvisa data.

Resultat

I Tabell 1 och 2 redovisas ledvisa data från försöksplatserna. När det gäller upptaget kväve redovisas ett medelvärde för de provtagna nollrutorna. Kväveupptaget varierade en hel del mellan försöksplatserna och det konstaterades bl.a. att djurgårdarna i serien M3-2270A levererade mer kväve än växtodlingsgårdarna (Tabell 2). Analysen av kvävemängd i prov från alla ovanjordiska delar av vetet respektive kornet ligger till grund för beräkningen av andelen kväve i kärnan. I genomsnitt fanns 70% av kvävet i vetet i kärnan medan motsvarande siffra för korn var 66%.

Tabell 1.
Resultatsammanställning 2003.

a) Höstvete

Serie	Län	ADB-nr.	Sort	Förfrukt	mull	N i växt			Andel N i kärna %
						N min kg/ha	DC 43 0-60 kg/ha	N-skörd kärna kg/ha	
L7-150	E	076532	Kosack	Vårraps	4,8		34,7	52,9	
"	O	076533	Kosack	Vårraps	3,6		20,4	34,2	
"	D	076534	Kosack	Havre	2,9		29,3	56,2	
"	BC	077142	Kosack	Korn	2,9		39,9	55,7	69
"	U	077143	Kosack	Havre	4,7		42,5	54,9	69
"	O	077144	Kosack	Havre	4,0		18,9	38,7	
L3-2264	O	03D103	Olivin	Vårraps	3,3	45,0	48,1	83,3	68
"	BC	03D105	Tarso	Korn	3,3	75,0	58,4	91,4	
"	D	03D106	Olivin	Vårraps	2,9	40,8	29,3	55,0	
"	E	03D107	Olivin	Havre	2,9	55,0	41,8	60,1	
"	U	03D108	Olivin	Vårraps		40,0	45,5	62,4	70
L3-2262	L	03D126	Kris	Korn		27,0	31,7	63,3	73
"	L	03D127	Tarso	Höstvete		49,0	57,9	61,1	74
"	M	03D128	Kris	Vårvete	2,1	27,0	33,1	45,8	70
"	M	03D129	Tarso	Korn	3,8	41,0	38,2	40,8	69
"	M	03D130	Kris	Korn	2,1	25,0	30,5	50,1	72

b) Korn

Serie	Län	ADB-nr.	Sort	Förfrukt	mull	N i växt			Andel N i kärna %
						N min kg/ha	DC 31 0-60 kg/ha	N-skörd kärna kg/ha	
L3-2260	C	03D091	Astoria/Wik.*	Höstvete	5,0		8,5	47,2	69,0
"	E	03D092	Astoria/Wik.*	Höstvete	4,3	40,8		33,2	
"	U	03D096	Astoria/Wik.*		4,7	46,0	8,4	15,1	
L3-2254	L	03D121	Barke	Vårvete	3,6	52,2	21,5	78,2	75,0
"	L	03D122	Barke	Höstvete	1,7	24,6	10,5	52,1	72,0
"	M	03D123	Barke	Vårvete	2,8	34,5	18,3	42,8	67,0
"	M	03D124	Barke	Korn	4,4	55,8	23,9	45,3	62,0
"	M	03D125	Barke	Höstvete	4,4	23,6	18,4	37,2	67,0
L7-426	B	07B106	Baronesse		5,2		7,2	49,3	51,0
"	E	07B108	Baronesse	Höstvete			6,2	17,7	59,0
"	N	07B109	Baronesse	S-betor	2,4			37,1	69,0
"	L	07B110	Otira/Baro.**	S-betor	4,1	45,0	16,5	64,3	71,0
"	M	07B111	Baronesse	S-betor	2,6	34,0	9,4	39,2	68,0
"	N	07B112	Baronesse	Korn	4,5		12,5	21,9	68,0
"	R	07B113	Baronesse		3,3		24,7	34,9	
"	R	07B114	Baronesse	Havre	4,0		8,7	29,6	62,2
"	U	07B115	Baronesse	Vårvete	5,0		17,7	25,9	51,0

* Wikingett

** 2 rutor Otira 2 Baronesse

Tabell 2.
Resultatsammanställning 2004.

a) Höstvete

Serie	Län	ADB-nr.	Sort	Förfrukt	mull %	N i växt			
						N min kg/ha 0-60	DC 43 kg/ha	N-skörd kärna kg/ha	Andel N i kärna %
L7-150B	ABC	07B285	Olivin	Havre	5,6		58,4	99,2	63
"	E	07B287	Olivin	Havre	6,7		25,4	43,3	
"	R	07B288	Olivin	Korn	4,7		19,3	31,3	
"	R	07B289	Olivin	Havre	5,6		15,9	47,4	
"	U	07B290	Olivin	Havre	2,5		25,0	56,8	87
M3-2271A	ABC	03E075	Olivin	Korn	6,5	27,0	43,1	105,0	62
"	D	03E076	Harnesk	Vårrops	2,1	30,0	47,2	54,0	73
"	E	03E077	Olivin	Vårrops	6,8	42,0	8,8	64,0	
"	R	03E078	Harnesk	Havre	5,5	27,0	23,9	45,9	
"	R	03E079	Olivin	Havre	1,6	26,0	17,9	50,0	
"	U	03E080	Olivin	Korn	4,2		31,9	40,0	59
L3-2272	L	03E103	Gnejs	Höstvete	4,1	16,0	47,0	56,5	69
"	L	03E104	Kris	Korn	2,6	25,0	41,4	69,2	73
"	M	03E105	Kris	Vårvete	2,5	29,0	31,8	50,4	72
"	M	03E106	Gnejs	Korn	2,0	30,0	42,0	46,0	71
"	M	03E107	Gnejs	Höstvete	2,1	14,0	37,6	49,1	

b) korn

Serie	Län	ADB-nr.	Sort	Förfrukt	mull %	N i växt			
						N min kg/ha 0-60	DC 31 kg/ha	N-skörd kärna kg/ha	Andel N i kärna %
M3-2270A VO	ABC	03E067	Astoria	Höstvete	8,1		12,7	59,1	77
" VO*	E	03E068	Astoria	Höstvete	2,8	50,7	6,9	40,9	53
" VO	R	03E069	Astoria	Höstvete	2,7	46,4	7,9	28,2	71
" VO	U	03E070	Astoria	Höstvete	4,4	50,4	17,7	40,4	81
" Djurgård	D	03E071	Astoria	Höstvete	2,3	41,5	21,6	89,9	
" Djurgård	R	03E072	Astoria	Höstvete	4,2	79,1	24,6	116,6	
" Djurgård	ABC	03E074	Astoria	Höstvete	3,9	125,0	40,6	109,6	
L3-2254-2	L	03E081	Barke	Vårvete	4,4	61,1	30,7	46,3	56
"	L	03E082	Barke	S-betor	2,7	24,0	24,4	70,9	74
"	M	03E083	Barke	S-betor	2,2	77,4	10,3	56,0	67
"	M	03E084	Barke	Korn	3,1	20,3	8,4	34,7	
"	M	03E085	Barke	Höstvete	2,3	33,0	13,4	38,5	

* Växtodlingsgård

NIR-modeller

I Tabell 3 redovisas resultat från bedömning av N upptag med hjälp av NIR-modeller. I stort sett kan konstateras att det fungerar dåligt om man enbart använder sig av en ruta per plats. Modellerna med alla rutor medtagna och där alla rutor från en plats tagits bort åt gången vid validering (styrd validering) fungerade också ganska dåligt, medan slumpmässig validering fungerade bättre. Styrd validering fungerade bättre dels om man för veteproverna enbart använde gårdar som förekommit båda åren (r^2 0,47, SEP = 8,9) eller enbart data från Skåne (r^2

= 0,5, SEP = 6,6). Resultaten är således bättre än om man använde alla data och slumpmässig validering (Tabell 3). En viss störning av årsmånsvariationer förekommer, d.v.s. det tycks fungera något bättre då data från varje år bearbetas var för sig.

Att prediktera kväveskörd vid mogen skörd går bättre än att prediktera upptaget fram till DC 31 eller 43.

Tabell 3.

Regressionskoefficienter (r^2) och medelfel i kg/ha (SEP) vid prediktion av N-upptag fram till mogen skörd med NIR. Dataseten omfattade antingen alla rutor eller endast en ruta per försök. I det fall då alla rutor ingick, gjordes antingen en slumpmässig korsvalidering eller också styrd validering där alla rutor från varje plats lades i samma valideringsset. Data bearbetades dels årsvis och dels båda årens data tillsammans

a) vete 2003

Dataset, validering	r^2	SEP	n
1 ruta/plats	< 0,1		16
Alla, slumpm.	0,58	11	54
Alla, styrd	0,24	14,7	54

c) vete 2004

Dataset, validering	r^2	SEP	n
1 ruta/plats	< 0,1		16
Alla, slumpm.	0,48	13,4	54
Alla, styrd	< 0,1		54

e) vete båda åren

Dataset, validering	r^2	SEP	n
1 ruta/plats	< 0,1		32
Alla, slumpm.	0,35	14,2	109
Alla, styrd	< 0,1		109

b) korn 2003

Dataset, validering	r^2	SEP	n
1 ruta/plats	< 0,1		17
Alla, slumpm.	0,69	10	56
Alla, styrd	0,58	17,4	56

d) korn 2004

Dataset, validering	r^2	SEP	n
1 ruta/plats	0,11	30,5	12
Alla, slumpm.	0,76	16,1	48
Alla, styrd	< 0,1		48

b) korn båda åren

Dataset, validering	r^2	SEP	n
1 ruta/plats	0,46	19,7	29
Alla, slumpm.	0,62	16,2	104
Alla, styrd	0,27	24,4	104

Yara N-Sensor-modeller och blandmodeller

Sensormodellerna redovisas tillsammans med blandmodeller i tabellerna 4-6.

De rena sensormodellerna fungerar oftast väl så bra som blandmodeller och att en kombination av olika typer av data tycks alltså knappast löna sig om man mäter med N-Sensor. N-Sensordata fungerade särskilt bra på egen hand då man enbart använder en ruta per plats (Tabell 4) eller med alla rutor och alla rutor från en plats i samma valideringsset (Tabell 6). Med slumpvis valideringsset (Tabell 5) fungerar också sensordata bäst, men här sker en viss förbättring av modellerna om andra data adderas. Även modeller utan sensordata fungerar ganska bra i detta fall. Kombinationen av NIR och N min gav i samtliga fall bättre resultat än enbart N min och i samtliga fall utom ett bättre än enbart NIR-data (Tabell 5).

N i växt uppmätt i stadium 31 respektive 43 gav också betydligt sämre uppfattning om kväveupptaget fram till mogen skörd än vad sensordata gjorde (Tabell 5).

Prediktion av kväveupptaget fram till stadium 31 respektive 43 fungerade också genomgående sämre än prediktion av upptaget fram till mogen skörd.

I materialet som gått igenom ovan har endast ledvisa data för mull och N min förelagt medan det i de flesta fall funnits rutvisa data när det gäller N sensordata och NIR. Detta skulle kunna ha missgynnat de traditionella måtten vid jämförelsen. Därför gjordes även jämförelser

med medelvärden för N-sensordata och NIR för att prediktera ledmedelvärden för kväveupptag. I seten vete 2003 och korn 2004, där sambandet mellan N min och kväveupptag var ganska bra, var precisionen för att bedöma kväveskörd bättre med N-Sensordata än med N min. N min var dock bättre än NIR-data i dessa fall.

Tabell 4.

Regressionskoefficienter (r^2) och medelfel i kg/ha (SEP) vid prediktion av N-upptag fram till mogen skörd med olika metoder. PCA-scores från NIR-analys ingår. Bästa metoden (i de flesta fall N-Sensor) testas även på det dataset där det finns N min data. Endast en ruta per försök ingick.

Data bearbetades dels årsvis och dels båda årens data tillsammans

a) vete 2003

Indata	r^2	SEP	n
alla*	0,28	14,2	15
N-Sensor	0,66	9,4	15
NIR, N-Sensor	0,26	14,9	15
N växt DC 43	0,53	10,9	15
mull	< 0,1		13
N min	0,22	15,3	9
NIR, N min	0,22	15,3	9
N-Sensor	0,6	10,8	9

c) vete 2004

Indata	r^2	SEP	n
alla*	< 0,1		16
N-Sensor	0,71	11,2	16
NIR, N-Sensor	0,59	14,5	16
N växt DC 43	< 0,1		16
mull	< 0,1		16
N min	< 0,1		10
NIR, N min	< 0,1		10
N-Sensor	0,46	14,1	10

e) vete båda åren

Indata	r^2	SEP	n
alla*	0,3	15,1	31
N-Sensor	0,59	11,7	31
NIR, N-Sensor	0,32	15,2	31
N växt DC 43	0,21	16	31
mull	< 0,1		29
N min	0,3	14,6	19
NIR, N min	0,29	14,8	19
N-Sensor	0,58	11,3	19

b) korn 2003

Indata	r^2	SEP	n
alla*	0,18	16,7	16
N-Sensor	0,69	9,5	16
NIR, N-Sensor	0,29	14,4	16
N växt DC 31	< 0,1		15
mull	< 0,1		13
N min	< 0,1		6
NIR, N min	< 0,1		6
N-Sensor	< 0,1		6

d) korn 2004

Indata	r^2	SEP	n
alla*	0,41	27,8	12
N-Sensor	0,44	22,5	12
NIR, N-Sensor	0,83	14,3	12
N växt DC 31	< 0,1		12
mull	< 0,1		12
N min	< 0,1		10
NIR, N min	< 0,1		10
NIR, N-Sensor	0,79	14,4	10

f) korn båda åren

Indata	r^2	SEP	n
alla*	0,36	22,2	28
N-Sensor	0,61	17,4	28
NIR, N-Sensor	0,64	17,5	28
N växt DC 31	0,18	25,3	27
mull	< 0,1		25
N min	< 0,1		16
NIR, N min	< 0,1		16
N-Sensor	0,23	22,6	16

* N-Sensordata, NIR, mull och N min

Tabell 5.

Regressionskoefficienter (r^2) och medelfel i kg/ha (SEP) vid prediktion av N-upptag fram till mogen skörd på samma sätt som Tabell 4. Alla rutor ingick i datasetet och slumpvis korsvalidering användes.

a) vete 2003

Indata	r^2	SEP	n
alla*	0,74	8,6	56
N-Sensor	0,76	8,2	56
NIR, N-Sensor	0,76	8,3	56
N växt DC 43	0,4	13	56
mull	< 0,1		49
N min	0,34	13,5	38
NIR	0,54	11,4	38
NIR, N min	0,66	9,7	38
N-Sensor	0,71	9	38

c) vete 2004

Indata	r^2	SEP	n
alla*	0,74	10,2	61
N-Sensor	0,86	7,4	61
NIR, N-Sensor	0,74	9,8	61
N växt DC 43	0,21	17,8	61
mull	< 0,1		61
N min	< 0,1		39
NIR	0,27	15,2	39
NIR, N min	0,31	14,8	39
N-Sensor	0,87	6,3	39

e) vete båda åren

Indata	r^2	SEP	n
alla*	0,77	8,9	117
N-Sensor	0,72	9,7	117
NIR, N-Sensor	0,74	9,5	117
N växt DC 43	0,29	15,5	117
mull	< 0,1		110
N min	0,12	16,1	77
NIR	0,38	13,6	77
NIR, N min	0,37	13,6	77
alla*	0,82	7,3	77

b) korn 2003

Indata	r^2	SEP	n
alla*	0,83	7,2	64
N-Sensor	0,79	7,9	64
NIR, N-Sensor	0,77	8,1	64
N växt DC 31	< 0,1		
mull	< 0,1		60
N min	< 0,1		36
NIR	0,39	14,2	36
NIR, N min	0,58	12	36
alla*	0,83	7,5	36

d) korn 2004

Indata	r^2	SEP	n
alla*	0,86	12	47
N-Sensor	0,77	15,2	47
NIR, N-Sensor	0,86	12,1	47
N växt DC 31	0,38	25,6	47
mull	< 0,1		47
N min	0,3	28,5	43
NIR	0,42	24,8	43
NIR, N min	0,64	20,5	43
alla*	0,88	11,3	43

f) korn båda åren

Indata	r^2	SEP	n
alla*	0,81	11,1	111
N-Sensor	0,77	12,3	111
NIR, N-Sensor	0,83	10,8	111
N växt DC 31	0,32	21,2	105
mull	< 0,1		107
N min	0,3	22,9	79
NIR	0,21	24,7	79
NIR, N min	0,5	19,4	79
NIR, N-Sensor	0,83	11,4	79

* N-Sensordata, NIR, mull och N min

Tabell 6.

Regressionskoefficienter (r^2) och medelfel i kg/ha (SEP) vid prediktion av N-upptag fram till mogen skörd på samma sätt som Tabell 4. Alla rutor ingick i datasetet och styrd korsvalidering användes, d.v.s. alla rutor från varje plats placerades i samma valideringsset.

a) vete 2003

Indata	r^2	SEP	n
alla*	0,29	15,3	56
N-Sensor	0,66	9,8	56
NIR, N-Sensor	0,43	13,2	56
N växt DC 43	0,32	13,8	56
mull	< 0,1		49
N min	0,19	15,1	38
NIR, N min	0,19	15,1	38
N-Sensor	0,41	12,9	38

c) vete 2004

Indata	r^2	SEP	n
alla*	0,23	14,8	61
N-Sensor	0,48	11,2	61
NIR, N-Sensor	0,34	13,2	61
N växt DC 43	< 0,1		61
mull	< 0,1		61
N min	< 0,1		39
NIR, N min	< 0,1		39
N-Sensor	0,33	14,6	39

e) vete båda åren

Indata	r^2	SEP	n
alla*	0,5	13,5	117
N-Sensor	0,61	11,6	117
NIR, N-Sensor	0,56	12,6	117
N växt DC 43	0,23	16,2	117
mull	< 0,1		110
N min	< 0,1		77
NIR, N min	< 0,1		77
N-Sensor	0,6	10,8	77

b) korn 2003

Indata	r ²	SEP	n
alla*	0,21	16,3	64
N-Sensor	0,62	10,7	64
NIR, N-Sensor	0,24	15,3	64
N växt DC 31	< 0,1		62
mull	< 0,1		60
N min	< 0,1		36
NIR, N min	< 0,1		36
N-Sensor	0,51	13,7	36

d) korn 2004

Indata	r ²	SEP	n
alla*	0,57	22,3	47
N-Sensor	0,51	22,8	47
NIR, N-Sensor	0,59	21,1	47
N växt DC 31	0,27	28,2	47
mull	< 0,1		47
N min	0,14	31,8	43
NIR, N min	0,14	31,8	43
NIR, N-sensor	0,67	20,1	43

f) korn båda åren

Indata	r ²	SEP	n
alla*	0,61	16,8	111
N-Sensor	0,67	14,9	111
NIR, N-Sensor	0,65	15,6	111
N växt DC 31	0,26	22,5	105
mull	< 0,1		107
N min	0,23	24,1	79
NIR, N min	0,23	24,1	79
N-Sensor	0,66	16,1	79

* N-Sensordata, NIR, mull och N min

Diskussion

Arbetet visar att det inte är entydigt att NIR kan rekommenderas för att bedöma kväveupptag i nollrutor. Det har inte kunnat visas att man på helt oberoende material kan få bra prediktioner.

Däremot fungerar modellerna ganska bra då man tagit med andra rutor från samma plats i kalibreringsmaterialet. Det tycks alltså som metoden är känslig för ”okända” störningar som inte finns med i kalibreringsmaterialet. Detta stämmer väl överens med iakttagelser av Ehsani m. fl., (1999) som kunde prediktera nitrat-innehåll i jordar med hög precision med NIR om man höll sig till en jordtyp, men inte om modellen testades på en annan jordtyp.

Arbetet ger alltså inte stöd för att man skulle kunna ta fram NIR-modeller för att bestämma kväveleveransförmåga som är giltiga för hela landet. Preliminärt har vi dock sett att det fungerar bättre med regionala modeller. Det verkar också som det kan vara värdefullt att kombinera NIR-data med N min som analyseras på våren, medan mullhalten inte uppvisade något samband med kväveupptag.

Fortsatt arbete bör fokusera på möjligheter att göra regionala modeller som består av homogenera material än i denna studie och att kombinera NIR och N min data. Att enbart för stora dataseten tycks ha mindre möjligheter att fungera bra.

Oavsett vilka dataset vi studerade gav Yara N-Sensor data bäst resultat. Sensordata gav också betydligt bättre uppfattning av kväveupptaget fram till skörd än vad en klippning i stadium 31 respektive 43 gav. Det gick omvänt inte heller lika bra att bedöma hur mycket kväve som fanns i grödan vid mätillfället jämfört med att bedöma totala upptaget fram till skörd.

Orsaken till detta skulle kunna tänkas vara att en begränsad yta klipptes som får representera hela rutan, medan skördedata förelåg för hela rutan. Tidigare erfarenheter visar också att reflektionsmetoder som mäter över en större yta fungerar bättre än metoder där ett litet antal plantor provtas (Gustavsson & Börjesson, 2002).

Sensordata tycks inte vara känsligt för plats på samma sätt som NIR och storleken på dataseten tycks inte heller vara betydelsefullt. Således får man oftast ganska bra resultat från små dataset och endast en ruta per plats. De goda resultaten stämmer väl överens med andra rapporter. Exempelvis erhöll Moges m.fl (2004) mycket bra samband mellan sensordata och kväveupptag fram till skörd av höstvetete i USA. Man erhöll ungefärliga samband på r² 0,75 med en sensor liknande Yaras handburna sensor men med bara tre våglängdsband.

Sammanfattning

- Stora skillnader i kväveleverans till oödslade rutor har konstaterats. Upptaget av kväve i kärna varierade mellan 15 och 116 kg/ha.
- Traditionella metoder såsom mineraliserat kväve på våren (N min) och mull ger dålig uppfattning om potentiell kväveleverans.
- NIR fungerade inte tillräckligt bra för att bedöma kväveleverans på okända platser över hela landet som inte ingått i kalibreringsmaterialet. Om jord från samma gård för vilken kväveleverans skall bedömas fanns med i kalibreringen, fungerade kalibreringarna dock betydligt bättre. Likaså tycks regionala modeller fungera bättre.
- En kombination av NIR och N min kan ge en bättre uppfattning om kväveupptag än om de används var för sig.
- Yara-N-Sensor ger god uppfattning av kväveleverans även på platser som inte finns med i kalibrering men kräver mätning under växtsäsongen.

Resultatförmedling till näringen

Resultat har redovisats vid växtodlings och växtskyddskonferenser i Kolmården 2003, Växjö 2003 och Uddevalla 2004 och 2005.

Referenser

Ehsani, M.R., Upadhyaya, S.K., Slaughter, D., Shafii, S. & Pelletier, M. 1999. A NIR technique for rapid determination of soil mineral nitrogen. *Prec. Agric.* 1:217-234.

Gustafsson, K. & Börjesson, T. 2002 Utvärdering av metoder för bestämning av kompletteringsgödsling av kväve i höstvet. SJV-rapport 25-5728/99.

Martens H and Naes T 1989 *Multivariate calibration*. John Wiley & Sons, Chichester, UK. 419 p.

Moges, S.M, Raun, W.R., Mullen, R.W., Freeman, K. W., Johnson, G.V. & Solie, J.B. 2004. Evaluation of green, red and near infrared bands for predicting winterwheat biomass, nitrogen uptake and final yield. *J. Plant Nutr.* 27(8): 1431-1441.

Palmborg C. & Nordgren A 1993 Modelling Microbial Activity and Biomass in Forest Soil with Substrate Quality Measured Using Near Infrared Reflectance Spectroscopy. *Soil Biology & Biochemistry* 25, 1713-1718.

Savitzky A and Golay M 1964 Smoothing and differentiation of data by simplified least squares procedures. *Anal. Chem* 36, 1627-1639.

Wetterlind, J., Stenberg, B. & Jonsson, A. 2005. Predicting variation in plant N-uptake in three fields using soil organic matter, texture and Near Infrared Reflectance (NIR). *Proc. Prec. Agr.* 05. Stafford, J.V (Ed.) Wageningen. pp. 337-344.