

N-mineralisering och fältmätning med NIR

Innehåll

- 1.0 Översikt
- 2.0 Publiceringar och presentationer
- 3.0 Automatisering av NIR-mätning i fält
- 4.0 Utvärdering av mineraliseringszoner

1.0 Översikt

Avsikten med projekt var

- att undersöka om skattningen av N-mineralisering med NIR är tillräcklig för att prediktera mineralisering under fältförhållanden
- att testa precision och repeterbarhet hos bärbar NIR-utrustning under laboratorie- och fältförhållanden
- att utforma on-linemätning med NIR-teknik för bestämning av N-mineralisering

Fokus i projektet var att undersöka hur väl netto N-mineraliseringen kan förutsägas med ett NIR-spektra och därmed om ett NIR-spektrum från åkerjord kan användas för att variera N-givan inom fält med stor variation i N-mineralisering.

Resultatet av tre års fältobservationer och kalibreringar baserade på dessa fältförsök rapporteras i en peer review granskad artikel och några ytterligare artiklar och posters.

Förvärvet av NIR-instrumentet, Field Spec NIR, blev något försenat och ett annat instrument användes för de inledande studierna i fält med den rigg som byggts av Väderstadsverken. Resultaten från fälttestning av NIR-instrument återfinns i denna sammanställning.

För att testa precisionen i de NIR-baserade mineraliseringszonerna utfördes gödslingsförsök under 2001. Resultaten presenterades som poster i Berlin 2003 och rapporten återfinns i denna sammanställningen ”Utvärdering av mineraliseringszon”..

2.0 Publicering och presentationer

2.1 Publikationer

Stenberg B., **Jonsson, A** och Börjesson, T. 2005. Prediction of nitrogen uptake by winter wheat within fields of high variability in organic matter., Plant and Soil, 269, 251-258

<http://po->

mv.slu.se/?pubid=P7336&pubdetails=true&PUBPAGE=4&SPRAK=Swedish&PAGEACTION=OidSida&PUBOID=1300&FUNKTIONID=63&OID=1300&PAGECONTENT2=http%3A%2F%2Fpublikationer%2Eslu%2Ese%2Fnybib%2Ecfm

Stenberg B., **Jonsson, A** och Börjesson, T. 2003. NIR-spectroscopy and other possibilities for on-line measurements in soil and crops. Plant Production DIAS, report no 100. 119-126

Stenberg B., Börjesson T och Jonsson A. 2002. Near infrared reflectance spectroscopy – a rapid for predictive field mapping of soil-N mineralisation? Plant Production DIAS report no. 94. 103-113.

Stenberg, B., Jonsson, A. & Börjesson, T. 2002. NIR-technology for soil analysis with implications for precision agriculture. Near Infrared Spectroscopy: Changing the World with NIR. NIR Publications, Chichester, UK, 279-284

2.2 Posters

Jonsson A., Börjesson T. och Stenberg B. 2003. *Evaluation of mineralization zones in winter wheat on field with high variation in OM-content.* European Conference on Precision Agriculture. 4th ECPA in Berlin/Germany June 15 to 19, 2003

Stenberg B., Börjesson T. and Jonsson A. 2001. *NIR – a rapid method for predictive field mapping of soil-N mineralization.* Third European Conference on Precision Agriculture, Montpellier, June 18-20, 2001. France.

Börjesson T., Stenberg B. and Jonsson A., 1999. *NIR for prediction of N-mineralization in arable soils.* 9th International Conference on Near-Infrared spectroscopy, Verona, Italy, 13-18 June, 1999.

2.3 Presentation

“NIR-spectroscopy and other possibilities for on-line measurements in soil and crops”. Presentation, Jonsson A and Stenberg B. Implementation of Precision Farming in Practical Agriculture. NJF Seminarium 10-12th June 2002, Skara Sweden.

“NIR-technology for rationale soil analysis with implications for precision agriculture”. Accepted for the proceeding of Changing the World with NIR, 10th International Conference on Near Infrared Spectroscopy, Kyongju, Sydkorea. 10-15 juni 2001. Presenterad av Bo Stenberg.

”Near infrared spectroscopy- a rapid method for predictive field mapping of soil-N mineralization” Optimal Nitrogen Fertilization –Tools for recommendation, NJF – Seminarium, Ås 29-30, March, 2001.

Mineraliseringszoner. Presentation på Uddevallamöte, jan 2001.

2.4 Tidningsartiklar

Nya mätmetoder ger närkontakt med jorden 2002. Lantbrukets Affärer, nr 4, p 20-21

3.0 Automatisering av NIR-mätning i fält

NIR-mätning bör helst kunna appliceras ute i fält och utföras så tät som möjligt. Det är därför viktigt att mätningen automatiseras och att utrustningen kan skyddas så att tillräckligt många NIR-spektra kan samlas för en representativ bestämning. För att inleda arbetet mot en teknik med direktmätning i fält utvecklades i samverkan med Väderstadsverken en rigg som möjliggjorde att spektra kunde tas upp direkt uti fält, bild 1.

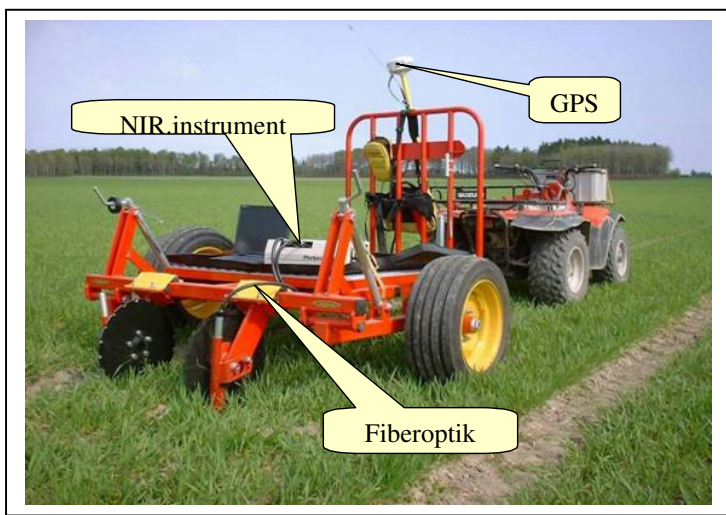
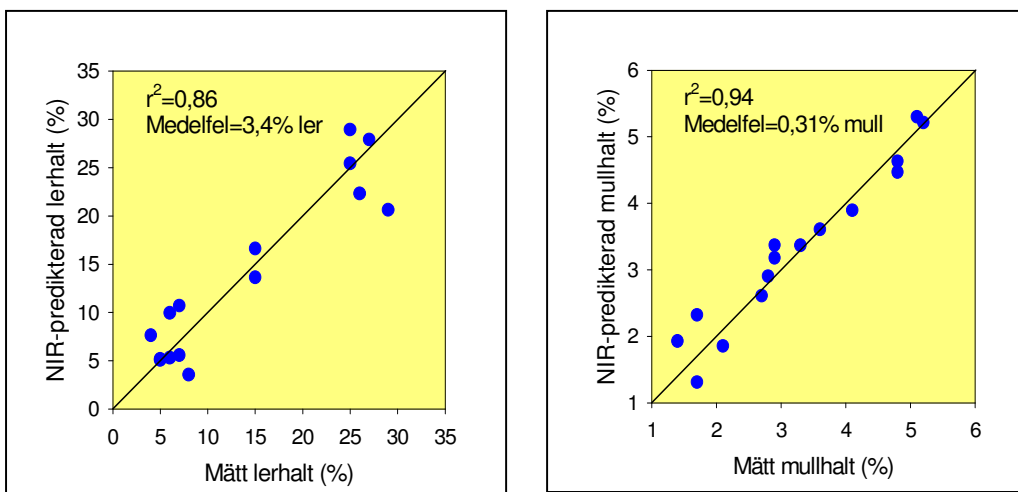


Bild 1. Rigg för testning av NIR-instrument med fiberoptik under fältförhållanden. Riggen utvecklades i samverkan med Väderstadsverken. Fibern från NIR-instrumentet sänktes ner genom ett såbillsrör.

Riggen testades vid två tillfällen under 2002 med NIR-instrument i fält på Bjertorp. Prov togs ut ($n=14$) inom fältet. Riggen kördes mellan provplatserna. På varje plats togs ett jordprov ut (7 stick) och fem spektra togs upp. Mull- och lerhalt bestämdes sedan på laboratoriet och en skattning gjordes av ler- och mullhalt med hjälp av tidigare beräknade NIR-kalibreringar. Figur 2.



Figur 2 ab. Korrelation mellan mull- och lerhalt-skattningar baserad på NIR-spektra upptagna i fält och mätningar i laboratoriet.

Resultaten indikerar att det verkar möjligt att ta upp spektra med tillräcklig hög kvalitet för att göra skattning med rimlig kvalitet även om precisionen speciellt för skattning av lerhalt var otillfredsställande vid dessa mätningar. Flera andra problem noterades vid de båda testtillfällena. Problem som måste hanteras är varierande temperatur och vattenhalt i marken samt markytans eventuella ojämnheter.

Resultaten från den undersökning utgjorde underlag för ett gemensamt SLF-projekt mellan avd för precisionsodling, JTI och avd. för jordbearbetning i vilket en jordsond utvecklades för att mäta både dragkraftsmotstånd och med NIR-fiber direkt i marken.

4.0 Utvärdering av mineraliseringszoner

Introduktion

Mineralisering av N bestämd med nollrute-teknik på fältet Ribbingsberg I har under perioden 1997-1999 visat sig vara tämligen stabil mellan åren inom olika delar av fältet (figur 1). Mineraliseringen har inom fältet varierat från 16 till 130 kg N/ha på lättjord respektive mulljord. I de mellanliggande lerjordsområdena har mineraliseringen uppgått till 60-80 kg N/ha. Figur 2 visar en interpolerad karta över förväntad mineralisering baserad på data från 3 år. Figur 1 visar också att det var möjligt att utifrån NIR-bestämning av jorden konstruera en korsvaliderad prognosmodell som förvånande väl kunde prediktera den uppmätta mineraliseringen.

Avsikten med denna studien var att undersöka hur en indelning i zoner, baserade på mängden förväntat mineraliserat N, praktiskt kan användas till systematisk styrning av N-givan på fältet och hur en testning av precisionen i dessa zoner skall läggas upp. Utgångspunkten för den tänkta praktiska användningen är ett system med delad N-giva till höstsäd. I ett system med tre givor ges en tidig N-giva på våren åtföljd av en giva i strå-skjutningen. Beroende på grödans status och N-tillgången i marken kan den första givan uteslutas och istället ges en då större huvudgiva i tidig stråskjutning. Båda dessa system avslutas sedan med en kompletteringsgiva strax innan axgång. Denna sena giva skall justeras efter förväntningar på skördens storlek, grödans status, förfrukt m.m. Vid denna komplettering kan idag Hydros N-sensor och kalksalpetermätaren användas för att registrera grödans aktuella N-status. Kompletteringen sker sedan med hänsynstagande till variationerna i fältet.

Tillgången till en karta över förväntad mineralisering i samband med en kompletteringsgödsling med N-sensor skulle göra det möjligt att också ta hänsyn till markens ännu icke levererade men förväntade mineraliseringen på olika delar av fältet. På fältdelar med förväntad hög mineralisering kan givan reduceras mer än vad statusmätningen med N-Sensorn indikerar och på områden med förväntad låg mineralisering kan givan ökas om förutsättningarna i övrigt bedöms vara uppfyllda för den planerade skördenivån. Förutsättningen för detta är förutom tillgång till GPS-styrning att en zonindelningen kan baseras på en god prognos av mineraliseringen i olika delar av fältet. I praktiken kommer också zonernas storlek och utformning att hänga intimt samman med spridnings-

utrustningens prestanda. Möjligheterna och nyttan kan förväntas var störst på fält med stor variation i mullhalt.

Målet med denna studie var att inleda utvecklingen av system för praktiskt utnyttjande av zoner med olika förväntad mineralisering på fält med stor variation i mullhalt (>10%).

Material och metod

Fältet delades in i zoner efter förväntad netto-N mineralisering (figur 2). Zonerna beräknades med GIS-teknik (Mats Söderström SvL FoU) utifrån 3 års studier med nollrutor för att bestämma mineraliseringen. Den använda nollrute-tekniken innebär att ca ytor på ca 25 m² lämnas ogödslade i fältet.

Halm och kärna skördas och total innehållet av N-bestäms i skördeprodukterna och omräknas till kg N/ha. Dessa siffror användes sedan som ”mineraliserat N”. Fältet på Ribbingsberg har testas med nollrutor under tre år och har haft stråsäd de senaste 5 åren och ingen stallgödsel har heller spritts på fältet.

Tre N-stegar anlades för att kontrollera mineraliseringsprognosen. En N-stege placerades i lägsta respektive högsta mineraliseringszonen samt en i området med 60-80 kg N/ha. Utifrån förväntad skörd (fältet är skördekarterat tidigare år) och lantbrukarens bedömning bestämdes en ”optimal” N-giva för varje försöksplats. Denna giva kompletterades sedan med led med +/- 30 kg N. ”Optimal” var 160,165 och 100 kg N/ha på respektive plats. Försöken parcelltröskades och skördemängd samt proteinhalt bestämdes.

Hela skiftet på 10 ha gödslades med en startgiva på 60 kg den 10 april. Vid andra gödslingstillfället 14 dagar senare reduceras givan enligt prognoskartan för mineralisering i ett 48 m brett band i nord-sydlig riktning. Reduceringen innebar att den totala N-givan (mineralgödsel + prognostiserad N-mineralisering) blev 200 kg N på området med prognostiserad mineralisering på 30, 230 och 224 Kg N i zonerna med en prognos på 60 respektive 110 kg N. I samband med skörden parcelltröskades 20 parceller i dessa band och skörd och proteinhalt bestämdes.

Fältet scannades också vid ett flertal tillfällen med Hydro N-sensor. Resultaten från dessa scannningar rapporteras på annat sätt.

Resultat och diskussion

Utgångspunkt för N-stegarna var att den andra nivån i stegen skulle vara rätt nivå utifrån förväntad skörd för den enskilda platsen. Det innebär att en skördeökning vid den högre nivån indikerar att vi hamnat för lågt i bedömningen av N-behovet och att en ökad proteinhalt med oförändrad skörd indikerar att N-optimum klart passerats.

Tabell 1. Resultat från N-stegar i tre zoner på Ribbingsberg. Behandling, skörd och N-effektivitet

| Zon | Prognos mineralis. | Gödsling NHandels-gödsel | "Totalt" handels+ prognos | N Skörd | Relativ Skörd med bas zonmitt | Protein | N-skörd | N-effektivitet N i kärna/N i kärna/ N handels | N-effektiv 2 "Total"N |
|-----|--------------------|--------------------------|---------------------------|---------|-------------------------------|---------|---------|---|-----------------------|
| 1 | 30 | 130 | 160 | 6458 | 89 | 10,6 | 119 | 92 | 74 |
| 1 | 30 | 160 | 190 | 7235 | 100 | 11,1 | 140 | 87 | 74 |
| 1 | 30 | 190 | 220 | 7994 | 110 | 11,6 | 161 | 85 | 73 |
| 4 | 60 | 135 | 195 | 7367 | 92 | 10,8 | 138 | 102 | 71 |
| 4 | 60 | 165 | 225 | 8010 | 100 | 10,7 | 149 | 90 | 66 |
| 4 | 60 | 195 | 255 | 8361 | 104 | 11,4 | 166 | 85 | 65 |

| | | | | | | | | | |
|---|-----|-----|-----|------|-----|------|-----|-----|----|
| 7 | 110 | 70 | 180 | 7092 | 92 | 11,5 | 142 | 203 | 79 |
| 7 | 110 | 100 | 210 | 7712 | 100 | 12,2 | 164 | 164 | 78 |
| 7 | 110 | 130 | 240 | 7561 | 98 | 12,4 | 163 | 125 | 68 |

I försöket i mineraliseringszon 1, med den lägsta förväntade mineraliseringen, ökade skörden signifikant mellan de två högre givorna, dvs årets biologiska optimum låg förmodligen på ett handelsgödsel behov på över 190 kg/N ha, tabell 1. Skördenivån var också hög. Behovet var beräknat utifrån en skörd på 6.000 kg och baserat på ett behov av ca 27 kg N/ton kärna.

I N-stegen i mineraliseringszon 4 var skörden lika stor som zon 1, men skörden steg 50% mindre för de sista 30 kg N jämfört med de första 30 kg N och proteinhalten steg vid den högre kompletteringen. Detta indikerar att N-givorna hamnat nära skördeoptimum för platsen. I mineraliseringszon 7, på mulljorden, har beräkningen av optimal N-nivå träffat helt rätt!

Rätt kvävegiva för en skörd på ca 8000 kg/ha var ett "total N" på ca 230 kg. Total-N beräknas som förväntad mineralisering enligt prognosmodellen för fältet adderat till kvävet i handelsgödselgivan. Vi antar alltså samma verkningsgrad på mineraliserat som tillfört N. Det visar sig att den skillnad i mineralisering som vi beräknat mellan zon 1 och zon 4 på 30 kg N också inträffade. Samma skördenivå nåddes i zon 1 som i zon 4 vid en 25 kg N högre giva.

I zon 7 förväntade vi en leverans på 50 kg extra från marken och vid 65 kg extra N så är skörden i samma nivå och har något förhöjd proteinhalt. Dessa resultat indikerar att de skillnader som tidigare noterats mellan dessa delar av fältet även upprepats under 2001.

Tabell 2. Resultat av parcelltröskning av områden N-gödslade enligt gården och anpassade efter modellen för förväntad mineralisering på skifte Ribbingsberg 1.

| Treatment Adjustment of fertilization | of N-Parcel | Expected N-mineralisation. | N-treatment Fertilizer | "Total" Handels+ Prognos | N Skörd kg/ha | Relativ skörd | Proteinhalt % | N-Skörd kg N/ha | N-effektiv.1 N-skörd/ N-Handel | N-effektiv.2 N-skörd/ "Total-N" | |
|---|-------------|----------------------------|------------------------|--------------------------|---------------|---------------|---------------|-----------------|--------------------------------|---------------------------------|-----------|
| Gårdens | 1 | 60 | 170 | 230 | 8635 | 100 | 11,4 | 171 | 101 | 74 | |
| N-handelsg. | 2 | 60 | 170 | 230 | 8669 | 100 | 11,2 | 169 | 99 | 73 | |
| | 3 | 60 | 170 | 230 | 8670 | 100 | 11,3 | 170 | 100 | 74 | |
| | 4 | 60 | 170 | 230 | 8636 | 100 | 11,8 | 177 | 104 | 77 | |
| | 5 | 60 | 170 | 230 | 8031 | 93 | 11,8 | 165 | 97 | 72 | |
| | 6 | 60 | 170 | 230 | 8240 | 95 | 12 | 172 | 101 | 75 | |
| | 7 | 60 | 170 | 230 | 8582 | 99 | 10,5 | 157 | 92 | 68 | |
| | 8 | 60 | 170 | 230 | 8472 | 98 | 11,1 | 164 | 96 | 71 | |
| | 9 | 60 | 170 | 230 | 8060 | 93 | 10,9 | 153 | 90 | 66 | |
| | 10 | 60 | 170 | 230 | 7799 | 90 | 10,2 | 138 | 81 | 60 | |
| | | Medeltal 1-10 | | | | 8379 | 97 | 11,2 | 164 | 96 | 71 |
| Anpassning på mulljord efter prognos | 11 | 110 | 114 | 224 | 8590 | 99 | 12 | 179 | 157 | 80 | |
| | 12 | 110 | 114 | 224 | 8146 | 94 | 11,1 | 157 | 138 | 70 | |
| | 13 | 110 | 114 | 224 | 8310 | 96 | 11,2 | 162 | 142 | 72 | |
| | 14 | 110 | 114 | 224 | 8280 | 96 | 12 | 173 | 152 | 77 | |
| | 15 | 110 | 114 | 224 | 6622 | 77 | 11,4 | 131 | 115 | 59 | |
| | | Medeltal 11-15 | | | | 7990 | 93 | 11,5 | 160 | 141 | 72 |
| Anpassning Efterprognos | 16 | 30 | 170 | 200 | 7618 | 88 | 10,2 | 135 | 79 | 68 | |
| | 17 | 30 | 170 | 200 | 7824 | 91 | 9,8 | 133 | 78 | 67 | |
| | 18 | 30 | 170 | 200 | 8256 | 96 | 10,7 | 154 | 90 | 77 | |
| | 19 | 30 | 170 | 200 | 8625 | 100 | 10,4 | 156 | 92 | 78 | |

| | | | | | | | | | |
|-----------------------|----|-----|-----|-------------|-----------|-------------|------------|-----------|-----------|
| 20 | 30 | 170 | 200 | 7093 | 82 | 9,6 | 118 | 70 | 59 |
| Medeltal 16-20 | | | | 7883 | 91 | 10,1 | 139 | 82 | 70 |

Inom ett område med 48 meters bred reducerades den planerad N-givan enligt den utarbetade prognoskartan över förväntad mineralisering. I tre områden, ca 48 m breda och mer än 200 m långa, parcelltröskades sedan totalt 20 rutor om ca 2x 10 m. De 10 första låg i närheten av N-stegen för mineraliseringszon 4. De andra två områdena låg längre väster ut i den mer mullrika jorden med en förväntad leverans på 110 kg N, samt en i mineraliseringszon 1 med en förväntad N-leverans på 30 kg N. Det var alltså en skillnad på 80 kg mellan högsta och lägsta N-leverans från marken. Vid kompletteringsgödslingen blev den faktiska utspridda skillnaden mellan dem 56 kg beroende på att den förväntade skörden skiljer enligt tidigare skördekartor. Dvs skillnaden komprimerades inte fullt ut och den totala N-tillgången, beräknad som tillfört handels N + prognos mineraliserat, blev följaktligen 24 kg N lägre. Skördenivån i dessa två angränsade områden var den samma men proteinhalten var 1,5% lägre i det som fick 24 kg mindre N. Detta indikerar sämre N-försörjning (tabell 2) för området med lägre beräknad N-behovet!

Resultaten visar också att skördenivån var förvånande jämn på hela fälten. De tio rutor runt N-stegen i zon 4 har likvärdig skörd både i mängd och proteinhalt som den som uppmättes i N-stegen. Den tendens till fallande skörd och proteinhalt som noteras för rutor 9 och 10 kan förklaras av att dessa rutor låg i en del av zon 4 som gränsar mot zon 3 där den förväntade mineraliseringen sjunker enligt figur 2. Detta indikerar vikten av att komma rätt med prognosen och de tekniska och praktiska problem vi får när vi skall ange skarpa zongränser. Ett annat problem som noterats och som stärker nyttan med goda prognoskartor för mineraliseringen är att grödan var långsam i gång på de mullrika delarna så långsam att N-sensor föreslog kompletteringsgödsling vid körningar i april. Utifrån undersökningen verkar en total N-mängd (handels N + prognos N) på 220-240 kg N/ha ha varit optimal för stora delar av fältet och gårdens mineralgödsel-N giva på sammanlagt 170 kg N i kombination med förväntad mineralisering hamnade också i denna nivå.

Slutsatserna från studien är:

- att de från mineraliseringsmodellen prognostiserade skillnaderna i mineralisering mellan olika delar av Ribbingsberg 1 upprepades även 2001. Dvs den modell som utarbetas från nollrutorna 1997-99 har fungerat väl under ännu ett år.
- att en enkel N-stege, med step på +/-30 kg N/ha kan användas för att testa nivå och precisionen i zonerna och för att hitta nivån på rätt total tillförseln av N för det enskilda året.
- att problemet med att skatta förväntad skörd kvarstår men också att tidigare skördenivåer ger god vägledning liksom tumregeln med 27 kg N/ ha och ton skörd
- att det N som bestämts med nollruteteknik (N-analys av kärna och halm) hade samma verkningsgrad som handelsgödsel-N.

En annan viktig slutsats för framtiden är att det från en NIR-bestämning av jordprov från nollrute försöken gått att konstruera en NIR-modell som ger god prediktion av mineraliseringen (figur 1). Detta öppnar för utvecklingen av prognosmodeller för mineralisering som kanske inte kräver nollrutor utan kan baseras endast på enklare, snabbare och billigare teknik såsom NIR och annan spektral information.

Rapport tillgänglig från avd. för precisionsodling, markvetenskap, Skara