

Slutrapport för projektet:

Bestämning av beståndsegenskaper hos höstraps med fjärranalys – utveckling av teknik för försöksverksamhet och gödslingsrådgivning

Bakgrund

I fältförsök vill man kunna bestämma planttäthet, biomassa och N innehåll för att t.ex. studera grödans utveckling under inverkan av olika åtgärder. Att räkna plantor och klippa grödor för att analysera N innehållet är arbetskrävande och kostsamt. Normalt brukar man i varje försöksruta ”bara” planträkna två enmeterssträckor i slumpmässigt valda sårader. Det gäller då att dessa är tillräckligt representativa. I höstraps kan detta vara ett problem då bestånden kan vara ojämna, med mer luckiga eller tätare områden, speciellt i norra Götaland. Inskränker man arbetet till enbart gradering av planttätheten (bedömning t.ex. enligt skalan 0-100), kan den personliga förmågan inverka, och en gradering utförd av en annan person kan visa ett delvis avvikande resultat. Därför vore det önskvärt att med ny teknik kunna standardisera planträkning och planttäthetsgraderingar, så att enhetlighet uppnås i försöksverksamheten i hela landet och från år till år och så att säkrare resultat fås. Möjliga metoder skulle kunna vara t.ex. bildanalys och/eller N-sensormätning av grödan.

N-sensor mätningar av grödan innebär att man med hjälp av vegetations index av synligt och nära-infrarött ljus (NIR) möjliggör kvantitativ uppskattning av tex. höstrapsens biomassa (ts) och kväveinnehåll (Behrens et al., 2006). Yara Research Center in Hanninghof, Tyskland, har utvecklat ett vegetationsindex för höstraps S1(OSR) som väl beskriver biomassa och N innehåll (www.neue-rapsduengung.de). Behrens et al. (2006) i Tyskland rapporterade goda möjligheter att med reflektansmätningar bestämma höstrapsbestånds biomassa i form av färskvikt, torrsbstansmängd och dess kväveinnehåll. Med hjälp av digital bildanalys har man kunnat bestämma grödans täckningsgrad av marken, bladyteindex och antal plantor per m² (Behrens & Diepenbrock, 2006). I Sverige fann Börjesson et al., (2005) att det fungerade bra att bestämma biomassa i både höstvetete och höstraps med hjälp av digital bildanalys, medans den bildanalysmetod som användes inte fungerade för planträkning i höstraps. För att kunna använda bildanalys i fältförsök vore det praktiskt om den kan användas för räkning av rapsplantor samtidigt som en bedömning av rapsens marktäckning görs.

Att kunna bestämma N innehållet i höstraps på hösten på ett enkelt och billigt vis vore också av intresse för att kunna optimera kvävegivan på våren. I tyska studier har man funnit att ju mer kväve som tagits upp på hösten ju lägre blir den ekonomiskt optimala N givan på våren (Henke *et al.* 2009). Därmed uppkom frågan även i Sverige hur man på våren skall ta hänsyn till beståndsutvecklingen för att optimera kvävegivan på våren till höstraps. I Frankrike utgår man i gödslingsplanläggningen ifrån att höstrapsens kvävebehov påverkas av förväntad skörd och N upptag på hösten (Hebinger, 2006). Franska studier (Dejoux et al. 2000) visar att det kväve som rapsen förlorat under vintern genom frostskaadade blad kan 40% tas upp igen under våren av höstrapsen. För bedömning av den N-mängd i grödan som skall beaktas vid vårens N-gödsling beräknas ett medeltal av N-innehållet på senhösten och vid vinterns slut. Uppskattning av kvävemängden i blasten efter vintern rekommenderas genom 1) visuellt förfarande (begränsat användbart), 2) provtagnings- och vägningsmetod eller 3) fjärranalys. I Frankrike har man utvecklat en fjärranalysbaserad metod där man säger sig kunna bestämma höstoljeväxternas biomassa före och efter vintern samt kunna ge rekommendationer för

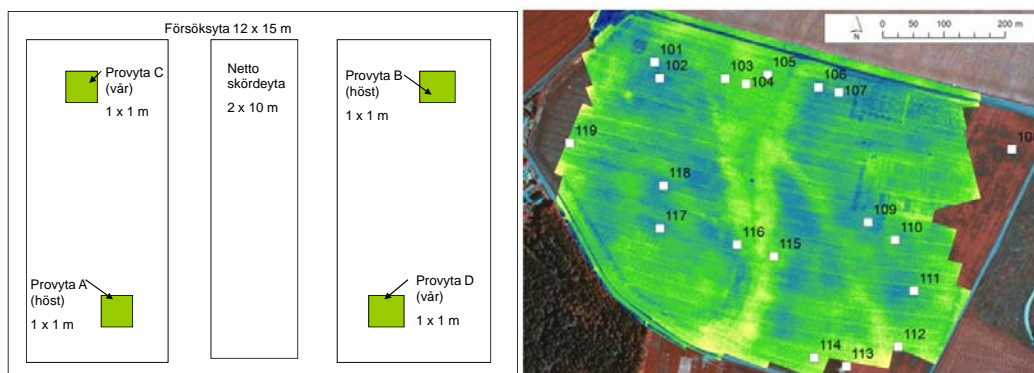
kvävebehovet (Coquil & Bordes, 2005). Metoden bygger på satellitdata från SPOT och har kommersialiserats i en tjänst (FARMSTAR) som används av ett relativt stort antal lantbrukare knutna till olika kooperativ. Det anges att man i samband med rapsodling med denna metod har kunnat minska kvävebehovet med i genomsnitt 25-50 kg N ha⁻¹ och samtidigt ökat oljehalten. Satelliter har dessvärre begränsningar under mer molniga förhållanden som i Norden. I sådana fall fordras mer marknära mätningar.

Syftet med denna studie var att studera och utvärdera enklare och billigare metoder för planträkning och bestämning av biomassa och N innehåll i höstraps på höst och vår i försök. I fältförsök undersöktes hur man med hjälp av bildanalys (digital kamera) kan bestämma plantantal och biomassa i höstraps med syfte att ersätta tidskrävande manuell planträkning och provtagning. En utvärdering gjordes av hur väl man kan bestämma höstrapsens biomassa och N innehåll höst och vår med Yaras handburna N sensor i jämförelse med en labbanalys av provtagen gröda. Dessutom undersöktes i samma försök hur antal blad per planta, rothalsdiameter och N upptag på höst och vår, påverkade skördens storlek.

Material och metoder

Försöksplatser och ytor

Undersökningarna gjordes på 40 försöksytor fördelade på 4 fält med höstraps under växtodlingssäsongen 2007/2008 och på 20 försöksytor fördelade på 3 fält 2008/2009 i Västergötland (Tabell 1). Försöksytor med storleken 15 x 12 m (Figur 1) förlades på fält med stora inomfältvariationer i höstrapsens etablering och tillväxt under hösten. Detta gav möjligheter att följa grödans tillväxt inom svagare fältdelar, där man redan på hösten fått sämre gröda, och jämföra med utvecklingen inom fältdelar med bättre gröda på hösten. Höstrapsen var hybrid sorter förutom på ett fält med linjesort (Prinsagården, Axvall). Jordartskartor och flygfoton över de aktuella fälten användes som hjälp för att placera försöksytorna i olika kraftiga bestånd. Skördemätningar utfördes på 19 försöksytor 2007/2008 (Bjertorp10) och 20 ytor 2008/2009 (alla platser). Jordarts- och markkarteringsanalyser gjordes i alla försöksytor. Hösten 2009 kompletterades undersökningen med grödprovtagning och N-sensormätning (ej skördemätning) av mycket kraftig höstraps, dvs. stort kväveinnehåll på 15 platser fördelade på 5 olika gårdar, eftersom detta saknades de tidigare försöksåren.



Figur 1. En försöksyta i höstraps, med provytor för höst (A och B) och vår (C och D) och skörderuta, samt exempel på dess placering (försöksytor 101-119) på ett flygfotograferat fält (Bjertorp10).

Varje försöksyta placerades så att beståndet var så jämnt som möjligt inom ytan och därmed representerade en typ av biomassa. Varje yta bestod av en skörderuta i mitten (2 x 10 m) och på varje sida om denna placerades två provytor á 1 m² vardera för mätning och provtagning

på höst och vår (Figur 1). För utveckling av teknik för planträkning och bestämning av biomassa med hjälp av bildanalys gjordes vid ett och samma tillfälle (höst och vår) manuell planträkning samtidigt som ytan fotograferades med en digital kamera. Med syfte bestämma höstrapsens biomassa och N innehåll med hjälp av N sensorn gjordes samtidigt N sensormätningar följt av provtagning av höstrapsen för analys av biomassa och totalkväveinnehåll. N sensormätningar gjordes förutom i provytorna även i skörderutan för att jämföra med provytorna. N sensor mätningar utfördes med Yaras handburna N-sensor som mäter reflektans i våglängds områden från grönt till nära infrarött (NIR). Mätningar gjordes från fyra olika håll runt varje provtagningsyta. Höstraps indexet S1(OSR) användes för att uppskatta mängden biomassa (ts) och N innehåll i grödan.

Vid mognad skördetröskades skörderutan med försökströska för bestämning av samband mellan beståndsegenskaper på senhöst/vår och fröskörd. Antal blad per planta räknades och rothalsdiametern bestämdes på hösten med syfte att undersöka dess betydelse för skördens storlek. Provtagning och mätning av höstrapsen på hösten gjordes 11-17 oktober 2007 och 7-14 november 2008 samt på våren 14 mars 2008 och 8 mars 2009. Hösten 2009 provtogs och mättes grödan 13 november.

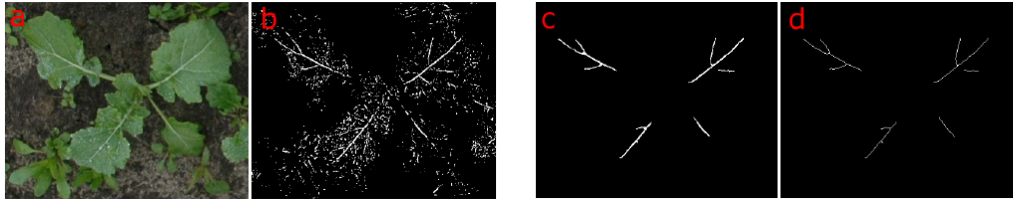
Provtagning och analyser

Höstrapsgrödan klipptes av vid markytan i två av provtagningsytorna på 1 m² vardera. Provet torkades i 60°C i 24 timmar och N koncentrationen analyserades enligt Dumas elemental analys. Biomassans torrs substans (ts) bestämdes för varje ruta och totalkvävehalt/koncentrationen i höstrapsgrödan analyserades på ett samlingsprov för de två rutorna. Kväveinnehållet räknades fram genom att medelvärdet för de två ytornas torrs substans multiplicerades med kvävekoncentrationen i grödan. Skörden i kg/ha beräknades utifrån den tröskade skörderutan och ett fröprov på 1000 g analyserades på vattenhalt och N innehåll enligt Dumas elementalanalys.

Digital bildanalys

I studien användes en sekventiell egenskapsbaserad metod för att detektera rapsplanter som skiljer sig från tidigare arbeten med höstraps men använts vid detektering av blomkålsplanter (Soille, 2000). Exempel på de egenskaper som kan användas för att skilja växtmaterial från bakgrund (jord, grenar, sten etc.) är färgspektrum, plantstorlek till ogräset och bladnervmönster. Digitala bilder togs av grödan med en Nikon D70 digital kamera. Kameran har en upplösning på 2000 x 3008 pixlar och bilderna lagras i jpg-format. Bilderna togs med kameran monterad på en arm fastsatt på en tripod ca. 1,4 m över marken. En vit kvadratisk ram på 1 m² placerades på marken för att markera ytan som fotograferades.

En automatisk bildanalys algorithm för att analysera antal planter och dess täckning av markytan gjordes utifrån digitala fotografier i MATLAB (MathWorks, USA). Processen innefattar en följd av metoder för att ta bort irrelevant information (tex jord, sten) från bilderna och separation av ogräs och gröda genom en blandning av ett antal olika bild behandlings metoder (Nyman, 2008). Höstrapsplanter har tydliga bladnerv vilket skiljer dem från ogräs. Genom att identifiera huvudbladnerverna och de sekundära nervernas vinkel mot huvudnerven, kunde man avgöra vilken ände som sitter fast i plantan. Med hjälp av flera blad från samma planta kunde positionen för plant centrum bestämmas och därmed kunde även antalet planter räknas (Figur 2). Resultaten från bildanalysen jämfördes därefter med resultaten från manuell bestämning av plantantal för att validera algoritmen.



Figur 2. Identifiering av en höstrapsplanta genom att studera bladnerverna. Stegvis (från vänster till höger) detektering av bladnerv i bladet.

Modell för bestämning av biomassa och N innehåll med hjälp av Yaras N sensor

För att beskriva sambandet mellan N sensormätningen och N innehållet i grödan anpassades en funktion till det erhållna sambandet i Excel. Modellen testades (validerades) genom gruppvis korsvalidering för att se hur väl den kunde prediktera de uppmätta värden på fält som inte ingick i modellen.

Resultat och diskussion

Plantantal på höst och vår

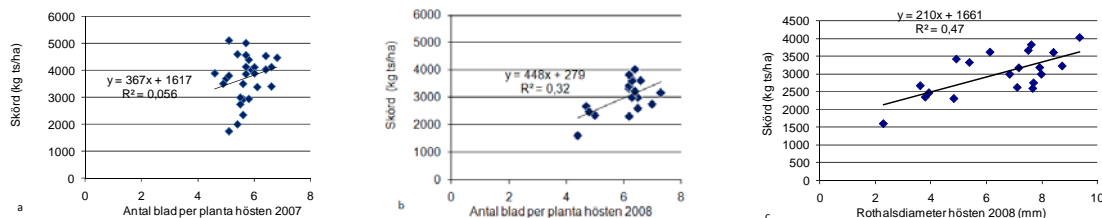
Antalet plantor per m² låg på den nivå som rekommenderas för hybridrapss och linjesorter, ca 40-50/m² respektive 100/m² (Tabell 1).

Tabell 1. Försöksplatser och antal plantor per m² i medeltal per plats på hösten och våren. Standardavvikelse inom parentes.

	Bjertorp10	Bjertorp15	Ribbingsberg	Prinshaga/Axvall	Bjertorp12	Bjertorp6	Tomten
11 okt 2007					4 nov 2008		
	36 (6,6)	47 (5,0)	37 (8,3)	131 (15)	57 (11)	38 (5)	43 (7)
14 mar 2008					8 mars 2009		
	35 (5,2)	48 (6,5)	41 (6,5)	122 (187)	52 (12)	38 (14)	36 (10)

Antal blad och rothalsdiameter samt dess samband med skörd

Antal blad per planta var i medeltal 5,7 och rothalsdiameteren 5,4 mm hösten 2007. Hösten 2008 var antal blad per planta 6,1 och rothalsdiameteren 6,4 mm. Sambandet mellan skörd av höstraps och antal blad per planta på senhösten var dåligt båda åren (Figur 3ab). Ett svagt samband erhöles mellan rothalsdiameter och skörd 2008 ($R^2 = 0,47$) men inte 2007, delvis för att variationen var större det senare året (Figur 3c). Den lilla variation som fanns i antal blad per planta och rothalsdiameter på hösten i denna studie bidrog till de dåliga sambanden med skörd. Antal blad på hösten var lågt och rothalsdiameteren var liten i förhållande till vad som allmänt rekommenderas inför vintern: 8 blad per planta och 8 mm rothalsdiameter.



Figur 3. Samband mellan skörd av höstraps och antal blad per planta på hösten a) 2007, b) 2008 och c) rothalsdiameter på hösten 2008.

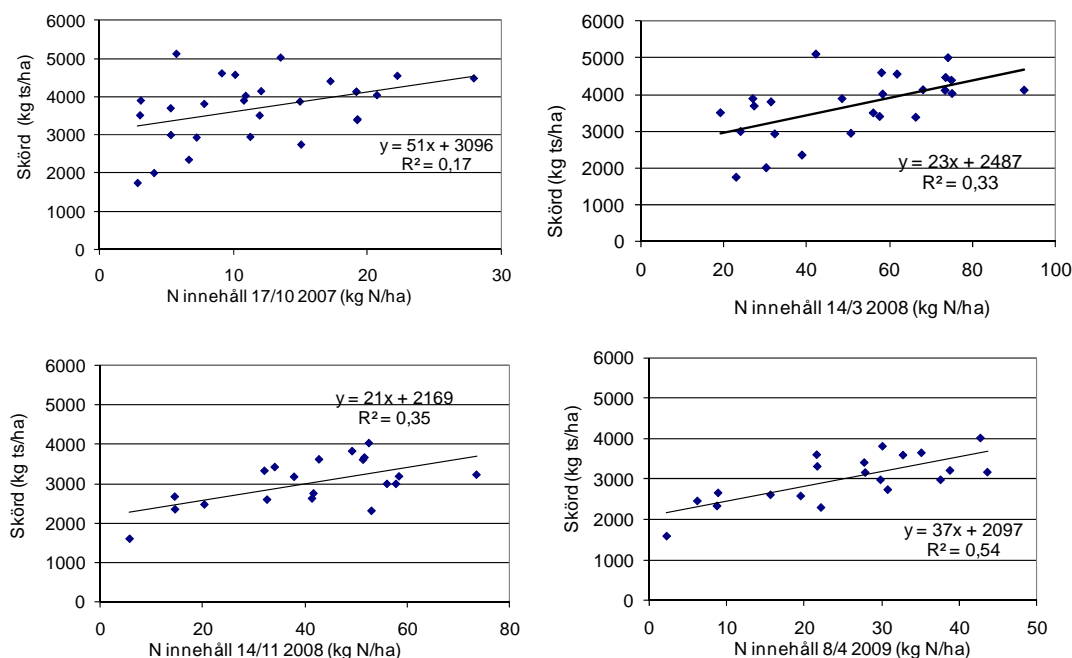
Kväveinnehåll i höstraps på höst och vår samt dess samband med skörd

Höstrapsens kväveinnehåll på senhösten 2007 var lågt, i medeltal 18 kg N/ha (stdav. 15, 3-81 kg N/ha; Figure 4). Den efterföljande vintern var mild och höstrapsen ökade sitt N upptag

fram till våren 2008 med i medeltal 35 kg N/ha. I medeltal var N innehållet på våren 53 kg/ha (stdav. 21 kg/ha, 20-116 kg/ha).

Kväveinnehållet på senhösten 2008 var något större än 2007, i medeltal 41 kg N/ha (stdav. 17, 6-74 kg N/ha). Vintern därefter var kall och bladförluster över vintern gjorde att N innehållet minskade fram till våren 2009 med i medeltal 16 kg/ha. N innehållet på våren var i medeltal 25 kg/ha (stdav. 12, 2-44 kg N/ha). N innehållet på senhösten 2009, då enbart kraftig höstraps provtogs, var i medeltal 135 kg/ha (stdav. 40, 73-194 kg N/ha).

Sambandet mellan skörd och N innehåll på hösten (2007 och 2008) var generellt sämre ($R^2=0,006$, $n=49$) än med det på våren ($R^2=0,48$, $n=49$). N innehållet på hösten 2008 hade ett starkare samband med skörd än 2007 och berodde troligen på att vårgödslingen 2009 hade en mycket dålig verkan då den följdes av en längre torkperiod (Figur 4). Därmed blev N innehållet på hösten avgörande för skörderesultatet och kan förklara det bättre sambandet med skörd både för hösten 2008 och våren 2009 än tidigare år. Dåligt samband mellan skörd och N innehåll på höst och vår kan förklaras med att höstrapsen har en stor förmåga att jämna ut skillnader i N innehåll på höst och tidig vår genom sin stora tillväxtpotential under reproduktionsfasen på våren (Colnenne et al., 2002). Enligt Colnenne et al., (2002) är kvävetillgången under våren av större vikt för skörden än kvävetillgången på hösten eftersom den påverkar antalet blommor och fröreduktionen. Däremot visade Henke et al. (2009) att N innehållet på hösten hade ett bättre samband med N optimum på våren till höstraps än N innehållet på våren, då bladmassan ibland var nedvissnad efter en kall vinter.

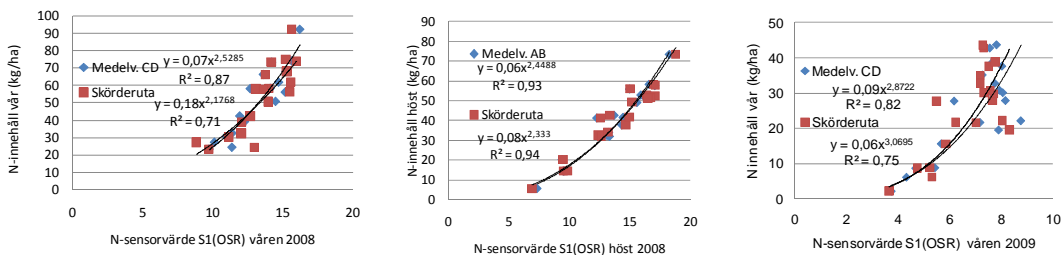


Figur 4. Samband mellan skörd av höstraps och kväveinnehåll på höst och vår 2007/2008 och 2008/2009.

N-sensormätningar och samband med höstrapsens N innehåll höst och vår

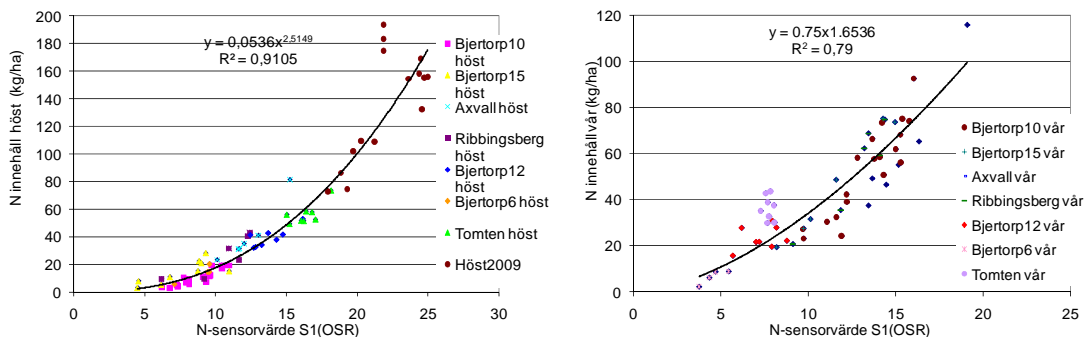
N-sensormätningar gjorda i provytorna där grödan klipptes eller i skörderutan hade båda bra samband till N innehållet i det klippta grödprovet (Figur 5). Förklaringsgraden (R^2) var i medeltal 0,87 för sambandet mellan N-sensor värde (medeltal för provyta A och B på hösten och C och D på våren) och N innehåll (Figur 5). Sambandet mellan skörderutornas N-sensor värde och N innehåll i det klippta grödprovet var något lägre, i medeltal $R^2=0,80$. Därmed

kan vi bekräfta att de utvalda försöksytorna hade en relativt jämn gröda och att de klippta provytornas N innehåll och uppmätta N sensorvärde väl representerade skörderutan.



Figur 5. Samband mellan N-sensornvärde, mätt i provytor (AB och CD) eller i skörderuta, och N innehåll i höstraps klippt i provytor.

Sambandet mellan N sensor värdet och N upptaget kunde förklaras bäst av en icke linjär funktion (Figur 6). Förklaringsgraden för sambandet var bättre med N upptaget på hösten ($R^2= 0,91$) än med N upptaget på våren ($R^2= 0,79$; Figur 6) och för N upptag höst och vår tillsammans ($R^2= 0,67$). Framförallt var det N upptaget på våren på Tomten som avvek och var högre än vad sambandet visade på, dvs. avvek mer från linjen än övriga punkter (Figur 6). På Tomten var grödan mycket kraftig på hösten och det mesta vissnade ner fram till våren pga. frost. Dessa vissna blad påverkade troligtvis mätvärdet och bidrog till den sämre förklaringsgraden på våren. Tre avvikande punkter för det beräknade sambandet fanns även för N upptaget på hösten 2009 där N sensorvärdet visade lägre N innehåll än vad det var i analyserat grödklipp (Figur 6). Förklaringen kan vara att mätningen utfördes på detta fält under kraftig solstrålning medans det var mulet när de övriga platserna mättes hösten 2009. Avvikelsen visar på vikten att följa gällande rekommendationer för mätning med N-sensorn dvs. att mäta under likartade optimala förhållanden på alla platser dvs. när solen står som högst på dagen och helst under molniga förhållanden.

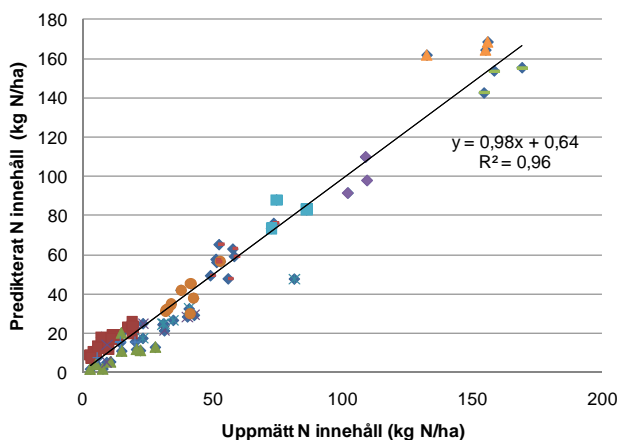


Figur 6. Sambandet N innehåll i höstraps och N-sensornvärde vid provtagning/mätning på hösten (2007 – 2009, n= 75) och våren (2008 och 2009, n= 57).

Utvärdering av modell

De framtagna sambandet mellan N sensor värde och N upptag på hösten fick utgöra en modell som testades genom gruppvis korsvalidering. Det innebar att varje försöksplats/fält plockades bort från de övriga platserna för vilka en funktion anpassades för sambandet. Med hjälp av denna modell räknades sen N innehållet fram utifrån N-sensornvärdet för den plats som inte fanns med i modellen. På så sätt jämfördes predikerat N innehåll på hösten (med hjälp av modellen) mot det uppmätta för en plats som inte ingick i modellen (Figur 7). Modellen kunde prediktera N upptaget med en medelavvikelse (RMSEP) på 8,8 kg N/ha (stdav. 43) och RPD-värde på 4,9 vilket visade att modellen fungerade mycket bra. RPD-

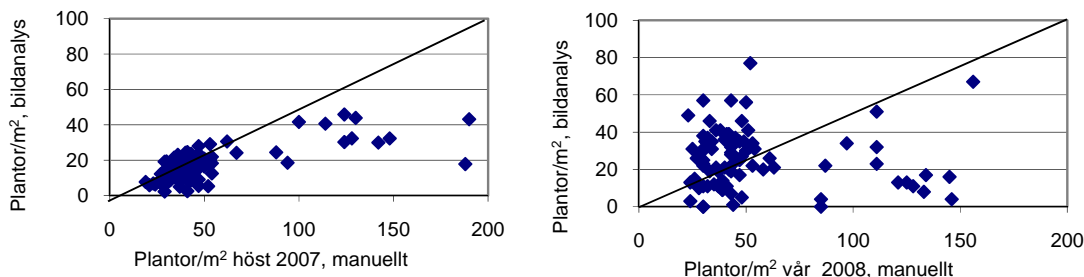
värdet, stdav/RMSEP, är ett sätt att värdera medelavvikelsen och för en bättre modell bör värdet vara > 2. Vid klippning av grödan för analys av N kan variationen mellan block ofta bli större än medelvariationen i modellen. Stor variation mellan block beror på att höstrapsplantor ofta växer mycket ojämnt fördelade i såradena och den yta som provtas är relativt liten inom ett block. I försök med höstraps där N upptaget på hösten var 45-75 kg N/ha i medeltal för tre block (analys av grödprover från 1,5 m² klippta ytor per block) varierade standardavvikelsen mellan 2 och 15 kg N/ha (Engström *et al.*, 2010). Modellen visar på goda möjligheter att mäta med den handburna N-sensorn i försöksrutor för att bestämma N innehållet i höstraps på hösten. Modellen behöver ytterligare valideras för att tex. se om den även gäller för andra regioner. Eftersom modellen innehöll få mätvärden för N innehåll >80 kg N/ha behöver den framför allt testas i kraftigare bestånd, dvs. > 80kg N/ha.

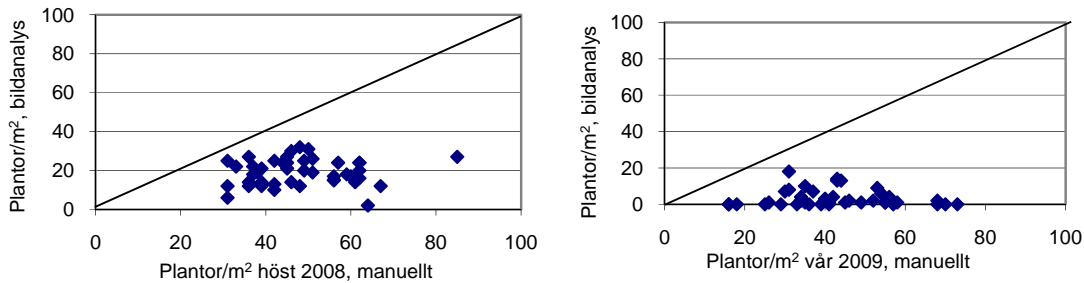


Figur 7. Prediktion av N innehåll på hösten utifrån modell, n= 72.

Bestämning av plantantal med bildanalys

Med bildanalys identifierades generellt färre plantor än med manuell planträkning (Figur 8). Hösten 2007 uppvisade bildanalysalgoritmen en god trend vid lågt antal plantor men felet ökade med plantantalet. Våren 2008 erhöles goda resultat vid lågt antal plantor även om spridningen var stor. Hösten 2008 och våren 2009 underskattades antalet plantor kraftigt. Helt avgörande för att få ett bra resultat med bildanalysalgoritmen är att nervmönstret i rapsbladen syns tydligt. Därför krävs goda belysningsförhållanden, inte för tätt med plantor (< ca 70% växtlighet i bilden) och lagom storlek på plantorna. Generellt var det svårare att uppskatta antalet rapsplantor på våren, mycket beroende på att det var svårt att hitta nervmönstret i plantorna på våren. Sammanfattningsvis så är algoritmen i nuläget inte tillräckligt exakt och robust för att kunna ersätta manuell räkning av antalet rapsplantor i försök utan ytterligare utveckling av metoden krävs. Förslag på förbättringar innefattar belysningsrigg, samt implementering av grafteori för att hitta i vilken riktning rapsplantans centrum är belägen.

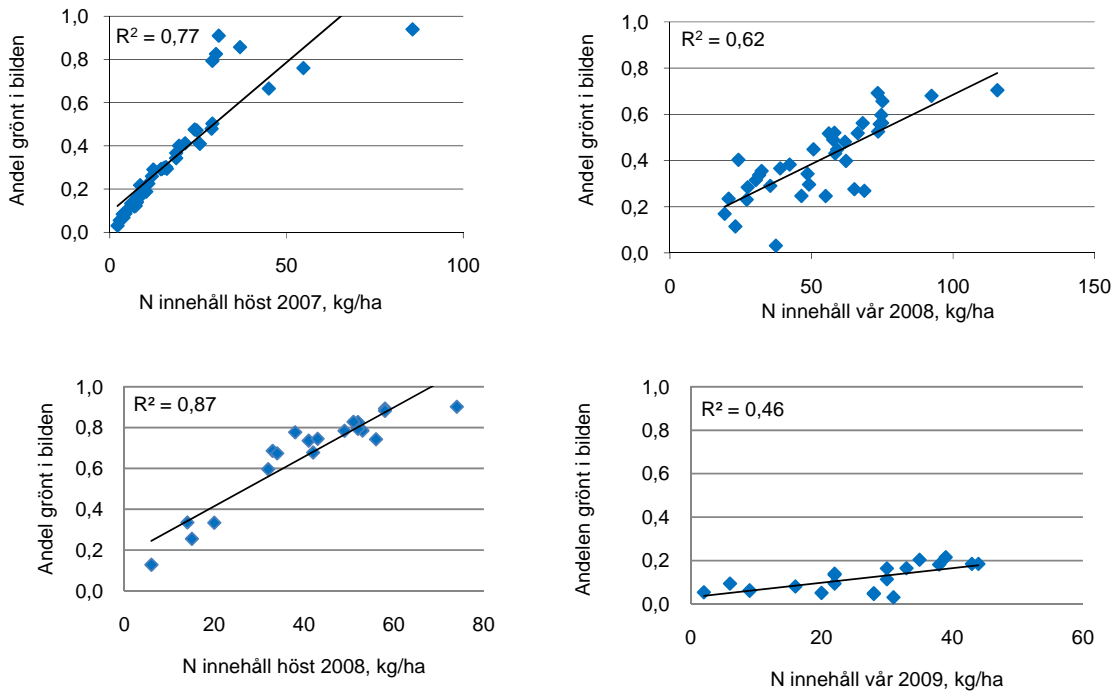




Figur 8. Jämförelse mellan antalet rapsplanter beräknade med bildanalys och manuell räkning hösten 2007; våren 2008, hösten 2008 och våren 2009. Den diagonala linjen i varje bild betecknar en perfekt passning mellan bildanalys och manuell räkning.

Bestämning av N innehåll i höstraps med bildanalys

Andelen grönt i bilden i procent, bestämt utifrån bildanalys, korrelerade väl med höstrapsens biomassa (ts) och N innehåll (analys av klippt grödprov) vid tre av de fyra provtagningstillfällena mellan hösten 2007 och våren 2009 (figur 9). Hösten 2007 var det främst N upptaget på ett fält (Prinshaga) som avvek från det beräknade sambandet. På detta fält hade det såtts en linjesort, som sås med högre utsädesmängd än hybrid sorter, och därför växte plantorna mycket tätare än hybrid sorterna på de övriga fälten. Överlappningen mellan planter kan vara orsaken till att det var svårare att bestämma N-innehållet utifrån bilden i den täta grödan. Hösten 2008 var sambandet förvånansvärt bra trots att det på ett fält (Tomten) fanns mycket stora planter med överlappande blad. Våren 2009 fanns det mycket nedfrusen och vissnen bladmassa efter vintern vilket förmodligen orsakade det sämre sambandet då det var svårare att identifiera det levande växtmaterialet med bildanalys.



Figur 9. Sambandet mellan N-innehåll och andelen gröda i bilden uppskattad från bildanalys.

Slutsatser

Resultaten visar på goda möjligheter att med den handburna N sensorn bestämma biomassa och N-innehåll på hösten i höstrapsförsök. Bästa korrelationen mellan N-sensornvärde och N innehåll erhöles vid mätning på hösten i höstrapsen. Detta innebär ökade möjligheter att i fältförsök studera olika åtgärders effekt på höstrapsens N upptag och tillväxt under hösten. Att kunna bestämma N innehållet på hösten på ett enkelt sätt, med hjälp av en handburna N sensor eller N-sensormätning från traktorn, ökar möjligheten till att ta hänsyn till det när vårgivan till höstraps ska beräknas. En N sensormätning med traktor skulle dessutom visa inomfältvariationen i N upptag vilket vårgödslingen då skulle kunna anpassas till. Studien påvisade inga samband mellan skörd och antal blad per planta, rothalsdiameter på hösten eller med N upptag på höst och vår. Därmed gav dessa beståndsegenskaper ingen information om potentiell skörd. Bildanalys av höstraps visade att grödans täckningsgrad av marken korrelerade väl med mängden biomassa och N innehåll på hösten och skulle kunna vara en metod att beskriva tillväxt, gradera biomassa och bestämma N innehållet med i glesare bestånd. Ytterligare studier behövs i kraftigare bestånd då bildanalys gjordes främst i glesa bestånd med små plantor, med undantag av en försöksplats 2008/2009. Planträkning med hjälp av bildanalys gav färre plantor än med manuell räkning av och behöver vidareutvecklas för framtida användning i försök.

Publikationer

Resultaten presenterades i ett föredrag av Ingemar Gruvaeus på konferensen "The 13th International Conference and Exhibition on Mechanization of field experiments June 30th – July 3rd 2008 Denmark (IAMFE). Konferensartikel: Engström et al., 2008. Determination of canopy properties of winter oilseed rape using remote sensing - techniques in field experiments.

Knud Nissen presenterade muntligt resultaten på konferensen "7th European Conference on Precision Agriculture Wageningen, the Netherlands 6-8 July 2009. Konferensartikel: Engström et al., 2009. Determination of canopy properties of winter oilseed rape using remote sensing techniques in field experiments.

Ett examensarbete om bildanalys gjordes av Mikael Nyman: Nyman, M. 2008. Image analysis as a tool for weed detection in pea and rape fields. Applied Physics, Chalmers, Gothenburg, Sweden.

En institutionsrapport med alla resultat kommer att tryckas under 2011.

Övrig resultatförmedling till näringen

Presentation av resultaten gjordes på ett möte om "N-sensorn" ordnat av Carl-Magnus Olsson (YaraAB) 2 februari 2010 i Nässjö. Projektet presenterades även på ett möte för bönder med traktorburna N sensorer 23 februari 2010 i Nässjö anordnat av Knud Nissén.

Referenser

- Behrens, T., Müller, J. & Diepenbrock, W. 2006. Utilization of canopy reflectance to predict properties of rape (*Brassica napus* L.) and barley (*Hordeum vulgare* L.) during ontogenesis. *European Journal of Agronomy*, under tryckning.
- Behrens, T. & Diepenbrock, W. 2006. Using hemispheric radiation measurements to predict weight-related growth traits in oilseed rape (*Brassica napus* L.) and barley (*Hordeum vulgare* L.) canopies. *J. Agronomy & Crop Science* 192, 465-474.

- Behrens, T. & Diepenbrock, W. 2006. Using digital image analysis to describe canopies of winter oilseed rape (*Brassica napus* L.) during vegetative developmental stages. *Journal of Agronomy & Crop Science* 192, 295-302.
- Börjesson, T., Åstrand, B., Engström, L. & Lindén, B. 2005. Bildanalys för att beskriva beståndsstatus i höstraps och höstvetete och ogräsförekomst i vårsäd. Sveriges lantbruksuniversitet, Avdelningen för precisionsodling (i samarbete med Precisionsodling Sverige), teknisk rapport nr 2.
- Coquil, B. & Bordes J.P. 2005. FARMSTAR: an efficient decision support tool for near real time crop management from satellite images. In: Stafford, J.V. (ed.). *Precision Agriculture '05. Proceedings of the 5th European Conference on Precision Agriculture*. Wageningen Academic Publishers, The Netherlands, 873-880.
- 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(1-2), 257-272.
- Engström, L., Börjesson, T. & Lindén, B. 2007. Beståndstäthet tidigt på våren i höstvetete – samband med skörd, topografi, förrådskalium och biomassa (Yara N-sensor- och NIR-mätningar). Sveriges lantbruksuniversitet, Inst. för markvetenskap, Avd. för precisionsodling, Teknisk rapport nr 8.
- Engström, L., Stenberg, M., Aronsson, H. & Lindén, B. 2010. Reducing nitrate leaching after winter oilseed rape and peas in mild and cold winters. *Agronomy for Sustainable Development*. Published on line: 24 September 2010. DOI: 10.1051/agro/2010035.
- Hebinger, H. 2006. Erfahrungen mit neuen Stickstoffdüngungsmodellen aus Frankreich. Föredrag vid besök vid CETIOM (Centre Technique Interprofessionnel des Oléagineux Métropolitains), Frankrike, www.cetiom.fr.
- Henke, J., Sieling, K., Sauermann, W. & Kage, H. 2009. Analysing soil and canopy factors affecting optimum nitrogen fertilization rates of oilseed rape (*Brassica napus*). *Journal of Agricultural Science* 147, 1-8.
- Nyman, M. 2008. Image analysis as a tool for weed detection in pea and rape fields. Applied Physics, Chalmers, Gothenburg, Sweden.
- Soille, P., 2000. Morphological Image Analysis Applied to Crop Field Mapping. *Image and Vision Computing*, 18:1025–1032.