

Bildanalys för att beskriva beståndsstatus i höstraps och höstvetete och ogräsförekomst i vårsäd

Ogräs9



Thomas Börjesson, Björn Åstrand,
Lena Engström och Börje Lindén

Innehåll

MÅLSÄTTNING	3
BAKGRUND.....	3
MATERIAL OCH METODER.....	3
RESULTAT	5
DISKUSSION OCH SLUTSATS.....	10
REFERENSER.....	11

Målsättning

- Utvärdera möjligheterna att med hjälp av bildbehandling av digitala bilder göra en bedömning av beståndstäthet på våren i *höstvet* och *höstraps*.
- Utvärdera möjligheterna att räkna antalet *ogräsplantor och ogräsens marktäckning* mellan rader med hjälp av digitala bilder.

Bakgrund

Beståndstätheten på våren i höstvet är det man grundar sig på i nuvarande lantbruksrådgivning när man bestämmer om grödan skall tillföras kvävegödsel tidigt på våren eller om gödslingen kan vänta till en senare tidpunkt. Vid mindre än 500-600 skott per m² rekommenderas att en tidig bestockningsgödsling görs. För höstraps anses en minimigräns för att det skall vara lönsamt att behålla beståndet ligga runt 15-20 plantor per m². Höstrapsplantor har stora möjligheter att förgrena sig och på så sätt kan en låg planttäthet ofta ändå ge fullgod skörd.

Att manuellt räkna antalet skott eller plantor är mycket tidskrävande speciellt om man vill beakta förekommande variationer i beståndstätheten inom ett fält. Ojämna bestånd på våren kan bero dels på inomfältsvariationer i uppkomst och etablering och dels på varierande utvintring mellan olika fältdelar. Detta kan i sin tur orsakas av skiftande jordarter, ojämnt fördelade växtrester m.m. inom fältet. Stora inomfältsvariationer i ogräsförekomst har också rapporterats (Rew et al., 1996, Gerhards, et al., 1997). För att man skall kunna anpassa insatser till dessa inomfältsvariationer och därmed möjliggöra både en effektivare och miljövänligare ogräsbekämpning samt kvävegödsling är en snabb och enkel bestämning av beståndstätheten nödvändig.

Med idag använda spektroskopiska metoder som utnyttjar reflektion från gröda såsom Yara N-Sensor erhålls dock endast ett samlat mått på reflektionen från en given yta. Det är inte möjligt att bedöma hur många plantor som reflektionen representerar eller särskilja reflektion från gröda och ogräs. På Högskolan i Halmstad har en forskargrupp tagit fram metoder baserade på bildbehandling för att skilja på sockerbetsplantor och ogräs (Åstrand & Baerveldt, 2001). Metoderna bör kunna användas även för räkning av plantor eller skott och för att särskilja stråsädesplantor från ogräsplantor. Denna information kan sedan ingå i beslutsunderlag för att avgöra om plant- skott- eller ogrästätheten är över eller under en viss nivå för att motivera en åtgärd. I förlängningen kan man också tänka sig att utveckla system som kan variera herbiciddos efter ogrästäthet.

Material och Metoder

Två fält på Svalöf Weibulls försöksgård Bjertorp har utvalts för studier av beståndstäthet: ett fält med höstraps (Kronos) och ett fält med höstvet (Marshall). Höstrapsen såddes 23/8 och höstvetet den 17/9 2002.

Fälten utmärktes av stora variationer i beståndstäthet. På vardera fältet valdes fem försöksplatser med olika plant-täthet respektive skott-täthet och på varje plats markerades 4 rutor om 1/2 m² vardera. Totalt erhöles då 20 rutor per fält. I varje ruta gjordes en plant- respektive skotträkning på våren innan tillväxten kommit igång och en digi-

talbild togs på varje ruta. På varje fält valdes bilder från en plats med lågt skott/plantantal och en plats med högt skott/plantantal ut för bildbehandling. Veterutorna avklippades vid skördemognad och proteinhalt och ts-skörd registrerades. I rapsrutorna utnyttjades data från skörderegistrering som erhöles i samband med tröskningen. När det gäller ogräs valdes att ta bilder på vårsäd strax före ogräsbekämpning i 2-3- bladsstadiet. I detta fall togs totalt 11 bilder i 4 olika fält med skillnader i ogräsflora och ogräsmängder för att täcka in så många olika förhållanden som möjligt. Bilderna togs med en digitalkamera (Nikon Coolpix 800 med en upplösning på 1600x1200 pixlar).

Bildbehandling

Förbehandling

För att ta bort störningar är det lämpligt att filtrera bilden med ett medelvärdesfilter. Detta förbättrar vanligtvis den efterföljande bildbehandlingen. I detta fall är det även lämpligt p.g.a. det brus som bildas av bildernas format (jpeg).

Segmentering och färgrepresentation

Första steget är att särskilja (segmentera) plantmaterial från marken. Detta kan göras på flera olika sätt. Oftast räcker det med att lägga in trösklar i bilden som avskiljer områden med olika reflektion. Trösklingen kan ske genom att utnyttja skillnader i reflektionen av Rött Grönt och Blått (RGB representation) eller en annan färgrepresentation. Genom att använda olika färgrepresentation kan man underlätta segmenteringen av bilden. I denna test har bara RGB representation använts. För olika representationer se Cheng m.fl., (2001).

I detta försök har tre olika typer av index för tröskling använts. Det första är 2G – R – B (Pedersen, 2001). Denna modell utgår ifrån att man trösklar på normaliserat grönt i bilden. Den andra modellen är mindre känslig för variationer i och mellan bilder, då det gäller intensitet och spektral sammansättning (Marchant och Onyango, 2000). Bilder representeras här av en kvot, $F = r_m/g_m^A$ där r_m är kvoten mellan röd och blå kanal i kameran och g_m är kvoten mellan grön och blå kanal. A beräknas utifrån filterkarakteristiken hos kameran. I detta fall var den inte känd men sattes till 1,6. Resultatbilden F blir en gråskalebild där grånivån motsvarar en viss färg. Den tredje metoden som utvärderats är $NDI = (R-G)/(R+G)$, föreslagen av Pérez m.fl., (2000). Bilden blir här en normaliserad differensbild mellan röd och grön kanal.

Detektering av rader

Segmenteringen av bilden gör att man får en svart-vit bild där vita pixlar motsvaras av plantmaterial och svarta av bakgrund. Genom att göra ett lateralt histogram kan man bestämma radernas position i bilden (Pedersen, 2001). Identifiering av raderna underlättar särskiljandet av kulturväxter och ogräs eftersom de plantor som står mellan raderna sannolikt är ogräs.

Identifiering av gröda och ogräs

Det finns tre olika grupper av metoder för att identifiera gröda respektive ogräs (Lee m.fl., 1999). Den första avser användning av *spektral information*. Denna kan vara bredbandig som i en färgkamera eller smalbandig som med en spektrometer. Vanligt är att man inte bara använder det synliga ljuset utan även tar med IR-bandet. Den andra gruppen avser *morfologiska egenskaper*. Men olika operationer beräknar man här egenskaper hos plantornas form och gör en klassificering utifrån detta. Det tredje me-

metoden utnyttjar *textur* i bilden. Detta kan göras både på en makronivå (t.ex. hur plantor är belägna i bilden och om det finns ett mönster i detta) eller på mikronivå (t.ex. ytstruktur på bladen).

Bestämning av beståndstäthet i höstvet

Att selektera ut enskilda veteplantor och enskilda skott tedde sig alltför svårt varför vi istället inriktade oss på att bedöma mängden biomassa och relatera denna till antalet skott. Alla tre segmenteringsmetoderna testades. Den som gav bäst resultat var 2G-R-B. Denna trösklar på grönhet i bilden. En nackdel med detta är att en del av plantan inte är grön utan även innehåller andra färger. I samtliga fall utom ett kunde en tröskel sättas och biomassan beräknas.

Bestämning av beståndstäthet i höstraps

Försök gjordes att selektera ut olika plantor m.h.a. morfologiska operationer. Vid kraftigt överlapp kan ett estimat på antalet plantor beräknas utifrån biomassan. Även för höstraps testades alla tre segmenteringsmetoderna. Bästa segmentering mellan planta och mark erhöles med $F = r_m/g_m^A$.

Bestämning av ogräsförekomst i stråså

2G-R-B användes för att särskilja plantmaterial från jord. Angreppssättet var sedan att identifiera raderna och att sedan m.h.a morfologiska operationer försöka selektera ut ogräs från plantor.

Resultat

Beståndstäthet i höstvet

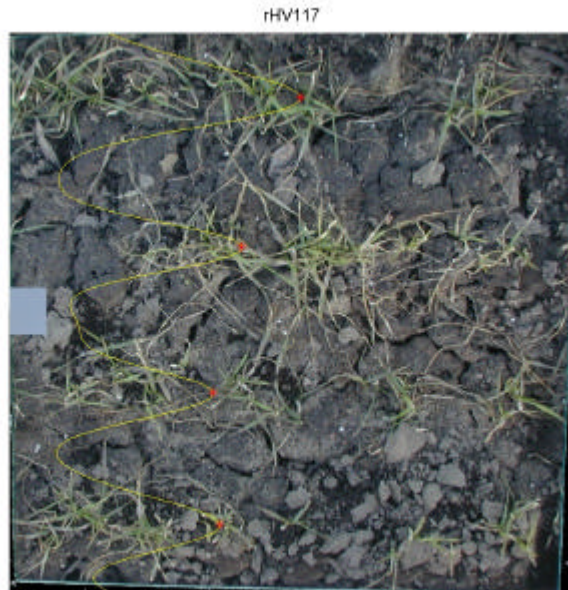
Räkning av skott påvisade stora variationer mellan de olika rutorna (tabell 1). Totala biomassan i bilderna kunde också bestämmas med hjälp av bildanalysen för alla bilder utom en. Ogräsmängden var mycket liten, så bestämd biomassa bör till allra största delen härröra från höstvetplantorna. Där biomassan var låg (plats 3) kunde inte raderna identifieras med hjälp av bildanalys utan bara för plats 1 (figur 1). Skördedata visade att man vid större planttäthet erhöles lägre skörd ($r = -0,38$) men högre proteinhalt ($r = 0,90$). Här bör man ha med i beräkningen att kvävegödsling gjordes efter Yara N-Sensor och att givorna varierade något mellan de olika platserna.

En mätning av höstvetets biomassa med Yara N-Sensor den 8 maj, strax innan stråskjutningen (figur 2), visade liknande mönster som vi såg på fältet den 7 april då skotträkning gjordes. Det kraftigaste beståndet fanns i det sydöstra hörnet och längs med östra kortsidan på fältet (plats 1 och 5). Biomassa uppskattad med Yara N-Sensor korrelerade mycket väl med skottmängden tidigt på våren ($r = 0,92$).

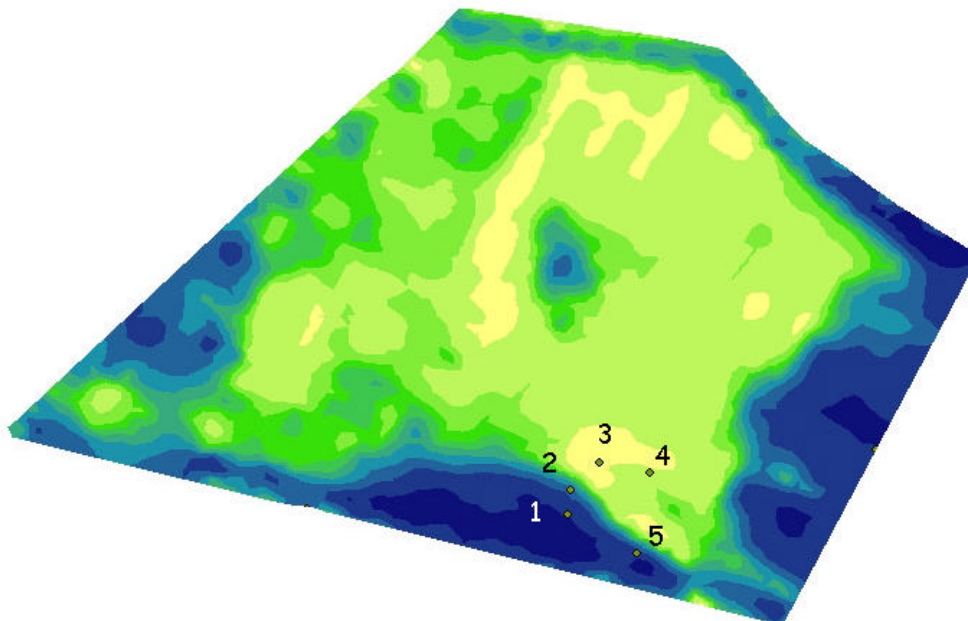
Tabell 1

Skottantal, biomassemängd bestämd med bildanalys av digitala bilder samt kärnskörd och proteinhalt i höstvede.

Plats	Ruta	Skott/m ²	Biomassa bedömd med bildanalys, %	Kärnskörd kg/m ²	Protein % av ts
1	1	696	16,9	467	12,7
	2	600	12,0	518	13
	3	704	15,4	520	12,8
	4	468	11,5	528	13
	<i>Medeltal</i>	<i>617</i>		<i>508</i>	<i>12,9</i>
2	1	212		708	12,3
	2	420		759	12,3
	3	360		599	12,3
	4	360		529	12,8
	<i>Medeltal</i>	<i>338</i>		<i>649</i>	<i>12,4</i>
3	1	200	1,2	629	12,5
	2	232		631	12,6
	3	256	1,4	592	12,5
	4	228	1,0	710	12,4
	<i>Medeltal</i>	<i>229</i>		<i>640</i>	<i>12,5</i>
4	1	220		620	12,5
	2	260		641	12,1
	3	288		571	12
	4	304		624	11,9
	<i>Medeltal</i>	<i>268</i>		<i>614</i>	<i>12,1</i>
5	1	760		680	12,5
	2	584		640	12,1
	3	732		555	11,9
	4	676		639	12,2
	<i>Medeltal</i>	<i>688</i>		<i>628</i>	<i>12,2</i>



Figur 1. Bestämning av radernas position (*) i höstvete med hjälp av bildanalys.



Figur 2. Biomassa mätt med N-sensor den 8 maj (DC 30) i höstvete på Bjertorp 2003. Fem försöksplatser markerade med punkter och siffror 1-5.

Beståndstäthet i höstraps

Stora skillnader i planttäthet mellan de olika platserna registrerades (tabell 2). Eftersom skördedata endast finns som ett gemensamt värde för alla rutor på respektive plats, är det svårt att bedöma sambanden mellan plantantal och skörd. Man kan dock konstatera att medelhög planttäthet gav de högsta fröskördarna. Vid bildanalysen gick

det bara att segmentera bilderna från plats 1 på grund av att plantorna inte var homogena i färg eller i intensitet på plats 3. I de bilder som kunde segmenteras kunde biomassan beräknas (tabell 2). På grund av att plantorna var starkt överlappande kunde inte antalet plantor bestämmas med morfologiska operationer.

Tabell 2

Plantantal, biomassemängd bedömd med bildanalys av digita bilder och fröskörd av höstraps enligt skördekartering

Plats	Ruta	Plantor/m ²	Biomassa bedömd med bildanalys, %	Fröskörd kg/ha
1	1	92	41	
	2	96	43	
	3	112	43	
	4	100	59	
	<i>Medeltal</i>	<i>100</i>		<i>2110</i>
2	1	32		
	2	56		
	3	52		
	4	40		
	<i>Medeltal</i>	<i>45</i>		<i>2580</i>
3	1	32		
	2	36		
	3	36		
	4	20		
	<i>Medeltal</i>	<i>31</i>		<i>1880</i>
4	1	60		
	2	68		
	3	52		
	4	52		
	<i>Medeltal</i>	<i>58</i>		<i>2480</i>
5	1	56		
	2	40		
	3	56		
	4	64		
	<i>Medeltal</i>	<i>54</i>		<i>2220</i>

Ogräsförekomst i stråsäd

Ogräsflora och ogrästäthet varierade mycket mellan de olika platserna (tabell 3). Raderna var tydliga och enkla att bestämma med bildanalys (figur 3). Eftersom ogräset var starkt sammanväxt med grödan kunde inte ogräset på ett enkelt sätt separeras från grödan. Inte heller skiljde sig ogräset i färg så att segmentering mellan ogräs och gröda kunde göras baserat på spektral information. Totalbiomassan kunde dock bestämmas (tabell 3) och det var också möjligt att uppskatta mängden ogräs som växer mellan raderna eftersom raderna kunde identifieras. Korrelationen mellan totalantalet ogräsplantor per m² och ogräsbiomassa mellan raderna bestämd med bildanalys var 0,92 för bilderna med havregröda, men betydligt sämre för korngröda (0,39).

Tabell 3

Resultat från räkning av ogräs och bildbehandling av digitala bilder av vårsäd med olika ogräsmängder. På platserna 1-7 var stråsädesgrödan havre och platserna 8-11 var det korn.

Ogräsräkning, antal/m ²										Bildanalys	
Plats	raps	åker- binda	åker- viol	jord- rök	tramp- ört	svin- målla	våtarv	balders- brå	Summa	Biomassa i rader, % av bild	Biomassa mellan rader, % av bild
1	60					16			76	19,8	4,7
2	100					40	8		148	45,2	10,1
3	24					56	12		92	33,2	8,1
4	16				8	32			56	26,2	2,2
5	16					32			48	19,2	2,0
6	20	4				20			44	27,6	4,1
7	4	12		24			4		44	20,6	1,4
8		60	160						220	34,3	6,6
9		220	200						420	41,3	6,1
10	4	12				8	12	60	96	36,0	7,0
11					56				56	23,1	3,1

Ogräs9



Figur 3. Bestämning av radernas position (*) i vårsäd med hjälp bildanalys.

Diskussion och slutsats

När det gäller höstvet kunde man konstatera att skottantalet tidigt på våren (8/4) stämde väl överens med biomassan bestämd med bildanalys. Ungefär samma mönster kunde dock också iakttas vid scanning med hjälp av Yara N-Sensor. Yara N-Sensor ger en god uppskattning av grödans biomassa om inte ogräsmängden är för stor. I dessa fall bör Yara N-Sensor vara att fördras, då bedömningen sker utan omfattande bildbehandlingsarbete. En tidig N-Sensorgödsling då man enbart tillför kväve där biomassan ligger under ett visst tröskelvärde skulle då vara möjlig.

Antalet skott på våren verkade vara negativt korrelerat med skörd enligt denna undersökning, medan ett tydligare positivt samband mellan antalet skott och proteinhalten förelåg. Skottantalet påverkas till stor del av jordarten genom att lättare jord gynnar bestockningen. I vårt arbete visade det sig också att på platser med högt skottantal var jorden lättare (lågt K-HCl-värde) än på platser med lågt skottantal.

Att högt skottantal sammanföll med lättare jord och därmed sämre bördighet ledde troligen till det negativa sambandet mellan skottantal och skörd. På dessa platser medförde sannolikt kombinationen stort skottantal och sämre bördighet små kärnor och därmed hög proteinhalt.

För höstraps görs enligt allmän praxis en tidig uppskattning av plantantalet för att vid utvint-ringsskador bedöma om beståndet bör vara kvar. Resultaten från det undersökta fältet visar att det både vid tunnare och tätare bestånd erhöles lägre skörd än vid ett mer optimalt mellanläge. I denna undersökning kunde vi dock inte tydligt visa att bildanalys är ett lämpligt redskap för att bedöma detta. Spörsmålet om bildanalys av digitala bilder eller N-Sensor-scanning är det lämpligaste redskapet, bör studeras noggrannare i fortsatta studier.

När det gäller ogräs påvisade bildanalysen intressanta möjligheter genom att raderna kunde identifieras och därmed har första steget mot att kunna separera gröda och ogräs tagits. I detta fall bör bildanalysen kunna ge betydligt mer information än en uppskattning av biomassan med hjälp av Yara N-Sensor, då ogräs och gröda definitivt behöver separeras. En god korrelation mellan antalet ogräsplantor och bildanalysens uppskattning av biomassan mellan raderna erhöles för de bilder som tagits i havregröda. En orsak till att sambandet var bra var att ogräsfloran och ogräsplantornas storlek var någorlunda lika på dessa platser.

Bildanalysen kan på flera sätt utvecklas så att den kan ge mer information än vad som hanns med i detta orienterande arbete, och nedan ges en översikt över dessa möjligheter.

Segmentering och färgrepresentation.

Det största problemet var att åstadkomma en bra segmentering av bilderna, dvs. försöka skilja mark från plantmaterial. Detta gäller både höstraps och höstvet. De enkla endimensionella trösklingarna var inte tillräckliga för att erhålla en perfekt segmentering. Ogräsbilderna var dock enkla att segmentera. En flerdimensionell tröskling, där man selekterar på fler färger, är nog en mer framkomlig väg liksom att använda en annan färgrymd. Hemming och Rath (2001) har använt en tredimensionell tröskling med HSI färgrepresentation med gott resultat. Ett annat alternativ är att även använda IR-bandet som ger bättre kontrast mellan plantmaterial och mark, eller spektrometer för segmentering av planta/ogräs (Borregaard m.fl., 2000).

Detektering av rader

Att använda sig av plantgeometri förbättrar avsevärt möjligheten att korrekt identifiera planter. Om geometrin var känd för raps skulle man kunna använda metoder föreslagna av Onyango och Marchant (2003).

Identifiering av gröda och ogräs

Gemensamt för flera av bilderna var att det är en stark överlappning mellan plantorna. Eftersom radernas positioner kan bestämmas finns det dock möjligheter att bedöma ogrästrycket mellan raderna på statistisk väg (Pedersen, 2001), men det kräver ett större bildunderlag. För att komma längre behöver man utveckla metoder som inte är beroende av att hela plantan är intakt för att denna skall kunna identifieras. Bra egenskaper är då om plantorna har olika spektral sammansättning eller om de har olika textur (både på bladnivå och plantpositionsnivå).

För stråsäd skulle ett mått på antalet skott vara antalet bladspetsar man kan finna i bilden och för raps identifiering av plantcentra. Genom att studera linjär symmetri i bilden (Bigün m. fl., 1997) kan det vara möjligt att hitta dessa egenskaper. Detta bör dock undersökas närmare.

Referenser

Bigün, J. & Granlund, G.H. 1987. Optimal orientation detection of linear symmetry”, In Proceedings ICCV’87, London 1987, pp. 433-438, IEEE Computer Society Press, Los Alamitos.

Borregaard, T., Nielsen, H., Nørgaard, L. & Have, H. 2000. Crop-weed Discrimination by Line Imaging Spectroscopy, *Journal of Agricultural Engineering Research*, Volume 75, Issue 4, pp. 389-400

Cheng, H.D., Jiang, X.H., Sun, Y. & Jingli Wang, 2001. Color image segmentation: advances and prospects, *Pattern Recognition*, Volume 34, Issue 12, pp. 2259-2281

Gerhards, R. & Sökefeld, M. 2003. Precision farming in weed control – system components economic benefits. Proc. 4th European Conference on Precision Agriculture, Stafford, J and Werner, A (eds). Wageningen Academic Publishers, Wageningen, the Netherlands. pp. 229-234.

Hemming, J. & Rath, T. 2001. Computer-Vision-based Weed Identification under Field Conditions using Controlled Lighting, *Journal of Agricultural Engineering Research*, Volume 78, Issue 3, pp. 233-243

Lee, W. S., Slaughter, D.C. & Giles, D.K. 1999. Robotic Weed Control System for Tomatoes, *Precision Agriculture* 1(1), pp. 95-113.

Marchant, J.A., Onyango, C.M. 2000. Shadow-invariant classification for scenes illuminated by daylight. *J. Opt. Soc. Am. A*. 17(11), pp. 1952 – 1961.

Onyango, C.M. & Marchant, J.A. 2003. Segmentation of row crop plants from weeds using colour and morphology. *Computers and Electronics in Agriculture* 39(3), pp. 145-155.

Pedersen, B.B. 2001. Weed density estimation from digital images in spring barley. The Royal Veterinary and Agricultural University, Denmark.

Pérez, A.J., López, F., Benlloch, J.V. & Christensen, S. 2000. Colour and shape analysis techniques for weed detection in cereal fields. *Computers and Electronics in Agriculture* 25, pp. 197-212.

Rew, L.J., Cussans, G.W., Mugglestone, M.A. & Miller, P.C.H. 1996. A technique for surveying spatial distribution of *Elymus repens* L. and *Cirium arvense* L. in cereal fields and estimates of the potential reduction in herbicide use for patch spraying” *Weed Research* 283 – 292.

Åstrand, B. & Baerveldt, J-A. 2001. Vision based perception for an agricultural mobile robot mechanical weed control. Proc. of Eurobot01, Lund, Sweden, Sept. 19-21 2001, pp. 139-146.

Förteckning över rapporter utgivna av Avdelningen för precisionsodling i serien *Precisionsodling Sverige, Tekniska rapporter*:

1. Nyberg, A., Börjesson, T. och Gustavsson, A-M., 2004. Bildanalys för bedömning av klöverandel i vallar – Utvärdering av TrefoilAnalysis
2. Börjesson, T., Åstrand, B., Engström, L. och Lindén B, 2005. Bildanaly för att beskriva beståndstatus I höstraps och höstvetete och ogräsförekomst I vårsäd

AGROVÄST-projektet *Precisionsodling Sverige* syftar till att utveckla och tillämpa användbara metoder inom precisionsodlingen till nytta för det praktiska jordbruket.

I projektet arbetas med precisionsodling i form av utvärdering och tolkning av samt teknik för markkartering, kalkning, gödsling, bestämning av mark- och grödegenskaper, växtskydd samt miljöeffekter av precisionsodling.

Projektet genomförs i ett samarbete mellan bl.a. Svenska Lantmännen, Sveriges lantbruksuniversitet (SLU), Svalöf Weibull AB, Yara AB, hushållningssällskap, Nordkalk AB och Institutet för jordbruks- och miljöteknik (JTI).

Distribution:

Sveriges lantbruksuniversitet
Avdelningen för precisionsodling
Box 234
532 23 Skara
Tel. 0511-670 00

Internet: <http://po-mv.slu.se>
<http://www.agrovast.se/precision>