



Optimal justering af harvens aggressivitet i forhold til afgrøde og ukrudt stiller krav til automation og beslutningsstøttemodeller.

På vej mod den intelligente ukrudtsharve

En ukrudtsharve, der automatisk indstiller sig efter bekæmpelsesbehovet, er ikke længere en urealistisk fremtidsdrøm. Teknikken eksisterer, og om ganske få år vil vi se den brugt i forbindelse med marksprøjter. I de senere år har vi arbejdet på at udvikle de beslutningsstøttemodeller, som den automatiske harve skal bruge, og vi har udviklet et billedbehandlingsprogram, som bruges til at bestemme harvningens umiddelbare effekt på afgrøden. Programmet har flere anvendelsesmuligheder og kan bruges af alle.

Visionen

Vores langsigtede vision er en intelligent ukrudtsharve, der selv kan beregne og udføre den optimale harveaggressivitet på grundlag af løbende registreringer

af afgrøde og ukrudt. For at harven fungerer, må 3 forudsætninger være opfyldt: 1) Afgrøde og ukrudt kan registreres automatisk, 2) den optimale harveaggressivitet kan beregnes på grundlag

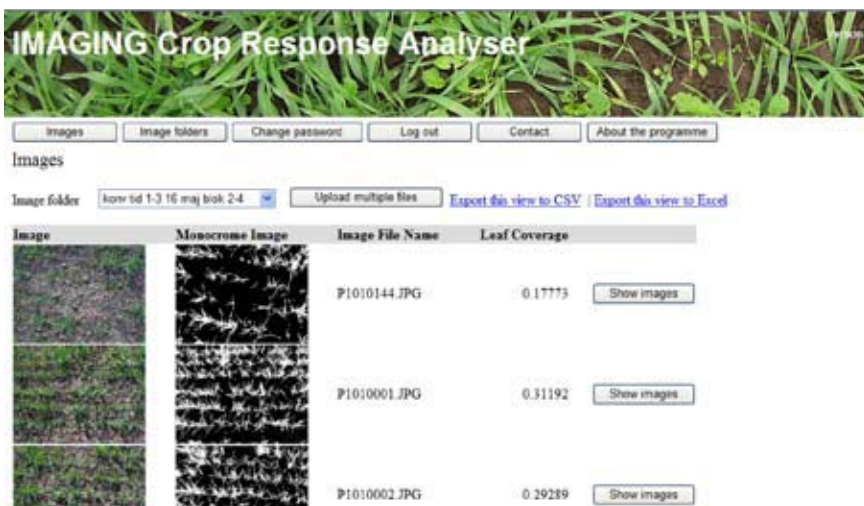
af registreringerne og 3) og justering af harven kan foretages på grundlag af beregningerne. Dette skal foregå under fremkørsel, altså i det vi kalder 'real time'.

Realiteterne

Realiteterne er, at man er kommet langt med hensyn til automatisk registrering af afgrøde og ukrudt ved hjælp af sensorer og billedbehandling (Weis *et al.*, 2008), at man kan justere harvers aggressivitet i forhold til løbende registreringer



Automatisk kortlægning af afgrøde og ukrudt ved hjælp af sensorer, billedbehandling og GPS (til venstre) og manuel optælling af ukrudt (til højre).



Billedbehandlingsprogrammet bestemmer afgrødedække (leaf coverage) ved upload af billeder på www.imaging-crops.dk.

i marken (Søgaard, 1998), og at man i hovedtræk har styr på beslutningsstøttemodellerne (Rasmussen, 2009). Realiteterne er dog også, at der endnu skal foretages en del udviklingsarbejde før delkomponenterne kan bringes sammen og fungere i praksis.

Beslutningsstøttemodeller

Mens vi venter på at den automatiske registrering af afgrøde og ukrudt bliver færdigudviklet, arbejder vi på beslut-

ningsstøttemodellerne. Beregningsprogrammet, som skal justere harvens aggressivitet, indeholder to slags parametre:

1. nogle der bestemmes i marken samtidig med harvningen, de såkaldte selektivitetsparametre, der anvendes til at sammenholde afgrødens og ukrudtets umiddelbare reaktioner på harvning (Rasmussen *et al.*, 2008) og
2. nogle der forudsættes kendt på for-

hånd, de såkaldte genvækst- og konkurrenceparametre, der anvendes til at forudsige udbyttet ved forskellige harveaggressiviteter.

I de senere år har vi udviklet procedurer til bestemmelse af parametrene, og vi er færdige med proceduren til beregning og test af selektivitetsparametrene (Rasmussen *et al.*, 2008) og en procedure til bestemmelse af afgrødens genvækstparametre vil blive publiceret i løbet af 2009. Ukrudtets genvækst- og konkurrenceparametre ser umiddelbart ud til at være de mest komplicerede parametre at bestemme, da de er meget vækstafhængige.

Automatisk registrering af ukrudt og afgrøde

Selvom der findes gode automatiske registreringssystemer, som både kan registrere ukrudt og afgrøde, er det vanskeligt at måle (*sv.mäta*) harvningens effekter på afgrøde og ukrudt samtidig med harvningen. På universitetet i Hohenheim, hvor der arbejdes med automatisk registrering af afgrøde og ukrudt (Weis *et al.*, 2008), har man valgt at kortlægge

(sv. *kartlægga*) ukrudt og afgrøde samt den optimale harveaggressivitet før selve harvningen. Den foretages derefter på grundlag af markkort.

Det automatiske registreringsudstyr består af tre bi-spektrale digitale kameraer, som hver især måler planternes refleksion af lys i det røde og nær-infrarøde spektrum, og et avanceret billedbehandlingsprogram, som kan adskille afgrøde og ukrudt samt bestemme de vigtigste ukrudtsarter (Weis & Gerhards, 2007). I 2008 blev udstyret anvendt i danske forsøg med ukrudtsharvning på KU-LIFE, hvor det blandt andet var muligt at sammenligne de automatiske registreringer med de registreringsmetoder, som vi normalt anvender. Nemlig afgrødetildækning bestemt ved hjælp af billedbehandling og bekæmpelseeffekt bestemt ved hjælp af optællinger (sv. *sammanräkning*).

Billedbehandlingsprogrammet

Vi har selv udviklet et billedbehandlingsprogram, så vi kan bestemme harvningens tildækning af afgrøden uden avanceret udstyr (Rasmussen *et al.*, 2007). Der kræves blot et almindeligt digital kamera og en computer med internetadgang. Programmet har været en forudsætning for vores arbejde med beslutningsstøttemodellerne, og det er nu lagt ud på internettet, så det frit kan anvendes (www.imaging-crops.dk).

Billedbehandlingsprogrammet foretager ingen differentiering mellem ukrudt og afgrøde, og kan derfor kun anvendes til at bestemme afgrødetildækning ved ukrudtsharvning, hvis ukrudtet udgør en ringe del af plantetækket (< 10 %). Dette anser vi ikke som noget større problem, da vi har erfaret, at ukrudtsharvning i korn (sv. *spannmål*) sjældent (sv. *sällan*) vil være effektiv, hvis ukrudtet udgør mere end 10 % af det samlede plantetække.

Succeskriterier

Beregning af den optimale harveaggressivitet vil altid være forbundet med en betydelig usikkerhed. Succeskriterierne for den intelligente ukrudtsharve vil derfor ikke være korrekte indstillinger af harven, men indstillinger som er bedre end dem som anvendes i dag. ■

Jesper Rasmussen & Michael Nørremark
E-post: jer@life.ku.dk,
Michael.Norremark@agrsci.dk

Jesper Rasmussen er lektor ved Institut for Jordbrug og Miljø, Københavns Universitet (KU-LIFE). Han forsker blandt andet i mekanisk ukrudtsbekæmpelse og har lang erfaring med ukrudtsharvning.

Michael Nørremark er forsker ved Institut for Jordbrugsteknik, Aarhus Universitet. Han forsker i automationsteknologier til planteproduktion.

Litteratur

- Rasmussen, J. 2009. Ukrudtsharvning - mod et mere nuanceret vejledningsgrundlag. Sammendrag af Plantekongres 2009, Herning Kongrescenter, 13.-14. januar, 286-288 (<http://orgprints.org/15202/>)
- Rasmussen J., Nørremark M. & Bibby B.M. 2007. Assessment of leaf cover and crop soil cover in weed harrowing research using digital images. *Weed Research* 47, 299-310
- Rasmussen J., Bibby B. & Schou A.P. 2008. Investigating the selectivity of weed harrowing with new methods. *Weed Research* 48, 523-532
- Søgaard, H.T. 1998. Automatic control of a finger weeder with respect to the harrowing intensity at varying soil structures. *Journal of Agricultural Engineering Research*, 70, 157-163
- Weis M., Gutjahr C., Ayala V.R., Gerhards R., Ritter C. & Schölderle F. 2008. Precision farming for weed management: techniques. *Gesunde Pflanzen* 60,171-181
- Weis M., Gerhards R. 2007. Feature extraction for the identification of weed species in digital images for the purpose of site-specific weed control. In: Stafford J (ed.) *Precision agriculture '07*, Volume 6, The Netherlands, pp. 537-545. 6th European Conference on Precision Agriculture (ECPA): Wageningen Academic Publishers.
-