



Fødevareministeriet

**Vedrørende ” Notat om muligheder og begrænsninger ved billed-
behandling til opgørelse og kontrol af mellem- og efterafgrøder”**

Susanne Elmholt

Koordinator for
myndighedsrådgivning

Dato: 3. september 2011

Direkte tlf.: 8999 1858
E-mail:
Susanne.Elmholt@agrsci.dk

Afs. CVR-nr.: 57607556

Side 1/1

Nærværende notat er udarbejdet som led i ”Aftale mellem Aarhus Universitet og Fødevareministeriet om udførelse af forskningsbaseret myndighedsbetjening m.v. på Det Jordbrugsvidenskabelige Fakultet 2011-2014” (Punkt 1.13 i aftalens Bilag 2).

Notatet er udarbejdet af seniorforsker Elly Møller Hansen, seniorforsker Ingrid Kaag Thomsen, begge Institut for Agroøkologi, samt adjunkt Michael Nørremark, Institut for Ingeniørvidenskab.

Med venlig hilsen

Susanne Elmholt
Seniorforsker, Koordinator for myndighedsrådgivning

Notat om muligheder og begrænsninger ved billedbehandling til opgørelse og kontrol af mellem- og efterafgrøder

Elly Møller Hansen¹, Ingrid K. Thomsen¹ og Michael Nørremark²

¹ Institut for Agroøkologi, Aarhus Universitet.

² Institut for Ingeniørvidenskab, Aarhus Universitet.

Ifølge Bekendtgørelse nr. 928 (Fødevareministeriet, 2010) skal efterafgrøder etableres efter normale driftsmæssige principper med henblik på en effektiv kvælstofoptagelse i efteråret.

Plantedirektoratet (PD) vurderer etableringen af de lovpligtige efterafgrøder ved kontrolbesøg. Formålet med kontrollen er ”at sikre overholdelse af gødningslovgivningens krav, og herigennem begrænse udvaskningen af kvælstof og dermed sikre en miljømæssigt mere bæredygtig udvikling i jordbruget.” (Plantedirektoratet, 2010).

Efterafgrøder kan etableres som 1) udlæg af græs, korsblomstrede afgrøder og cikorie, 2) korn og græs sået før eller efter høst, dog senest 1. august og 3) korsblomstrede afgrøder sået før eller efter høst, dog senest 20. august (Fødevareministeriet, 2010).

Mellemafgrøder (olieræddike eller gul sennep) er i princippet efterafgrøder, der etableres før dyrkning af vintersæd. Mellemafgrøder skal være udsået senest den 20. juli og må tidligst nedmuldes den 20. september, og de kan helt eller delvist erstatte pligtige efterafgrøder (Fødevareministeriet, 2010). En hektar efterafgrøder kan således erstattes af to hektar mellemafgrøder. I det følgende skelnes der ikke mellem efterafgrøder og mellemafgrøder.

Forudsætningen for at en efterafgrøde på en given mark kan reducere kvælstofudvaskningen effektivt er, at efterafgrødeplanterne er ensartet fordelt på marken. Planterne skal desuden være etableret med en tilpas lav indbyrdes afstand, dvs. have et tilpas plantetal (antal planter pr. m²). For en given mark ville et repræsentativt plantetal kunne danne baggrund for at vurdere efterafgrødernes mulighed for at reducere udvaskningen effektivt. Men dels kendes det optimale plantetal for forskellige efterafgrøder ikke, dels vil det være tidskrævende at bestemme plantetallet manuelt ved efterafgrødekontrol.

Ved PD's kontrolbesøg gives der pt. karakter for efterafgrødernes dækning af jorden (tabel 1). Tidligere har der været benyttet en mere detaljeret karakterskala (tabel 2).

Hovedparten af kontrolbesøgene gennemføres i perioden 1. september til 19. oktober, hvorefter efterafgrøder må destrueres efter alle andre afgrøder end majs (Plantedirektoratet, 2010). Da etablering af efterafgrøder skal ske efter normale driftsmæssige principper, betyder det, at der ikke må anvendes spildfrø som udsæd (Plantedirektoratet, 2010).

Tabel 1. Anvendte karakterer for efterafgrødens dækning gældende fra 2010. Skalaen refererer til den andel af jordoverfladen, der visuelt bedømt er dækket af efterafgrøde (Plantedirektoratet, 2010).

Karakter	Dækning
1	Ikke fremspiret
2	Efterafgrøde underkendt
3	Efterafgrøde veludviklet

Tabel 2. Karakterer for efterafgrødens dækning anvendt indtil 2010. Skalaen refererer til den andel af jordoverfladen, der visuelt bedømt er dækket af efterafgrøde (Plantedirektoratet, 2009).

Karakter	Dækning
1	Ikke fremspiret
2	1-20 %
3	21-40 %
4	41-70 %
5	71-100 %

Dækningsgrad

Der findes ikke undersøgelser over, hvor stor en dækning af jordoverfladen forskellige efterafgrøder skal præstere for at have en effektiv kvælstofoptagelse i efteråret. Planternes udvikling og dermed dækning af jorden afhænger af flere forhold: fremspiringstidspunkt (der afhænger af såtidspunkt og vejrforhold efter såning), plantetilgængeligt kvælstof i jorden (der afhænger af forfrugt og dyrkningshistorie), konkurrence fra spildfrø/ukrudt og art af efterafgrøde.

Forskellige arter af efterafgrøder kan have forskellige forhold mellem rod og top (Andersen og Olesen, 1994). Arter med stor top i forhold til rod syner af mere end planter med stor rod i forhold til top, selvom begge typer efterafgrøder kan have optaget samme totale mængde kvælstof i rod og top. Andersen og Olesen (1994) fandt, at tørstof- og kvælstofindholdet i rødder af foderræddike var signifikant større end i gul sennep og honningurt, mens kvælstofoptagelsen i toppen ikke var forskellig. Efterafgrøders overjordiske produktion er således ikke et entydigt mål for efterafgrøders udvaskningsbegrænsende effekt.

Digital billedbehandling i vinterhvede

Til belysning af muligheder og begrænsninger ved digital billedbehandling ved kontrol af efterafgrøder tages der i dette afsnit udgangspunkt i et tidligere erhvervsfinansieret projekt med vinterhvede (Hansen, 2008; Hansen et al., 2008). Et af formålene med projektet var at finde en

relativt simpel metode til at bestemme kvælstofoptagelse i unge vinterhvedeplanter. En af de undersøgte metoder var måling af planternes dækningsgrad ud fra digital billedbehandling. Dækningsgraden er et mål for planternes grønne plantemasse. Den digitale fotografering blev foretaget med et Canon EOS 350 D digitalt kamera. Kameraet var monteret i ca. 130 cm højde på et metalstativ, beklædt med hvidt lærred for at opnå difust lys og dermed undgå skygge og stærk belysning af billederne. Billedernes opløsning var 3456 x 2304 pixels, og hvert billede dækkede ca. 0,36 x 0,24 m på jordoverfladen, dvs. ca. 0,09 m². Metoden blev sammenlignet med planteprøver, afklippet på det fotograferede areal og analyseret for kvælstof i laboratorium. I forsøget indgik ti vinterhvedesorter sået i observationsparceller på 15 lokaliteter. På alle lokaliteter var fremspiring af ukrudt i hvedeparcellerne meget begrænset.

Ved den digitale billedbehandling blev beregnet dækningsgrad af grønne pixels i hele billedet, hvilket svarer til de hvide områder på de sort-hvide billeder i figur 1. Dækningsgraden blev beregnet som andel af hvide pixels i forhold til det totale antal pixels. Den digitale billedbehandling blev foretaget af Preben Klarskov Hansen, AU/Flakkebjerg. Måling af planternes dækningsgrad (figur 2) viste en retlinet sammenhæng med kvælstofoptagelsen ved de lavere kvælstofoptagelser, mens en stor kvælstofoptagelse ved Refsvindinge ikke kom til udtryk i en større dækningsgrad. At data ikke fulgte en ret linje ved den højeste kvælstofoptagelse kan skyldes, at der ved en stor kvælstofoptagelse vil være en stor bladmasse, hvorfor en del blade vil være delvist skjult af andre blade. Disse blade "ses" derfor ikke på det sort-hvide billede og indgår derfor ikke i den beregnede dækningsgrad.

Digital billedbehandling i efterafgrøde

Ved vurdering af resultaterne, der er beskrevet ovenfor for vinterhvede, skal det tages i betragtning, at det ved efterafgrødekontrol ikke drejer sig om at estimere kvælstofoptagelsen i overjordisk plantemateriale, men blot om at opnå et mål for efterafgrødens dækning af jorden. Det vurderes derfor, at den manglende retlinjede sammenhæng ved høj kvælstofoptagelse i vinterhvede (nævnt ovenfor) ikke vil have betydning for benyttelsen af digital billedbehandling til kontrol af mellem- og efterafgrøder.

Digital billedbehandling vurderes derfor til at give et rimeligt præcist estimat for dækningsgrader af mellem- og efterafgrøder. Imidlertid vil plantedækket af efterafgrøder ofte variere meget på en given mark, og da det areal, der bestemmes dækningsgrad for, er forholdsvist lille, vil der skulle foretages mange bestemmelser af dækningsgrad for at opnå en repræsentativ gennemsnitlig værdi.

Ved den metode, der blev benyttet i hvedeforsøget, bestemmes dækningsgraden af alt grønt plantemateriale, dvs. både hvedeplanter og eventuelle ukrudtsplanter. I sin nuværende form kan metoden således ikke skelne mellem efterafgrøde og ukrudt/spildkorn, hvilket PD hidtil har gjort ved visuelle bedømmelser.

Da dækningsgraden af en efterafgrøde på et givent areal ændres over tid i takt med at efterafgrøden vokser, er den målte værdi afhængig af måletidspunktet. Ved måling på et tidligt tidspunkt i efteråret kan dækningsgraden ikke bruges til at vurdere, om der er tilstrækkeligt med efterafgrødeplanter til, at efterafgrøden i løbet af efteråret kan udvikle sig tilstrækkeligt. Bedømmelser af efterafgrøders dækningsgrad kompliceres derfor af, at bedømmelserne ikke alle steder kan udføres den 19. oktober, dvs. dagen før det er tilladt at destruere lovpligtige efterafgrøder, men må finde sted over en periode fra 1. september.

Det er ligeledes ikke muligt at vurdere, om en ringe dækningsgrad på et sent tidspunkt kan skyldes, at der ikke har været tilstrækkeligt med plantetilgængeligt kvælstof i jorden til, at efterafgrøden har kunnet opnå en høj dækningsgrad.

Billedbehandlingsprogrammer

Billedbehandlingsprogrammet, som blev benyttet i forsøget med vinterhvede, er ikke offentligt tilgængeligt. På internettet findes et on-line billedbehandlingsprogram (www.imaging-crops.dk), som på tilsvarende måde kan beregne dækningsgrad af grønt plantemateriale. Programmet er frit tilgængeligt, når man har fået tilsendt en kode fra programmets ophavsmænd, hvis mailadresse fremgår af programmets internetside. Programmet skelner ikke mellem, hvilke arter af planter der indgår i bestemmelsen. Billederne kan tages med et almindeligt digitalt kamera (som f.eks. i en mobiltelefon eller GPS håndterminal) og efterfølgende overføres til internettet. Hvis der tages billeder af unge planter med tynde blade, må billederne ikke være taget ved en kombination af skarpt sollys og lavtstående sol, idet tynde blade derved kan gennemlyses og danne et grønt skær på jordoverfladen, hvorved der opstår fejl i den beregnede dækningsgrad (Rasmussen et al., 2007). On-line billedbehandlingsprogrammet er uafhængigt af billedfeltets størrelse.

Billedtagningsmetoder

Den ofte store variation i plantedækket af efterafgrøder og det relativt lille areal, der fotograferes med et almindeligt kamera er, som tidligere nævnt, en ulempe for benyttelsen af digital billedbehandling ved efterafgrødekontrol. Hvis der automatisk kunne tages mange billeder fordelt over hele marken, eller hvis billederne kunne tages i større højde og dermed dække en større del af marken, ville det være lettere at opnå en repræsentativ gennemsnitlig værdi.

En metode til at opnå mange billeder fordelt over marken er at montere automatiske kameraer på køretøjer eller fjernstyrede helikoptere. Dette er i dag muligt. Kameraerne kan indstilles til at tage mange billeder pr. sekund, og billederne kan billedbehandles på samme måde, som andre digitale billeder.

En metode til at opnå billeder fra stor højde er at udnytte satellitter. Det er i dag muligt at købe digitale satellit-billeder fra satellitter, der er i kredsløb om jorden og som måler refleksion i nærinfrarød spektret (NIR) (Broge et al., 2002). Satelliternes måling af vegetationens refleksion i NIR spektret kan kobles direkte til beregning af dækningsgrad af grønt plantemateriale.

Opmåling af hele Danmark vil i princippet kunne lade sig gøre i løbet af nogle få dage, men metoden kræver, at der ikke er overskyet, når satellitten passerer henover Danmark. Billedfeltets størrelse varierer mellem de forskellige satellitter, med 4 m som bedste opløsning (Broge et al., 2002).

Ukrudt og spildfrø

Ingen af ovenfor nævnte metoder giver mulighed for at skelne ukrudt og spildfrø fra efterafgrøder med almindeligt tilgængelige billedbehandlingsprogrammer. Til forskning i ukrudtsbekæmpelse findes der avancerede billedbehandlingsprogrammer, der kan skelne visse ukrudtsarter på kimbladstadiet fra visse afgrøder. Et system, som har været under udvikling i Tyskland, anvender to digitale kameraer, hvoraf det ene måler NIR-reflektion (Weis & Gerhards, 2007). Systemet kræver et køretøj for at kunne anvendes i marken. Systemet afprøves for nuværende af forskere på KU/LIFE. Plantegenkendelsesproceduren foregår ved, at en computer finder nogle specielle kendetegn (features) for de forskellige arter, og på den måde adskiller arterne. Systemet er velfungerende med hensyn til at skelne mellem græsser og tokimbladede arter, og det kan i nogen grad også genkende enkelte afgrøde- og ukrudtsarter (Weis & Gerhards, 2007).

Ved AU (Institut for Ingeniørvidenskab) og Syddansk Universitet (SDU/TEK) har flere års forskning ført til to forskellige plantegenkendelsessystemer, begge baseret på almindelige digitale farvebilleder. Systemet adskiller sig derved fra det tyske system. Baseret på algoritmerne bag det tyske system er SDU/TEK gået skridtet videre og har identificeret mange flere features, som har betydning for en robust plantegenkendelse (Midtiby et al., 2010).

Ved AU (Institut for Ingeniørvidenskab) har man udviklet et integreret system, bestående af et 'smart' kamera og software, som genkender planter på baggrund af deres morfologiske kendetegn i løbet af 1/10 sekund (Nørremark, 2010). Systemet kræver en pre-installering af en database over arternes divergens, men derefter er systemet operationelt for flere plantearter, som vist i tidligere studier (Søgaard, 2005).

Softwarekomponenterne fra AU og SDU kan integreres med www.imaging-crops.dk, men det vil kræve videreudvikling.


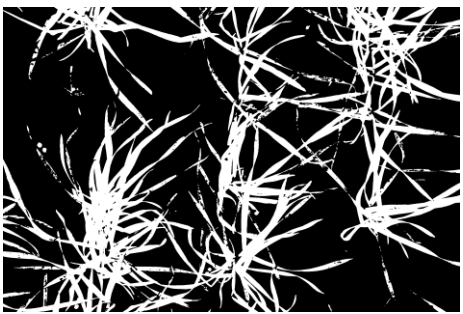

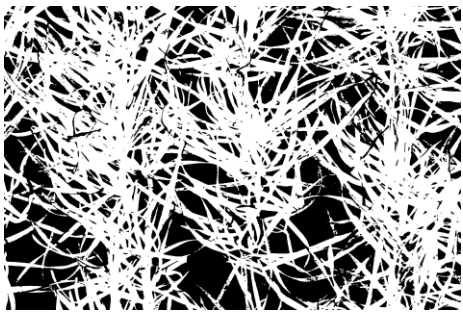

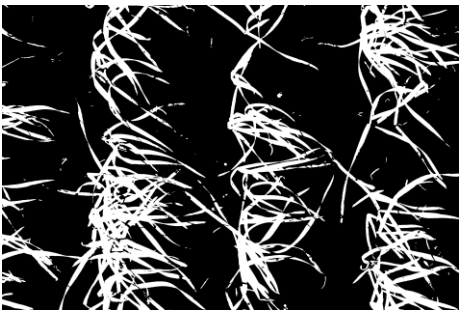
Konklusion

Til kontrol af mellem- og efterafgrøder vurderes offentligt tilgængelige digitale billedbehandlingsprogrammer at kunne give et rimeligt præcist estimat af dækningsgraden af grønt plantemateriale.

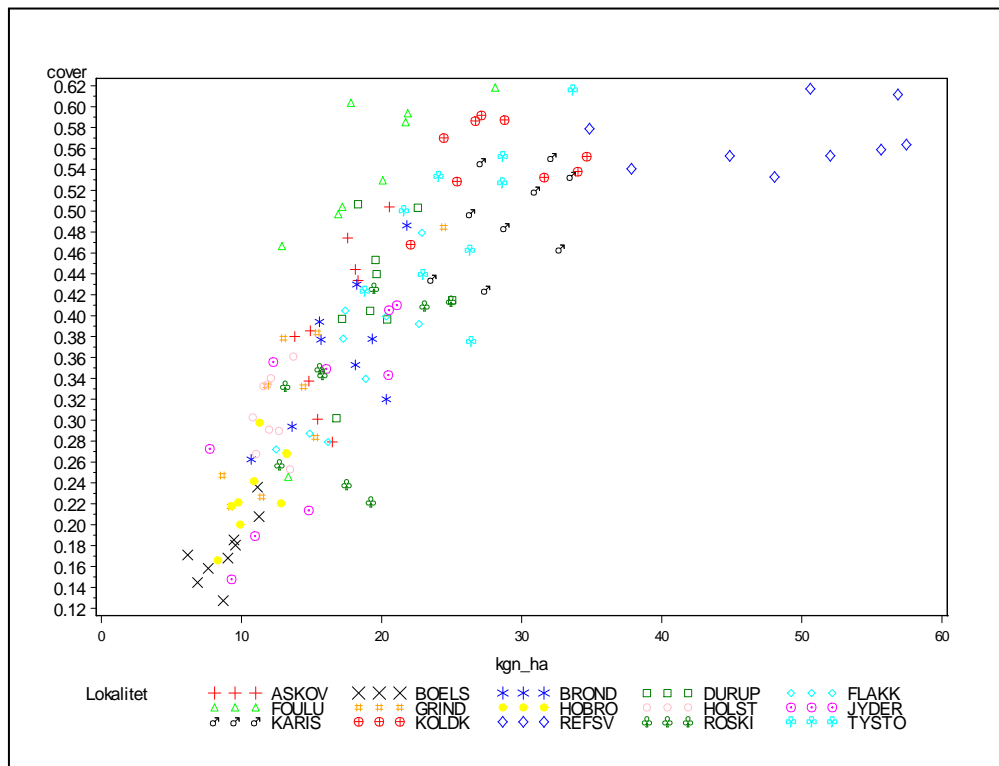
Der er følgende ulemper:

- Der kan p.t. ikke skelnes mellem grønt plantemateriale fra efterafgrøde og ukrudt/spildfrø.
- I de fleste tilfælde vil det kræve mange billeder at opnå et repræsentativt estimat for en hel mark.
- Det er p.t. ikke undersøgt hvor stor en dækninggrad, der er nødvendig for en effektiv kvælstofoptagelse.
- Ved måling på et tidligt tidspunkt i efteråret kan dækningsgraden ikke bruges til at vurdere, om efterafgrøden senere udvikler sig tilstrækkeligt.
- En lav dækningsgrad kan skyldes et lavt indhold af plantetilgængeligt kvælstof i jorden og dermed ringe risiko for udvaskning.

Ved videreudvikling af eksisterende digitale billedbehandlingsprogrammer vil der med en moderat indsats kunne bestemmes arter ud fra digitale billeder.

		<p>Sort: Hereward Lokalitet: Foulum 06. nov. 2006 Dækningsgrad: 0,266</p>
		<p>Sort: Tritex Lokalitet: Koldkærgård 07. nov. 2006 Dækningsgrad: 0,609</p>
		<p>Sort: Tritex Lokalitet: Hobro 07. nov. 2006 Dækningsgrad: 0,226</p>

Figur 1. Digitale billeder af vinterhvede (til venstre) og de same billeder efter digital billedbehandling (til højre) til bestemmelse af dækningsgrad (sort-hvide billeder: Preben Klarskov Hansen).



Figur 2. Dækningsgrad ("cover" på y-aksen) bestemt på baggrund af digitale billeder af vinterhvedesorter på 15 lokaliteter samt deres N-optagelse i overjordisk plantemateriale ("kg N_ha" på x-aksen).

Referencer:

Andersen, A. og Olsen, C.C. (1994). Forskellige kulturplanter anvendt som grøngødning i bygdyrkingen. SP rapport nr. 23.

Broge, N., Andreasen, F.M. & Hansen, O.M. (2002). Remote Sensing i landbruget. Dansk Landbrugsrådgivning, Landscenteret, tilgængelig på internettet: www.lr.dk/planteavl/informationsserier/planteavlsorientering/pl07-428.htm

Fødevarerministeriet (2010). Bekendtgørelse om jordbrugets anvendelse af gødning i planperioden 2010/2011 og om plantedække. <http://retsinformation.w0.dk/Forms/R0710.aspx?id=132531#K6>

Hansen, E.M. (2008). Sorter af vinterhvede og effekt af såtid på kvælstofoptagelse og udbytte. Oversigt over Landsforsøgene, side 245-247.

Hansen, E.M., Thomsen, I.K., Pedersen, A.R. og Hansen, P.K. (2008). Vælg dyrkningsmetoder, som gavner kvælstofforsyningen. Samendrag af indlæg, Plantekongres 2008, 8.-9. januar i Herning Kongrescenter.

Midtiby, H., Giselson, T.M., Jørgensen, R.N. (2010). Independent feature based plant classification. In: Proceedings of the 3rd conference on precision crop protection, September 19 – 21, 2010, Bonn, Germany.

Nørremark, M. (2010). WP3 Field machinery for automatic intra-row weeding in row crops - midterm results and progress. *In: Progress Report 2010 and Application for Continuation in 2011. WEEDS project, J. nr. 3304-FOJO-05-21, Ministry of Food, Agriculture and Fisheries, 15-18.*

Plantedirektoratet (2009). Kontrolinstruks for 2009, Efterafgrøder og Randzoner. Gældende fra 20. august 2009. Ministeriet for Fødevarer, Landbrug og Fiskeri.

Plantedirektoratet (2010). Kontrolinstruks for 2010, Efterafgrøder og Randzoner. Gældende fra 31. august 2010. Ministeriet for Fødevarer, Landbrug og Fiskeri.

Rasmussen, J., Nørremark, M., Bibby, B.M. (2007). Assessment of leaf and crop soil cover in weed harrowing research using digital images. *Weed Research* 47, 299-310.

Søgaard, H.T. (2005). Weed classification by active shape models. *Biosystems Engineering* 91, 271-181

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: Proceedings of the 6th European Conference on Precision Agriculture, June 3-6, Skiathos, Greece, 537-544.