

Notat omkring mulighederne for at bestemme kvælstofoptagelsen i efterafgrøder ved brug af satellitdata

René Gislum, Agroøkologi, Aarhus Universitet. rg@agro.au.dk, tlf. 20542092.

Copernicus er EU's jordobservationsprogram og indeholder blandt andet Sentinel-satellitterne. Der er pt. seks sentinel satellitter og man forventer at opsende yderligere syv i de kommende år (Styrelsen for Dataforsyning og Effektivisering, 2018, sdfe.dk). Satellitter er interessante for Dansk landbrug, da forskellige udenlandske publikationer viser gode muligheder for at anvende satellitbilleder til at bestemme kvælstofoptagelsen i landbrugsafgrøder. Formålet med dette notat er, at skaffe et overblik over de nyeste relevante resultater som er publiceret inden for området, og ud fra disse vurdere, hvilke muligheder vi har for at kvantificere kvælstofoptagelsen i danske efterafgrøder ved brug af satellitdata.

Anvendelsen af spektrale data til at bestemme kvælstof (N) koncentration (procent N i tørstof), N optagelse (kg/ha) eller biomasse (tons tørstof pr. ha) er ikke ny. Håndholdte målemetoder er blandt anvendt af Li et al. (2014), hvorimod Magney et al. (2017), Castaldi et al. (2016) og Söderström et al. (2017) alle anvendte satellitter til at estimere N optagelsen i afgrøder. Både den håndholdte og satellitterne anvender spektrale bånd, som måler afgrødens refleksion i bestemte bølgelængder i enheden nanometer (nm). Bølgelængderne kan opdeles i intervaller for eksempel blå (450-500 nm), grøn (520-565 nm), rød (625-740 nm) og nær-infrarøde (740-2498). Derudover findes 'red-edge' (680-730 nm), som er det område, hvor der sker et hurtigt skift i afgrødens refleksion. Afgrøden har en lav refleksion i det røde område, men denne refleksion stiger kraftigt ved overgangen til det infrarøde område. Hvert bølgeområde er defineret i et interval, og det kan derfor være svært at sammenligne resultater fra forskellige metoder, da de enkelte bølgelængder kan stamme fra forskellige steder i intervallet, og jo mere snævert et interval er, jo dyrere er sensoren. Det er derfor vigtigt, at oplyse både bølgelængden og spredning man har foretaget sin måling i.

Afgrødeindeks er betegnelse for en kombination af forskellige bølgelængder, hvor man anvender afgrødens refleksion korrigeret for indstrålingen i samme bølgelængder. Der findes en række forskellige afgrødeindeks, og mange publikationer har haft som formål at teste, hvilke afgrødeindeks der bedst kunne estimere for eksempel N koncentration, N optagelse og/eller biomasse. Bestemmelsen af N optagelsen kan ske ved at anvende den direkte metode, hvor man udvikler en regressionsmodel, som direkte prædikerer N optagelsen eller den indirekte metode, hvor man først udvikler en regressionsmodel, om prædikerer N koncentrationen og dernæst udvikler en regressionsmodel, som prædikerer biomasse, og efterfølgende multiplicerer de to værdier (N koncentration og biomasse) for at bestemme N optagelsen.

Afgrødens N koncentration bestemmes ud fra afgrødens klorofyl indhold, og afgrødens udvikling har betydning for denne sammenhæng. I afgrødens tidlige vækstfase er der forholdsmæssigt mere N end klorofyl, mens forholdet skifter gennem vækstsæsonen. Man må dog forvente, at det stadig er væsentligt

nemmere at bestemme N koncentrationen ud fra afgrødens refleksion end biomassen, da biomassen ikke har et eller flere specifikke bølgelængder, som ud fra et kemisk synspunkt er relateret til biomassen, hvilket er tilfældet med klorofyl og dermed N koncentrationen.

Magney et al. (2017) konkluderede at 'normalised difference red-edge index' (NDRE) havde en lineær sammenhæng med N optagelsen i vinterhvede ($R^2=0,81$ og $RMSE=15,94$ kg/ha) mens sammenhængen mellem N optagelse og 'normalised difference vegetation index' (NDVI) ikke var lineær på grund af mætning. De konkluderede også, at alle afgrødeindeks som indeholdt et red-edge bånd var lineær korreleret til N optagelse.

Söderström et al. (2017) testede anvendelsen af 'modified soil-adjusted vegetation index' (MSAVI2) som inkludere rød og NIR bølgebånd mod anvendelsen af et afgrødeindeks, som indeholdt et red-edge bølgebånd til bestemmelse af N optagelse i vinterhvede. Konklusionen var, at inklusionen af red-edge-NIR bølgebånd forbedrede modellen og dermed estimeret for N optagelsen i vinterhvede. De konkluderede også, at deres resultater underbyggede resultater fra Reusch (2005), som fandt at et indeks baseret på forskellene i NIR og red-edge bølgeområderne, kan estimere N optagelsen i vinterhvede bedre end MSAVI2.

Li et al. (2014) viste i deres arbejde med en traktorbaseret sensor, at de optimale bølgeområder til at estimere N optagelsen i vinterhvede varierer efter afgrødens vækststadie. De arbejdede med 'nitrogen planar domain index' (NPDI). I den vegetative vækstfase er de optimale bølgelængder 846 (NIR), 738 (red-edge) og 560 (grøn-rød) nm med båndbredde på henholdsvis 37, 13 og 57 nm. De vurderede at alle indeks som indeholder bølgebånd i grønne, red-edge og plateauet i NIR området er egnet til at estimere N optagelsen i vinterhvede. Disse indeks kunne være NDRE, 'red-edge chlorophyll index' ($CI_{red-edge}$), 'green chlorophyll index' (CI_{green}) eller 'green normalized difference vegetation index' (GNDVI).

Castaldi et al. (2016) fandt, at de optimale bølgeområde til bestemmelse af N optagelsen i vinterhvede kerner varierer, og afhænger af afgrødens vækststadie. NIR bølgeområdet var dog vigtigt for alle vækststadie i forsøget.

Hui et al. (2018) testede forskellige afgrødeindeks med det formål, at kvantificere N optagelsen i frøgræsafgrøder ved brug af dronemonteret kamera. De konkluderende at NDRE og CI_{RE} bedre kunne estimere N optagelsen end afgrødeindeks uden red-edge bølgeområdet.

Der synes at være generel enighed om, at red-edge bølgeområdet bør anvendes, når N optagelsen i efterafgrøder bestemmes. Der findes en række forskellige indeks, som anvender red-edge blandt andet NDRE $((R_{NIR}-R_{red-edge})/(R_{NIR}+R_{red-edge}))$ og NPDI $((CI_{red-edge}-CI_{red-edge MIN})/(CI_{red-edge MAX}-CI_{red-edge MIN}))$ hvor $CI_{red-edge}$ beregnes som $((R_{NIR}/R_{red-edge})-1)$. Det bør dog nævnes, at red-edge tidligere har vist større korrelation til N ved et moderat til højt klorofyllindhold, hvilket er i afgrødens senere vækstfaser. Det har ikke været muligt at finde resultater, hvor satellitdata har været anvendt til at estimere N optagelsen i efterafgrøder, men det bør være muligt at overføre resultater fra målinger i vinterhvede i foråret til efterafgrøder i efteråret. Man bør dog validere modellerne ved fysisk at udtage planteklip og analysere disse for N optagelse.

Referencer

Castaldi F, Castrignanò A, Casa R. (2016). A data fusion and spatial data analysis approach for the estimation of wheat grain nitrogen uptake from satellite data. *International Journal of Remote Sensing*, 37:18, 4317-4336. <https://doi.org/10.1080/01431161.2016.1212423>.

Clevers JGPW, Gitelson A. (2013). Using the red-edge bands on Sentinel-2 for retrieving canopy chlorophyll and nitrogen content. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 23, 344-351. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jag.2012.10.008>.

Hui W, Mortensen AK, Mao P, Boelt B, Gislum R. (2018). Estimating nitrogen nutrition index in grass seed crops using a UAV-mounted multispectral camera. Submitted for *International Journal for Remote Sensing*.

Li F, Mistele B, Hu Y, Chen X, Schmidhalter U. (2014). Optimising three-band spectral indices to assess aerial N concentration, N uptake and aboveground biomass of winter wheat remotely in China and Germany. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 92, 112-123. <http://dx.doi.org/10.1016/j.isprsjprs.2014.03.006>.

Magney TS, Eitel JUH, Vierling, LA. (2017). Mapping wheat nitrogen uptake from RapidEye vegetation indices. *Precision Agriculture*, 18, 429-451. <https://doi.org/10.1007/s11119-016-9463-8>.

Reusch S. (2005) Optimum waveband selection for determining the nitrogen uptake in winter wheat by active remote sensing. In: Stafford JV, Werner A, ed. *Precision agriculture '05*. Wageningen: Wageningen Academic Publishers; p. 261-266.

Söderström M, Piikki K, Stenberg M, Stadig H, Martinsson J. (2017). Producing nitrogen (N) uptake maps in winter wheat by combining proximal crop measurements with Sentinel-2 and DMC satellite images in a decision support system for farmers. *Acta Agriculturae Scandinavica, Section B – Soil & Plant Science*. 67:7, 637-650, <https://doi.org/10.1080/09064710.2017.1324044>.

