

Kamerabaseret bestemmelse af sygdomstryk i sukkerroer med kunstig intelligens

Camera-based determination of disease pressure in sugar beet with artificial intelligence

RAPPORT MED FÖRSÖKSDATA OCH RESULTATTABELLER
REPORT WITH TRIAL DATA AND TABLES OF RESULT



Anne Lisbet Hansen
alh@nbrf.nu
+45 21689588

Nordic Beet Research Foundation (Fond)
DK: Højbygårdvej 14, DK-4960 Holeby
SE: Borgeby Slottsväg 11, SE-237 91 Bjärred
Phone: +45 54 69 14 40

www.nordicbeet.nu

Kamerabaseret bestemmelse af sygdomstryk i sukkerroer med kunstig intelligens

René Gislum¹, rg@agro.au.dk, Anne Lisbet Hansen, alh@nbrf.nu, Søren Kelstrup Skovsen², ssk@ece.au.dk, Takashi Tanaka¹, takashi@agro.au.dk, Rasmus Nyholm Jørgensen¹, rnj@ece.au.dk;

¹Aarhus Universitet, Institut for Agroøkologi – Afgrødesundhed, Forskningscenter Flakkebjerg, Forsøgsvej 1, 4200 Slagelse

²Aarhus Universitet, Institut for Elektro- og Computerteknologi, Finlandsgade 22, 8200 Aarhus N

Konklusion

Baseret på tre års resultater fra markforsøg opnået i dette projekt:

- Det er muligt at indsamle farvebilleder af sukkerroer med et RGB-kamera monteret på en markrobot i tilstrækkelig kvalitet til at et menneske kan genkende de gængse sygdomme rust, meldug og Cercospora-bladplet.
- Efter annotering af billederne er det muligt at træne og validere et dybt neuralt netværk til at genkende sukkerroe, baggrund og sygdomme (rust og delvist meldug; Cercospora-bladplet var ikke tilgængeligt i testdata).
- Det er muligt at monitorere sygdomsudviklingen i sukkerroer i marken over tid ved at analysere de indsamlede billeder med det trænedede netværk.
- Vi kan identificere de områder i markforsøgene, hvor sygdommene starter og udvikler sig ud fra.

Conclusion

Based on three years of results achieved in this project:

- It is possible to collect colour images of sugar beet using an RGB camera mounted on a field robot in sufficient quality for a human to recognize the common diseases rust, powdery mildew, and Cercospora leaf spot.
- After annotating the images, it is possible to train and validate a deep neural network to recognize sugar beet leaves, background, and diseases (rust and partly powdery mildew; Cercospora leaf spot was not present in test data).
- It is possible to monitor the development of the disease in sugar beet over time by analyzing the collected images using the trained network.
- We can identify areas in the field experiments where diseases start and develop from.

Formål

Formålet med forsøget er at undersøge, om en høj kvalitets RGB-kamera sammen med kunstig intelligens kan anvendes til automatisk genkendelse af sygdomme i sukkerroer.

Metode

Tre sorter (Falster, Mango og Nasser) blev etableret med 50 cm rækkeafstand i et stribeforsøg i Flakkebjerg. Der udviklede sig naturligt meldug (*Erysiphe betae*), rust (*Uromyces beticola*) og Ramularia-bladplet (*Ramularia beticola*), mens vi smittede med Cercospora-bladplet (*Cercospora beticola*). Vejrforholdene var

gunstige, efter roerne blev smittet, og de udviklede sygdomme på roerne var derfor primært naturligt udviklede sygdomme, dog med ret svage angreb. Vi indsamlede billeder ugentligt med et specialbygget RGB-kamera monteret på en markrobot (Robotti). Efter vækstsæsonen er udvalgte billeder manuelt annoteret pixelvist, og et dybt neuralt netværk er trænet på baggrund af de udvalgte billeder til at genkende plante og sygdom.

Dataindsamling

Stribeforsøget hos Aarhus Universitet, Flakkebjerg blev i 2024 gennemført fem gange (cirka ugentligt) fra start august til start oktober, *foto 1*. Ved hver kørsel blev der foretaget 10 kørsler. Hos NBR blev der kørt to gange henholdsvis den 19. september og den 4. oktober. På Flakkebjerg var kameraet monteret på markrobotten Robotti (AgroIntelli, Aarhus, Danmark), mens det hos NBR var monteret på en A-ramme som blev sat på en traktor. Et specialbygget fem megapixel farvekamera med indbygget blitz var monteret i ca. 1 m højde over jorden og gemte et billede for hver 1 m. Kameraet kiggede ned af og dækkede et synsfelt på 0,53 m x 0,44 m på jorden med 4,6 pixels per mm.

For at danne et varieret datamateriale til træning af det neurale netværk, blev billederne indsamlet i 2024 analyseret af det neurale netværk som var trænet ud fra data fra 2022 og 2023. Derefter blev Kennard-Stone algoritmen brugt til at udvælge 34 billeder fra 2024 til annotering. Fra disse billeder blev de midterste 1024x1024 pixels udtrukket til annotering. De udvalgte billeder blev pixelvist annoteret efter de følgende 8 klasser: "Blad (friskt)", "Blad (vissent)", "Rust", "Meldug", "Bladplet (Ramularia)", "Bladplet (Cercospora)", "Sygdom (ukendt)", og "Andet" (f.eks. jord, ukrudt, o.l.). Vi havde i 2024 samme udfordring som i 2023, at spejlende refleksioner fra blitzen kan ligne meldug, som dog ofte er mere mat i udtrykket. I alt 115 billeder er blevet annoteret og anvendt i træningssættet for de tre år, og det samlede analyserede billedmateriale for de tre år er 20892.



Foto 1. Dataindsamling i sukkerroer med markrobot. RGB-kamera monteret på 3-punktsophæng.

Foto: Tim Nellemann Bak.

Kunstig intelligens

Et dybt neuralt netværk af typen DeepLab V3+ med en Xception-65 backbone blev trænet til at lave pixelvis klassifikation af de indsamlede billeder, *foto 2*. Da klasserne Ramularia-bladplet og Cercospora-bladplet ikke var repræsenteret i træningsdata, blev disse ekskluderet under træningen. Efter træning blev hvert af de indsamlede billeder analyseret af det trænede netværk ved tre forskellige skaleringer af originalbilledet. Til sidst blev resultatet fra hver skalering af et givent billede kombineret til en samlet analyse af billedet.

Resultater og diskussion

Det annoterede interesseområde fra testsættet i 2024 blev efter træningen analyseret af det dybe neurale netværk, *figur 1 til 4*. Resultaterne fra 2024 er sammenlignelige med 2023 resultaterne, hvor modellen er specielt god til at genkende "Blad (friskt)" og "Andet", og den er blevet bedre til at genkende "Rust" og "Meldug". I resultaterne fra 2024 ser vi som i 2023, at netværket har en lille tendens til at overestimere

mængden af meldug, hvilket skyldes, at modellen endnu ikke helt har lært at kende forskel på meldug og refleksioner. Vi vil derfor stadig foreslå, at man fremover giver "Refleksioner" sin egen klasse. Alternativt kan man anvende et kamera system, som reducerer disse refleksioner.

Vi mangler stadig gode og mange billeder af Cercospora til at udvikle en god model. Det betyder, at Cercospora stadig identificeres som "Ukendt sygdom".

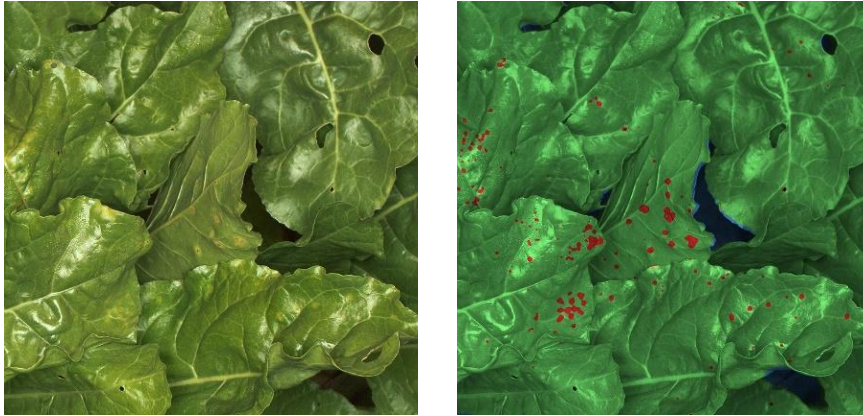


Foto 2. Eksempel på automatisk pixel klassifikation. Venstre: RGB- billede fra kameraet. Højre: Klassifikation af rust lavet af det dybe neurale netværket. Grøn = blad, Rød = Rust og Mørk blå = Andet.

Sygdomstryk over tid

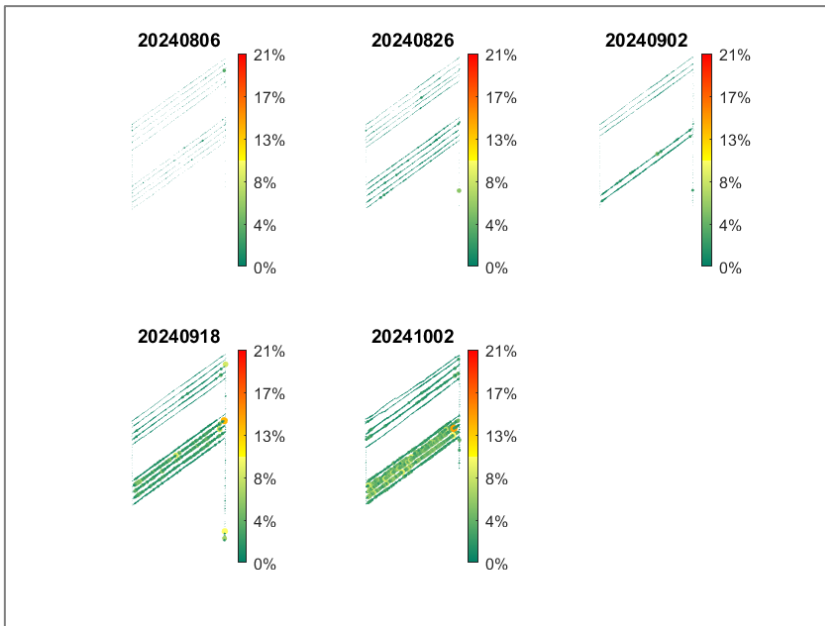
Alle indsamlede billeder fra de 10 striber er blevet analyseret af det dybe neurale netværk. Derefter er sygdomstryk bestemt i hvert billede ved at tage antallet af pixels klassificeret som en given sygdom delt med antallet af pixels klassificeret som enten sygdom (Rust, Meldug, Cercospora, eller Ukendt) eller "Blad (friskt)".

Figur 1 viser udviklingen af "Meldug" i Flakkebjerg over tid fra den første kørsel den 6. august til den sidste kørsel den 2. oktober. Resultaterne understreger vores konklusioner fra 2022 og 2023, at det er muligt at finde de områder i marken, hvor meldug starter sin udvikling. Vi kan ikke vurdere, om modellen efter tre år er blevet bedre til at identificere områderne med smitte, men kan konstatere, at det igen er muligt at finde arnestederne for meldug og rust.



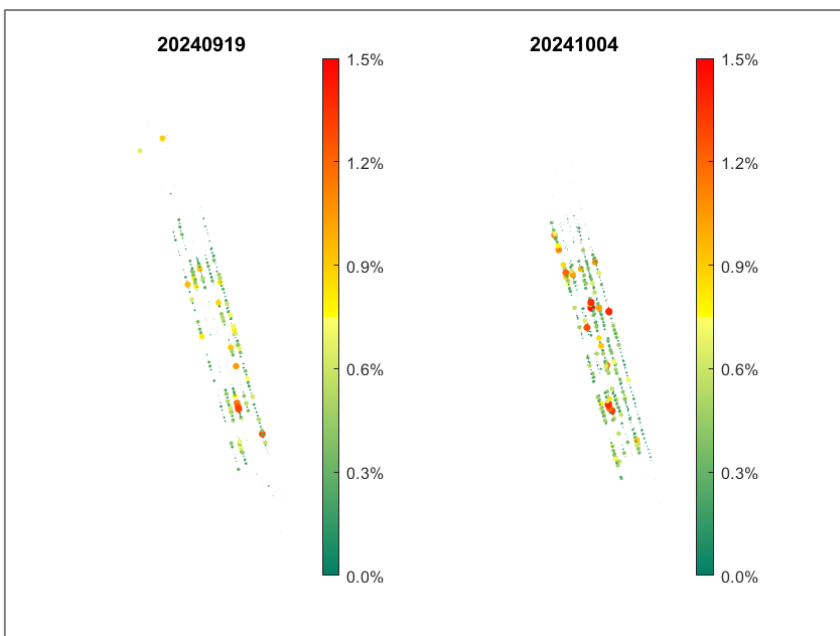
Figur 1. Udvikling af meldug i Flakkebjerg over tid for de 10 rækker. Hver prik repræsenterer sygdomstrykket fundet i et givent billede. Størrelsen og farven af cirklerne er proportionalt med sygdomstrykket.

Resultaterne for identifikation af "Rust" i Flakkebjerg markforsøgene, figur 2, understøtter resultaterne fra 2023 og 2022. Forekomsten af "Rust" var især stor i den ene gentagelse af de fem striber, og viste forekomst af rust i alle fem striber.



Figur 2. Udvikling af rust i Flakkebjerg over tid for de 10 rækker. Hver prik repræsenterer sygdomstrykket fundet i et givent billede. Størrelsen og farven af cirklerne er proportionalt med sygdomstrykket.

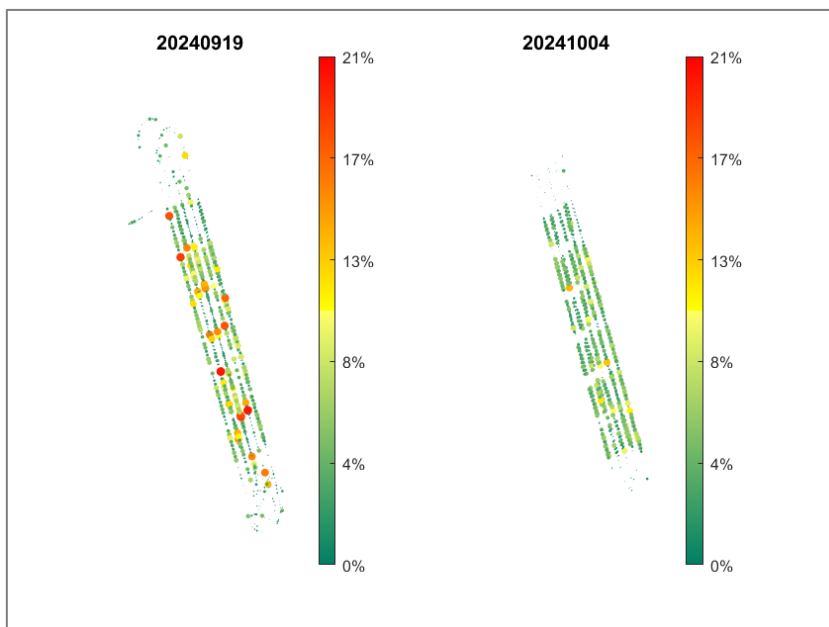
Resultaterne fra markforsøgene hos NBR viser en lidt højere forekomst af "Meldug", figur 3, og "Rust", figur 4), ifølge modellen. Specielt "Meldug" viste en øget forekomst fra de første billeder taget den 19. september til næste kørsel den 4. oktober. Resultaterne for "Rust" var anderledes i forhold til "Meldug", da der var en større forekomst ved den tidlige sammenlignet med den sene kørsel.



Figur 3. Udvikling af meldug hos NBR over tid for de fem rækker. Hver prik repræsenterer sygdomstrykket fundet i et givent billede. Størrelsen og farven af cirklerne er proportionalt med sygdomstrykket.

Projektet med Kamerabaseret bestemmelse af sygdomstryk i sukkerroer med kunstig intelligens har nu været gennemført i tre år. Vores samlede konklusion er, at det er muligt at identificere sygdomme i sukkerroer baseret på RGB-billeder og kunstig intelligens mere specifikt et dybt neuralt netværk. Vi kan ikke

identificere alle sygdommene, som beskrevet i projektets formål, og det skyldes hovedsageligt, at disse sygdomme ikke har udviklet sig som ønsket i forsøgene. Det har gennem projektperioden været vigtigt for os at arbejde under så realistiske produktionsforhold som muligt, for derigennem at være så tæt på praksis som muligt. Det mener vi at have opfyldt ved kun at anvende roemarkere i Flakkebjerg, *foto 1*, og ikke kun



Figur 4. Udvikling af rust hos NBR over tid for de fem rækker. Hver prik repræsenterer sygdomstrykket fundet i et givent billede. Størrelsen og farven af cirklerne er proportionalt med sygdomstrykket. De blå cirkler indikerer kunstigt smittet områder.

almindelige små parcellforsøg. Vi har i 2024 testet vores model hos NBR for netop at teste modellens robusthed under andre klimatiske og jordbundsmæssige forhold og sorter, og vi mener, at resultaterne er lovende for at kunne udvikle en mere global model.

Både annoterede og ikke-annoterede billeder er offentligt tilgængelige, så andre interessenter kan udvikle egne modeller til prædiktions af de enkelte sygdomme. Vores vision er stadig, at kombinationen af RGB-billeder og kunstig intelligens skal være en helt naturlig del af en spotsprøjtningstrategi med det formål at reducere behandlingsindekset. Kameraet skal ikke nødvendigvis placeres på en robot, og resultaterne fra NBR understreger muligheden for at montere kamera på en A-ramme, som kan sættes på et almindeligt tre-punktsophæng eller en tilsvarende konstruktion kan bygges til andre køretøjer.