

Fjärranalys av bladmögelangrepp i potatis

Erik Alexandersson och Erland Liljeroth, Institutionen för Växtskyddsbiologi, SLU, Alnarp.
Kristin Piikki och Mats Söderström, Institutionen för mark och miljö SLU, Skara.

Syftet med projektet

Syftet med projektet var att testa möjligheten att övervaka och tidigt detektera angrepp av bladmögel (*Phytophthora infestans*) i potatis med UAV-buren fjärranalys. Målet var att nå kunskap om svårigheter och möjligheter med att använda UAV-burna sensorer för optimerat växtskydd i potatis, samt att beskriva ett system (hårdvara och mjukvara) och en strategi (hur ofta man behöver mäta, hur man går till väga för att verifiera angreppen, bedömning av huruvida hela eller enbart delar av fältet behöver behandlas, etc.). Vi tror att koncepten precisionsodling och integrerat växtskydd i framtiden kan kombineras för optimerad användning växtskyddsmedel mot bladmögel i potatis. Det är ett arbete som på sikt kan bidra till att miljömålen Giftfri miljö, Levande sjöar och vattendrag samt Grundvatten av god kvalitet uppnås.



Bild 1. Ett möjligt framtidsscenario där drönare övervakar grödor, skickar bilder som analyseras och då angrepp på enstaka plantor konstateras skickas snabb rapport till odlaren som kan ha detta som beslutsunderlag för bekämpning,

Bakgrund

Potatisbladmögel som orsakas av oomyceten *Phytophthora infestans* är ett mycket stort problem i svensk potatisodling. I Sverige står potatisodlingen för mer än 20 procent av jordbrukets användning av fungicider trots att odlingen endast upptar en liten del av den totala åkerarealen (Eriksson et al., 2016). Att försöka minska behovet av bekämpning är främst nödvändigt av miljöskäl, men även använd mängd bekämpningsmedel i svenskodlad potatis bör av långsiktiga marknadsmässiga skäl minskas för att behålla potatis som en konkurrenskraftig basgröda.

I bekämpningsförsök mot potatisbladmögelförsök krävs veckovisa visuella graderingar av angreppen som är ganska tidskrävande. På sikt vore det därför av stort värde att kunna göra graderingar/bedömningar av sjukdomsangreppen med fjärranalys, d.v.s. någon form av drönarburen fotografering med efterföljande bildanalys. Av minst lika stort intresse vore att i framtiden kunna detektera tidiga angrepp i den praktiska odlingen med hjälp av sådan teknik. Det har historiskt visat sig vara ganska svårt att detektera sjukdomsangrepp (Bock et al 2012) men relativt ny teknik som analyserar hyperspektrala reflektansmätningar har varit mer framgångsrik (Ray, 2011). Utrustning för detta är dock fortfarande dyr men understöds av kraftfull modern bildanalysteknik och utvecklingen av mjukvaror för detta går snabbt. I

en nyligen publicerad studie har man med denna teknik kunnat upptäcka ned till 0,1 % infektionsgrad av potatisbladmögel (Ray et al., 2011). I deras fall gjordes mätningarna med handburet instrument på ca 1 m höjd medan vi avsåg testa mätningar med drönarburen utrustning på betydligt högre höjd. Vi tror att denna teknik på sikt har potential att möjliggöra snabbare och mer precisa ingrepp vid behandling av sjukdomen.

Genomförande

Fältförsök

Ett fältförsök i stärkelsepotatis i Mosslanda väster om Kristianstad fotograferades vid upprepade tillfällen och från två olika höjder under säsongen 2016. I försöket fanns förutom obehandlad kontroll flera olika behandlingar med olika bladmögelfungicider i varierande doser samt växtstärkande medel (kaliumfosfit) ensamt eller i kombination med fungicider. De olika behandlingarna resulterade i olika grad av angrepp.

Utrustning

Vi använde en multikopter (Explorian X8; Pitchup AB, Göteborg) utrustad med en RGB-kamera (Sony RX-100) och en multispektralkamera som registrerar ljus i fem smala våglängdsband (MicaSense RedEdge, MicaSense Inc., Seattle, WA, USA). Förutom tre band i området med synligt ljus i det elektromagnetiska spektrumet, även ett band som fångar nära infrarött (NIR) ljus samt ett band i *red edge*-området (mellan rött och nära infrarött). Till skillnad från en vanliga digitalkamera som registrerar i RGB-banden ger multispektralkameran värden för grödans reflektans i de olika banden (möjliggörs genom fotografering av en vit referensplatta före och efter flygning).



Bild 2. Fältförsöket och multikoptern (Explorian X8) som användes för fotograferingen.

Mätningar och graderingar

Sjukdomsangreppen graderades varje vecka, i anslutning till fotograferingen, av Erland Liljeroth genom visuell bedömning av angreppsgraden på en skala från 0-100%, vilket motsvarar andelen av bladverket som hade bladmögelsymptom. Mot slutet av säsongen graderas den totala nedvissningen som då både beror på bladmögelangrepp men även naturlig nedvissning av den mognande grödan. Sammanlagt genomfördes 12 bekämpningar med 1 veckas intervall utom i ett försöksled där bekämpningarna utfördes varannan vecka. De olika behandlingarnas effekt redovisas inte här. Denna studies fokus var istället hur väl fjärranalys korrelerar med visuella graderingar av bladmögelangrepp och efterföljande nedvissning. Förutom fotograferingen från drönaren tog vi ett antal bilder med handkamera från ca 1 m höjd, där bladmögelfläckar tydligt kan urskiljas. Vi kommer att använda dessa för att försöka lära datorn känna igen bladmögelfläckar genom s.k. maskininlärning inom ett nyligen erhållet Vinnova-projekt (EnBlightMe) i samarbete med IBM, Malmö.

Datanalys

Mosaiker av RedEdge-kamerans bilder gjordes med hjälp av Micasenses molntjänst ATLAS och mosaiker av Sony-kamerans bilder gjordes med Solvi (www.solvi.nu), som är ett webbaserat system för användning av drönarbilder som beslutsunderlag för precisionsodling. Mosaikerna georefererades och en glidande medianfiltrering gjordes för att minska småskaligt brus. Därefter extraherades medelvärden av pixlarnas reflektans (MicaSense) eller digital numbers (Sony) för alla våglängdsband och försöksytor. En buffertzona om en planta utelämnades för att undvika kanteffekter. Georeferering, filtrering och dataextraktion genomfördes med hjälp av GIS-mjukvaran ArcGIS (Esri Inc. Redlands, Kalifornien, USA). Vidare dataanalys genomfördes i Excel (Microsoft, Redmond Washington, USA).

Analysen genomfördes till stor del genom ett examensarbete av Martin Holmberg (Holmberg, 2017) där han beräknade ett antal olika reflektansindex och testade korrelationen mellan dessa och manuellt graderad skada, samt mellan reflektans eller digital numbers för de åtta våglängdsbanden. Den angreppsgrad som var förknippad med en statistiskt signifikant minskning av reflektansen bestämdes från en linjär regression mellan reflektans (y) och angreppsgrad (x).

Den angreppsgrad där det 95%-iga konfidensintervall inte överlappade det 95%-iga konfidensintervallet vid 0% sades vara associerade med en signifikant minskning i reflektansen.

Resultat

Fältet fotograferades vid ett flertal tillfällen under sommaren 2016. Vid det sista tillfället, den 17 augusti, hade obehandlade försöksrutor en hel del angrepp medan försöksrutor som behandlats med olika fungicidprogram hade varierande angrepp. I försöksrutor med de bästa fungicid-programmen var angreppen obetydliga eller inga alls.

Bild 3b-d visar försöket fotograferat med RedEdge-kameran (red edge-bandet). Här kan man urskilja reflektansskillnader mellan försöksrutorna och också skillnader inom varje försöksruta. De obehandlade rutorna (markerade med pil) har en tydligt lägre medelreflektans (Bild 3d) som stämmer väl överens med mer omfattande bladmögelangrepp (Bild 3e).

Vi fann att Micasense-kamerans smala band i red edge-området korrelerade bäst med angreppsgraden (jämfört med andra enskilda band och ett antal beräknade index). Den statistiska analysen visade att vid en angreppsgrad av 4 % eller högre fanns det en statistiskt signifikant minskad medelreflektans (Bild 4).

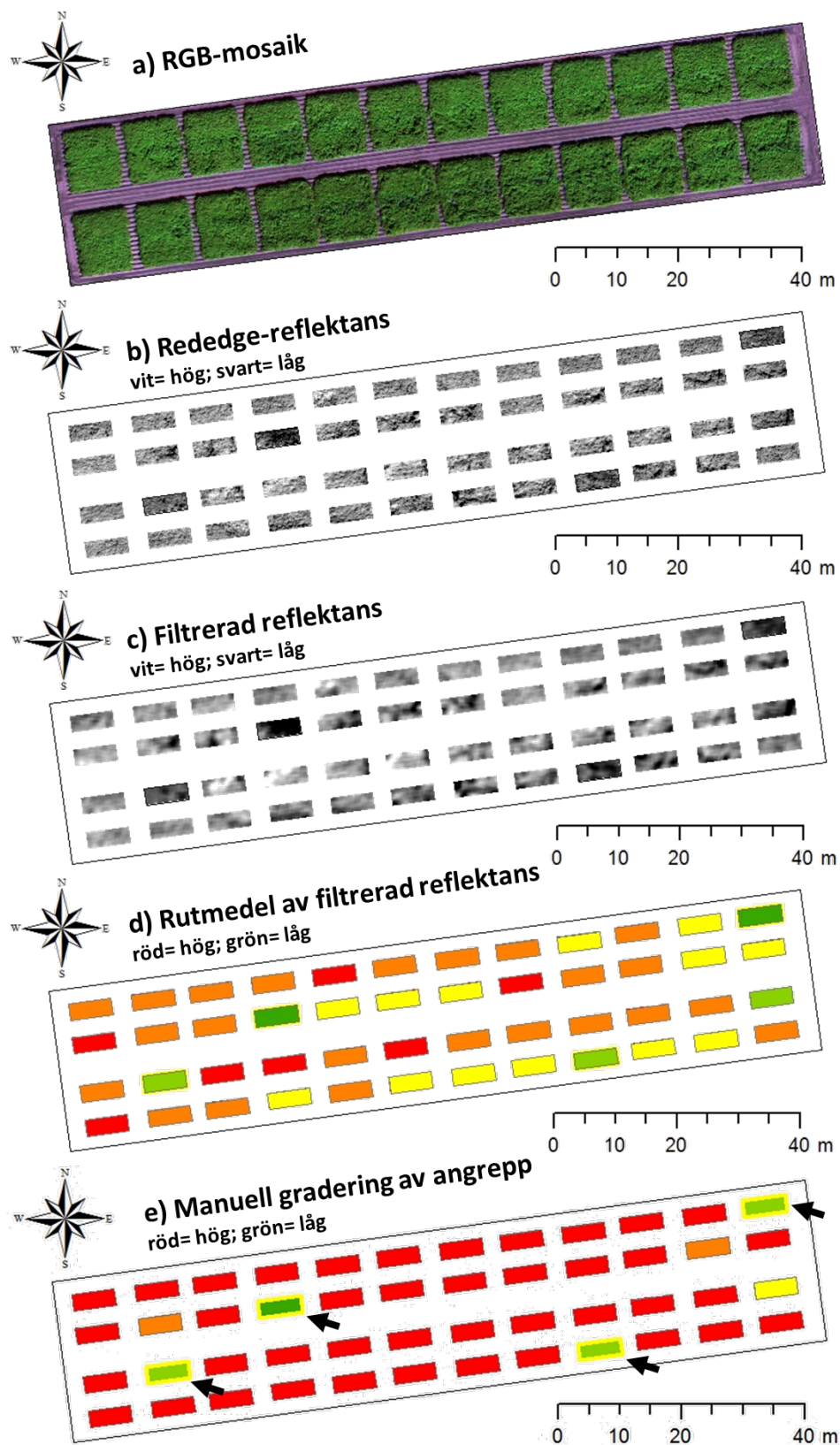


Bild 3. Bilden visar en RGB-mosaik av försöksfältet den 17 augusti tagen med RGB-kamera samt red edge-reflektans under olika stadier av bearbetning (originalbild, efter filtrering och efter medelvärdesbildning). Den nedre bilden visar angreppsgrad som registrerats vid manuell gradering. Obehandlade ytor markeras med gul kontur och svart pil.

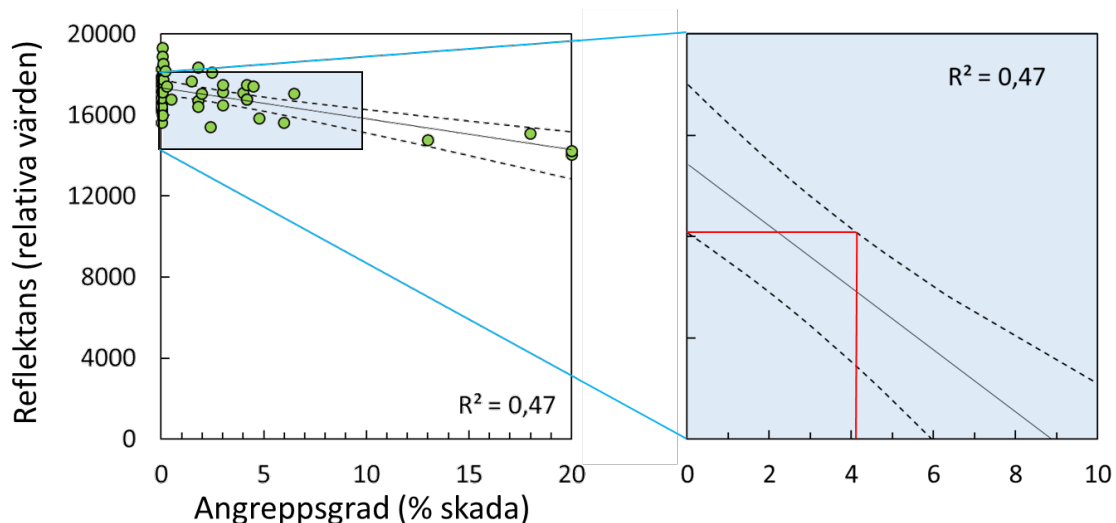


Bild 4. Sambandet mellan visuell gradering och försöksytornas medelreflektans i red edge -bandet. Försöksrutor med större angrepp har lägre reflektans. Utsnittet ur diagrammet (till höger) visar att vid en angreppsgrad på ca 4 % eller högre reflektans i red edge-bandet fanns det en statistiskt signifikant minskad medelreflektans.

När man kopplar ihop ett antal bilder som tagits av drönaren av fältet till en s.k. mosaik förloras något av skärpan i bilden, vilket gör det svårare att identifiera enskilda bladfläckar av angrepp (Se bild 5). Vi tog därför även bilder med handkamera från ca 1 m höjd och analys av dessa pågår inom Vinnova-projektet EnBlightMe i samarbete med IBM.

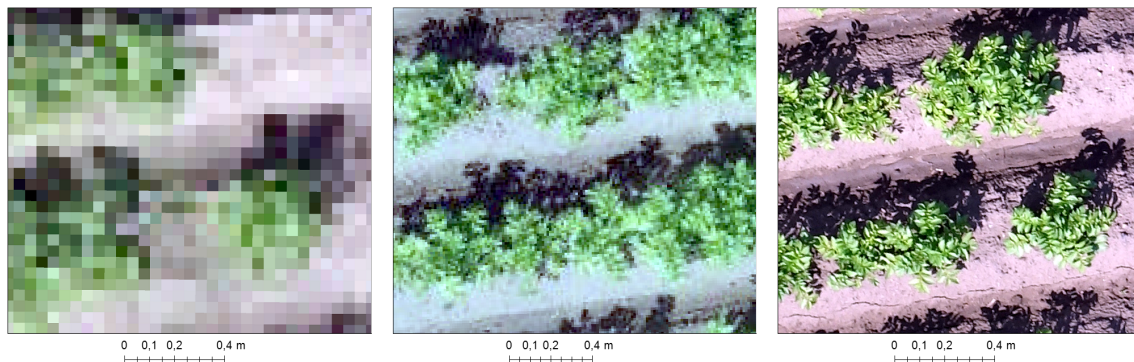


Bild 5. När man gör mosaik av ett flertal bilder som därigenom sammanförs i en bild förloras skärpan. Bilden längst till vänster visar mosaik från bilder tagna på 44 m höjd, bilden i mitten mosaik från 14 m höjd och till höger en originalbild från 14 m höjd. För att kunna urskilja enskilda bladmögelfläckar behövs god skärpa.

Diskussion

Genom analys av reflektansen från potatisplantorna i fält har vi kunnat konstatera att försöksrutor med potatis som har 4 % eller mer infektion av bladmögel också har en signifikant lägre reflektans i Micasense-kamerans red edge-band. För att drönarövervakning skulle kunna fungera som en tidig varning för bladmögelangrepp i fältet skulle man behöva kunna upptäcka infektionen mycket tidigare, helst då endast enskilda fläckar finns i fältet. Pilotstudien visar att det blir svårt att klara. Däremot tror vi att det är möjligt att med denna teknik kunna upptäcka infektionshårdar (d v s enskilda eller grupper av plantor i fältet som har fått kraftiga angrepp). Detta kan vara av stort värde genom att man skulle kunna lokalisera dessa och applicera en högre dos av bekämpningsmedel på just dessa ställen. Det

skulle också kunna vara av stort värde för ekologisk produktion. Där har man inte alternativet att sätta in kemisk bekämpning men man kan avlägsna plantor som har fått kraftig infektion som minskar sporspridningen och därmed saktar ner det epidemiologiska förloppet av sjukdomen. En lokalisering av dessa från en drönare skulle göra det lättare för lantbrukaren att på ett effektivt sätt hitta dem. Kan sjukdomsförloppet fördröjas en vecka har detta mycket stor betydelse för skörden. Det kan även vara möjligt att använda denna teknik i screeningarbete inom växtförädling då man i först skedet är intresserad av att identifiera mottagliga och resistenta kloner där skillnader i graden av infektion är mycket stora. Detta har även visats i en nyligen publicerad studie från Japan (Sugiura et al., 2016).

Vi kunde också se i bilderna tagna med RedEdge-kameran att det finns en variation i reflektans inom försöksrutorna. Vid den visuella graderingen av sjukdomsangreppen noterades endast medelvärdet av infektionen i en ruta. Vi tror att man skulle kunna hitta samband mellan reflektans och infektionsgrad på en lägre nivå än 5 % infektion om man mer noggrant graderar sjukdomsangreppen inom en försöksruta eller planta för planta inom ett mindre område. Vi kommer under följande säsong försöka göra detta systematiskt i några försöksrutor.

Även mycket små angrepp av potatisbladmögel är allvarliga eftersom det bildas ett stort antal sporangier från varje bladmögelfläck och dessa kan snabbt sprida sig genom fältet. För att denna typ av övervakning skall kunna bli en del av ett beslutsstödsystem för när första bekämpningsinsatsen skall sättas in behöver man kunna upptäcka bladmöglet redan när det bara finns enstaka fläckar i fältet. För att kunna göra det behöver man utveckla datorns förmåga att känna igen enstaka bladmögelfläckar. På sikt tror vi detta är möjligt genom s.k. maskininlärning där datorn får träna på flera tusen bilder av fläckar och lära sig skilja dessa från andra typer av skador/fläckar som är ofarliga. Vi har i samarbete med IBM, som har sitt superdatorsystem ”Watson”, påbörjat sådana analyser men detta kommer att ta tid och vi behöver samla många fler bilder på fläckar som täcker in den variation som finns av både riktiga bladmögelfläckar och fläckar som liknar bladmögel men inte är det.

Slutsatser

Projektet gav oss många nyttiga lärdomar inför den fortsatta utvecklingen av applikationer för fjärranalys av bladmögelangrepp i potatis, vilka sammanfattas nedan. Det har också lett till ett större Vinnova-finansierat projekt och ett stärkt samarbete mellan POS och PA.

Mosaiker eller enskilda bilder: Bildanalysen bör göras på originalbilder, snarare än på mosaiker, om man vill identifiera enskilda bladfläckar. Ytterligare tester krävs med bättre referensdata (manuella graderingar) innan vi kan uttala oss om i vilken grad detta är möjligt. Mosaiker fungerar bra för analys av hela beståndet.

Våglängder och index: Holmberg (2017) visade att reflektansen i det s.k. red edge-bandet hade en starkare korrelation med angreppsgraden än övriga enskilda band och även jämfört med ett antal vanliga vegetationsindex. Vid en angreppsgrad på 4 % var red edge-reflektansen signifikant lägre än i rutor helt utan angrepp.

Applikationer: Vi tror att dokumentation av fältförsök är en bra och möjlig tillämpning. Vi tror också att man med framgång kan utveckla ett system där man flyger och sedan tar fram kartor som visar misstänkta områden i ett fält, vilka man sedan kan inspektera manuellt. Detta skulle vara av nytta för ekodlare som bekämpar bladmögel mekaniskt. Däremot är

det troligen svårt att ta fram ett fungerande system som bygger på att man flyger och hittar de första enskilda bladfläckarna i ett fält (<0.1% angrepp).

Flyghöjd: Om man är ute efter att bedöma hela beståndet (exempelvis för identifiering av misstänkta infektionshärdar) går det bra att flyga på hög höjd. Den högsta flyghöjd vi testade var 44 m men det går förmodligen bra att flyga ännu högre. Vill man däremot dokumentera fältförsök var 14 m som vi testade i högsta laget för att ge mycket detaljerade bilder. Ett förslag är att man flyger lägre och att man istället för att göra mosaiker arkiverar en originalbild över varje ruta. Att göra mosaiker kräver stort överlapp mellan bilderna vilket ger lång flygtid. Flygtiden blir längre ju lägre man flyger om man vill bibehålla överlappet. Fjorton meter var den lägsta höjden vi kunde flyga på med vår utrusning (Micasensekameran begränsade) och hinna med ett helt försök på en batteriladdning med den testade utrusningen.

Kommunikation

Vi har presenterat resultat från projektet vid den regionala växtodlingkonferensen i Linköping, Nov 2016 och på Framtidens lantbruk/Partnerskap Alnarps seminarium ”Smarta lösningar med ny sensorteknik och bildanalys – seminarium med fokus på växtskydd” i maj 2017. Vi kommer att medverka med en poster på precisionsodlingskonferensen ECPA2017 under sommaren 2017.

Referenser

- Bock CH, Poole GH, Parker PE, Gottwald TR (2010) Plant disease severity estimated visually, by digital photography and image analysis, and by hyperspectral imaging. *Critical Reviews in Plant Science* 29, 59-107.
- Eriksson D, Carlson-Nilsson U, Ortiz R, Andreasson E. 2016. Overview and breeding strategies of table potato production in Sweden and the fennoscandian region. *Potato Research*. DOI 10.1007/s11540-016-9328-6.
- Holmberg, M (2017). Sjukdomsidentifiering i potatis och stråsäd med luftburna multispektrala sensorer. Examensarbete, Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för mark och miljö. 60 sidor. Tillgängligt på: http://stud.epsilon.slu.se/10093/1/holmberg_m_170403.pdf (verifierat 31 maj 2017).
- Ray SS, Jain N, Arora RK, Chavan S, Panigrahy S (2011) Utility of hyperspectral data for potato late blight disease detection. *J Indian Soc Remote Sens* 39, 161-169.
- Sugiura R et al. (2016) Field phenotyping system for the assessment of potato late blight resistance using RGB imagery from an unmanned aerial vehicle. *Biosystems Engineering* 148, 1-10.