

# Kartoffelafgiftsfonden

## Titel

Diagnosticering af kartoffelplantens fosfor (P) status direkte i marken og optimering af metode til akut afhjælpning af P mangel ved bladgødsning.

## Projektansvarlig og deltagere

Søren Husted KU-PLEN – Projektansvarlig  
Augusta Egelund Szameitat KU-PLEN – Videnskabelig assistent  
Stine Le Tougaard, KU-PLEN - PhD studerende

## Resume

I modsætning til f.eks. byg er kartoffelplanten i stand til at optage P over bladet og re-translokere det til de øvrige dele af planten inkl. kartoffelknoldene. Vi har tidligere vist, at optagelsen af P foregår hurtigt og at der kan måles en berigelse af planten allerede et døgn efter gødsning. Efter en uge er ca. 50% af det tilførte P blevet optaget over bladet og i samme periode er op mod 80% af det optagne re-translokeret til de øvrige dele af planten, inklusiv kartoffelknoldene. Vores første forsøg i regi af kartoffelafgiftsfonden (Kulhuse 2019) viste at bladgødsning med P er en effektiv strategi til at opretholde en tilstrækkelig P forsyning under rodsystemets etablering og i forbindelse med knoldsætning og -fyldning. Forsøgene i Kulhuse viste endvidere, at P er meget mobilt i planten og derfor vil det ofte være nødvendigt med gentagne behandlinger med bladgødsket P, da ikke altid er muligt at dække plantens behov med blot en enkelt tilførsel. Forsøgene viste endvidere at simple P salte såsom fosforsyre ved lavt pH < 3 er den mest effektive form. Optagelsen aftager ved stigende pH.

I sæsonen 2020 har vi, med støtte fra Kartoffelafgiftsfonden, udført forsøg i Hovborg på et areal hos BJ Agro, hvor forudgående dyrkningsforsøg i drivhus, med jord fra arealet, viste at P mangel kan induceres. Det var derfor forventningen, at det ville lykkes at inducere P mangel og dermed muliggøre en afprøvning af hvilke udvalgte P gødsningsmidler, der egner sig bedst til afhjælpning af P mangel. Men ligesom i Kulhuse forsøgene (sæsonen 2019) viste det sig at P manglen udeblev. Men belært af tidligere erfaringer blev alle gødninger tilsat P tracere (radioaktivt P33 og vanadat) og derved blev det til trods for at P manglen udeblev alligevel muligt at følge optagelsen af P og måle hvorledes det fordeler sig i hele planten. Med hensyn til optagelseseffektivitet og translokation kunne vi reproducere værdierne fra Kulhuse og vi har derfor nu et godt belæg for en optagelses effektivitet på ca. 50% af det tilførte P inden for den første uge efter tilførsel og igen viste fosforsyre sig at være den mest effektive form for P bladgødning.

I 2020 var der endvidere fokus på at identificere det bladstadium, som bedst reflekterer kartoffelplantens P status. Det er en meget vigtig undersøgelse da der i erhvervet er stor usikkerhed omkring hvordan man bedst indsamler plantemateriale til en bladanalyse. I forsøgene anvendte vi både den klassiske bladanalyse i form af en ICP-OES analyse og endvidere anvendte vi klorofyl a fluorescens analyse i form af P testeren markedsført af SpectraCrop ApS. Forsøgene viste, at der er meget stor forskel i P koncentrationen mellem de enkelte bladstadier, ikke mindst i den vegetative fase, hvor koncentrationen kan være 4-5 gange højere i de yngste blad sammenlignet med de ældste blade. Senere i den generative fase (August) hvor knoldfyldningen starter, falder koncentrationen generelt i hele planten som følge af re-mobilisering til knoldene og på det tidspunkt observerede vi generelt at P koncentrationen lå tæt på eller under den kritiske tærskelværdi på  $2200 \pm 200$  ppm P. Konkret viste bladposition 5-6 sig at være bedst egnet.

P testeren viste sig velegnet til at karakterisere kartoffelplantens P status, men på dage hvor temperaturen (T) og den fotosyntese aktive indstråling (PAR) var høj viste det sig umuligt at få brugbare data. Netop det var en stor udfordring i 2020 da sommeren var varm og tør. De ideelle omstændigheder for måling med P testeren har vist sig at være ved  $PAR < 700 \mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$  og temperaturer under 20-22 grader i afgrøden. Har planten været udsat for lys og temperatur stress kan planterne være påvirket i flere dage selvom T og PAR er faldet.

Vi arbejder pt på at gøre målemetoden mindre følsom for T og PAR og forventer at metoden kan gøres markant mere robust end tilfældet er for nuværende.

# Kartoffelafgiftsfonden

## Projekts faglige forløb

**Baggrund:** Fosfor (P) er et essentielt plantenæringsstof, der har stor betydning for både udbytte og kvalitet af kartofler. Afhængig af jordens mineralogi og tekstur bindes P stærkt i jorden og plantetilgængeligheden påvirkes endvidere af jordtemperatur og -fugtighed, hvilket i praksis betyder, at P ofte ikke er tilgængelig i tilstrækkeligt omfang når kartoffelplanten har behov for næringsstoffet. Det er problematisk da netop P tilgængeligheden ved etablering af kartoffelplanten og i forbindelse med stivelsessyntesen i kartoffelknolden har afgørende for både udbytte og kvalitet af de høstede kartoffelknolde.

**Formål:** Formålet er at udvikle en metode, der muliggør præcis og hurtig fastlæggelse af kartoffelplantens aktuelle P status direkte i marken og samtidig udvikle effektive strategier til akut afhjælpning af P mangel ved bladgødsning, der muliggør akut optagelse, selv i perioder hvor jorden er for kold i det tidlige forår, samt i perioder hvor overjorden ikke er tilstrækkelig fugtig til at stille de nødvendige P ressourcer til rådighed for planten.

**Projektplan og de opnåede resultater:** I projektet er der i 2020 udført følgende hovedaktiviteter:

1. Optimere anvendelsen af P bladgødsning, således at der sikres en hurtigt og effektiv optagelse og remobilisering af P under markforhold
2. Anvendelse af klorofyl a fluorescens til bestemmelse af kartoffelplantens P status direkte i marken med håndholdt apparatur.

Hovedaktiviteter fordeler sig på følgende to arbejdsplaner (AP1 og AP2):

### AP 1: Optimeret anvendelse af P bladgødsning (Markforsøg i Hovborg).

Der blev udført et fuldt randomiseret markforsøg med følgende 10 behandlinger (4 gentagelser) i samarbejde med BJ Agro:

|   |
|---|
| P- (Kontrol uden P gødsning)                    |
| TSP (Grundgødsning Jord med triplesuperfosfat ) |
| Bladgødsning:                                   |
| 1. H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub> (fosforsyre)  |
| 2. KH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>              |
| 3. Flex1 (kommercielt produkt fra Flex)         |
| 4. Flex2  |
| 5. nHAP 25-30nm PVP+Tween (nanopartikel)        |
| 6. nHAP 10nm PVP+Tween                          |
| 7. nHAP 10nm PEG+Tween                          |
| 8. nHAP 10nm PVP+Silwet                         |

Sprøjtningerne blev udført med to sprøjtninger i Juni og tre i August med 6 kg P/ha per udsprøjtning (i alt 30 kg P/ha). Optagelsen af P blev i gødningerne, suppleret med vanadat (VO<sub>4</sub><sup>3-</sup>), som er en fysiologisk analog (proxy) til fosfat (PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>). Da vanadat ikke findes naturligt i planten, muliggør det analyse af optagelseeffektiviteten af det tilførte P med bladgødsning. Desuden blev der, med samme formål, gennemført forsøg med radioaktivt P<sup>33</sup> som i separate forsøg blev tilført med gødningerne.

Der var ingen forskel i knoldudbyttet på nogen af behandlingerne og ligeledes var der ikke signifikante forskelle på indholdet af P i kartoffelplanterne. Bladgødsning med P var altså ikke i stand til at hæve P

# Kartoffelafgiftsfonden

niveauet i planterne set i forhold til kontrollen, til trods for at vi kunne konstatere en markant optagelse af P optages via bladene. Dette indikerer at baggrunds niveauet af P ligger markant højere end det bidrag der kommer fra udsprøjtningen og at planten er i stand til at mobilisere P til knoldene. Knoldene analyseres pt og det forventes, at resultatet vil foreligge om 1-2 måneder.

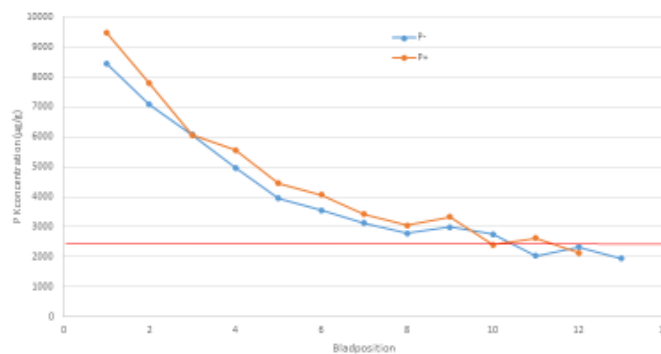
Vi mangler fortsat viden om hvilke midler der er bedst til at afhjælpe P mangel og der mangles viden om hvornår P gødningen skal tildeles af hensyn til promovning af rod og knolddannelse og i forbindelse med stivelsesproduktion i knoldene.

## AP2: Anvendelse af klorofyl a fluorescens til bestemmelse af kartoffelplantens P status direkte i marken med håndholdt apparatur.

Der blev løbende indsamlet plantemateriale til ICP analyse og målt med P testeren i behandlingerne. Formålet var at identificere den bladposition der bedst afspejler plantens P status og desuden var det hensigten at undersøge P testeren egnethed til at bestemme P koncentrationen.

Forsøgene affødte et meget stort antal prøver ( $N > 500$ ) som viste markante forskelle i de forskellige bladpositioners indhold af P (Fig. 1). Desuden viste forsøgene en markant remobilisering af P fra toppen til knoldene. Ved forsøgets sidste måling d. 19/8-2021 var P koncentrationen i alle bladpositioner (blad 1-13) faldet til under tærskelværdien for P mangel ( $2200 \pm 200$  ppm). P testeren var i stand til korrekt at prædikere P indholdet ved første måling i Juni, men i de efterfølgende målinger var temperatur og indstrålingen for høje til at opnå pålidelige målinger. Der arbejdes pt på at forbedre algoritmen så målingen kan gennemføres til trods for varme og lys-stress i afgrøden.

## Koncentrationsgradienten for P mellem bladstadijerne 1-13



2

*Figur 1.* Eksempel på hvordan P koncentrationen ændrer sig fra yngste blad (position 1) til ældste blad (position 13). Tilsvarende målinger blev foretaget fire gange i løbet af forsøgsperioden. Tærskelværdien er angivet med den røde vandrette linje.

## Offentliggørelser vedrørende projektet.

Der arbejdes i øjeblikket på to publikationer som forventes klar til publikation i videnskabelige tidsskrifter i løbet af 2021-22. Covid-19 pandemien har generelt forsinket os i analysearbejdet og dermed også i sammenskrivning af artikler som oprindeligt var forventet ultimo 2020/primo 2021. Samtidig er to af projektdeltagerne PhD Stine Le Tougaard og Vid. Ass. Augusta Szameitat gået på barselsorlov og forventes først tilbage i August-November 2021, hvorfor arbejdet med publicering desværre trækker ud.

# Kartoffelafgiftsfonden

Følgende artikler vil blive udarbejdet (Danske arbejdstitler):

1. Optagelse og re-translokation af bladgødsket P ved anvendelse af P analoger under markforhold
2. Anvendelse af P testeren i marken. En publikation der har til hensigt at klarlægge hvorledes tørke og varme påvirker målingerne.

Der er afholdt et web-seminar d. 9/11-2020 om kartoffelplantens fysiologi og ernæring for 25 Norske Kartoffelrådgivere (kontaktperson: Borghild Glorvigen, Norsk Landbruksrådgiving).