

## Resultatrapport

### Bakgrunn og målsetting

Bladrandskade (BRS) hos salat dyrket i veksthus bidrar i perioder til stort svinn i produksjonen og økonomisk tap for produsenter i Norge. Formålet med prosjektet har vært å redusere utvikling av bladrandskade. For å oppnå målsettingen har det vært fokus på å forstå fysiologisk hvorfor BRS oppstår, optimalisere klimaforhold og forbedre klimastyringen, samt å undersøke om ny teknologi og/eller ikke-destruktive målemetoder/verktøy som oppdager bladrandskade tidlig kan brukes i praktisk produksjon for å unngå BRS.



### Resultater som er oppnådd sammenlignet med målsettingen

#### *Fysiologisk forståelse for hvorfor BRS oppstår*

Prosjektet har bidratt til økt fysiologisk forståelse for hvorfor BRS oppstår. Oksidativt stress er sentralt og er en viktig årsak til utvikling av både ytre BRS (skade på eldre blad) og indre BRS (skade på unge blad). Oksidativt stress oppstår når planten ikke evner å fjerne frie radikaler som oppstår på grunn av ulike typer abiotisk stress slik som lys-stress, tørkestress, metallstress

og temperatur-stress. Et høyt innhold av antioksidanter vil fjerne frie radikaler og hindre utvikling av BRS. Sorten 'Frillice', som er hovedsorten vi har studert i prosjektet, er mer følsom for abiotisk stress sammenlignet med sorten 'Danstar' som utvikler mindre BRS. 'Frillice' har lavere antioksidant-kapasitet og dårligere beskyttelse mot blant annet lys-stress og metall-stress. Naturlig aldring øker også nivået av oksidativt stress og 'Frillice' utvikler ytre BRS i slutten av kulturtiden i klimaregimer også uten abiotisk stress. Næringsstatus hos salat har betydning for utvikling av BRS. Resultater fra forsøk har vist at ytre og indre blad hos 'Frillice' har svært ulik anatomi og tetthet av spalteåpninger i bladspissene. Ytre blad har stor tetthet av spalteåpninger og næringsstoffer som transporteres i vedvevet akkumulerer dermed lett i spissene på eldre blad. Opphoping av mangan (Mn), som er et metall, men et nødvendig mikronæringsstoff, bidrar til ytre BRS. Ytre bladspisser med BRS fra forsøk med ulike klimaregimer og fra flere gartnerier viser toksisk innhold av mangan ( $200 \mu\text{mol}/\text{l}$ ). Metallstress er dermed en viktig årsak til utvikling av ytre BRS i klimaregimer som fremmer opptak av Mn. Unge blad derimot har svært få spalteåpninger og dermed svært lav konsentrasjon av Mn og kalsium (Ca). Viktige antioksidanter aktiveres av blant annet Mn. I klimaregimer hvor transport av vann og næring til unge blad er lav (høy lys intensitet, tørr luft) vil det oppstå mangel på Mn og Ca i unge blad, og dermed lavere antioksidant-kapasitet og større risiko for indre BRS. Ved å øke Mn konsentrasjonen i næringsløsningen er risikoen for indre BRS mindre, men planten utvikler mye ytre BRS. Problemene med BRS er et resultat av at samme plante har ulike fysiologiske utfordringer avhengig av bladets alder og plassering. Situasjoner som fremmer ytre BRS kan gi mindre indre BRS og omvendt. Ulike fysiologiske utfordringer i samme plante gjør det krevende å komme frem til praktiske løsninger som kan bidra til å unngå både indre og ytre BRS.

#### *Klimaforhold og klimastyring*

Salat kan utvikle ytre BRS, indre BRS eller begge deler på samme tid. Ytre bladrandskade kan fjernes (ved å fjerne eldre blad). Det er tidkrevende, men salaten kan fortsatt pakkes og omsettes. Salat som utvikler indre BRS kastes. Produsentene i prosjektet har registrert ytre og indre bladrandskade hver uke i tre år og i tillegg er det samlet klimadata fra de samme veksthusene. Statistiske modeller utviklet på bakgrunn av bladrandskadedata og klimadata viser at ytre BRS er det mest vanlige problemet i Norge. Det er for lite indre BRS til at modellen kan estimere årsaker til indre BRS. Utvikling av ytre BRS derimot kan forklares best med faktorer som «gartneri» og «årstid» i tillegg til oppvarmingsmetode/variasjon i temperatur fra undervarme. Det er stor variasjon mellom gartnerier hvordan klimaet styres. Gartneriet med minst ytre og indre BRS har stor variasjon i luftfuktighet (RF) gjennom døgnet og god kontroll på lysintensitet ved bruk av kvantumsensor (lyssumstyring). Gartneriet med mest ytre BRS har størst variasjon i temperatur og lysintensitet gjennom døgnet. Det betyr at god kontroll på klimaet, og lite variasjon i lysintensitet og temperatur, men variasjon i RF er fordelaktig for å unngå ytre BRS. Når det gjelder årstid er det andre kvartal (april-juni) som er perioden med størst risiko for ytre BRS. I denne perioden er det naturlig stor variasjon i lysintensitet og temperatur utenfor veksthuset og dermed mer krevende å styre klimaet inne i veksthuset enn f.eks årstider hvor klimaet er mer stabilt. Forsøk på NMBU har vist at lys-stress fremmer både indre og ytre BRS. Lyssum  $>17 \text{ mol}/\text{m}^2/\text{dag}$  øker risikoen for lys-stress. Det er dermed hensiktsmessig å benytte lyssum-styring for å unngå lys-stress spesielt i denne perioden. Skygging og brusing er andre metoder som kan benyttes for å unngå lys-stress. Stor variasjon i temperatur på varmerørene bidrar også til ytre BRS. Det har sannsynligvis sammenheng med økt fordamping fra ytre blad og videre Mn akkumulering eller tørke hos bladspissene.

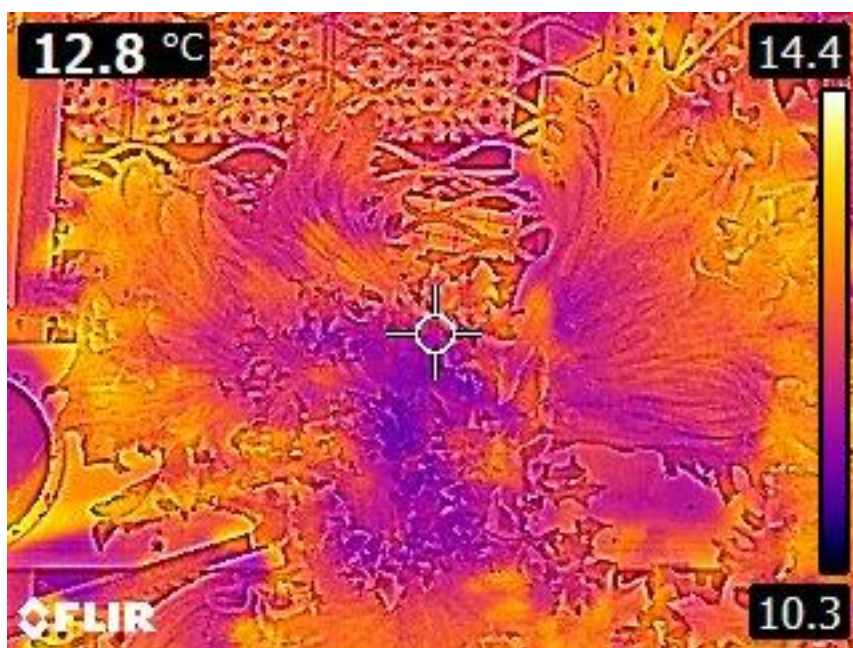
### *Utpøving av ny teknologi i gartneri*

Et gartneri har i prosjektperioden installert lys emitterende dioder (LED) som tilleggslis. Sammenlignet med tradisjonell lampe (HPS) ble det ikke observert mindre BRS med LED. I forsøk på NMBU har LED vist å gi økt BRS men resultatene avhenger av den spektrale fordelingen på lyset. Mye rødt (660 nm) lys og mangel på mørkerødt (730 nm) lys fremmer utvikling av BRS. Nanobobler har vært testet i gartneri over en lengre periode. Det har ikke gitt mindre BRS. Konklusjonen fra forsøkene i gartneri tyder på at økt oksygen i rotsonen ved hjelp av nanobobleteknologi er mindre viktig i NFT (nutrient film technique) systemet fordi plantene allerede har god tilgang til oksygen i rennene. I et annet system, f. eks «Deep water culture» kan det være mer fordelaktig, men denne metoden benyttes ikke i noen av gartneriene i dag. I et gartneri har det vært benyttet avfukting som metode for å regulere luftfuktighet (RF) gjennom døgnet. Strategien i gartneriet har vært å gi variasjon i RF gjennom døgnet. Ved hjelp av avfukting har det vært mulig å gi 70% RF i dagfasen og 85-90% i nattfasen. På denne måten kan gartneriet unngå luftefyring og dermed spare energi. Klimaregulerte forsøk gjennomført på NMBU bekrefter strategien om at variasjon i RF gjennom døgnet er viktig for å hindre utvikling av BRS. Avfukting reduserer også energiforbruket med opptil 25%. Av de ulike teknologiene som er vært undersøkt i prosjektet er det avfukkingsteknologi som har vist seg å bidra mest i positiv retning når det fokus på å hindre ytre BRS.



### *Ikke destruktive målemetoder/sensorer*

IR sensor i gartneri kan brukes til å måle bladtemperatur. Stor variasjon i dag- og natttemperatur kan gi kondens inne i salaten og fremme indre BRS. Utfordringen med IR sensor er å måle bladtemperatur på det riktige punktet i salaten (indre blad) siden rennene i NFT systemet forflytter seg hele tiden. BRS-deteksjon ved hjelp av hyperspektrale bilder har vært en viktig del av prosjektet og er gjennomført i samarbeid med Wageningen University. Hundrevis av planter med og uten BRS har blitt fotografert med hyperspektrale kamera og maskinlæring som metode har vært benyttet for å identifisere planter som vil utvikle BRS. Modellene gir ikke gode score for ytre BRS men planter som er i ferd med å utvikle indre BRS kan identifiseres ved hjelp av teknologien. Resultatene viser F1-score på 89 % i det synlige lyset og 86 % i SWIR for indre BRS. Signalene i disse områdene skyldes sannsynligvis stress hos planten, men det kan være mulig å lage et verktøy for å oppdage risiko for indre BRS ved hjelp av informasjon fra disse bølgelengdene.



### **Prosjektgjennomføring og ressursbruk**

De viktigste FoU oppgavene er utført av NMBU, NGF og NLR i tillegg til Wageningen university. Kontrollerte klimaforsøk er utført på NMBU av forskere/teknikere eller studenter. Det er levert 1 bacheloroppgave og 4 masteroppgaver i løpet av prosjektperioden. To masteroppgaver skal etter planen leveres vår 2022, og totalt betyr det at 6 masterstudenter i Plantevitenskap har benyttet problemstillinger fra prosjektet i sine oppgaver. I tillegg er det flere semesteroppgaver som er levert av studenter ved NMBU med problemstillinger fra prosjektet. NLR og NGF har deltatt på alle prosjektmøter i hele prosjektperioden (ca 1 gang per mnd). Prosjektdeltagere og studenter var på studiereise til Wageningen University i 2019 og på Frosta i 2020. Prosjektet har siden covid arrangert teams-møter hvor gartneriene har deltatt. Tema for de ulike møtene det siste året har vært: (1) Fokus på lys, (2) Fokus på temperatur, CO<sub>2</sub> og relativ luftfuktighet, (3): Fokus på Næringsstoffer og næringsløsninger, (4): Fokus på ny teknologi, LED, Nanobobler og avfukting. På grunn av covid er ikke det siste og avsluttende møtet gjennomført (planlagt i desember 2021) siden det var planlagt et fysisk møte.

## **Betydning/nytteverdi av resultatene**

En viktig konklusjon fra prosjektet er at ytre BRS er en naturlig utvikling hos crispisalat og et vanlig symptom på aldring, i tillegg til et symptom på stress. Det betyr at jo lengre salaten dyrkes (antall dager) jo større risiko er det for ytre BRS fordi bladene blir gamle. For å unngå ytre BRS bør salaten høstes på et tidligere tidspunkt. I dag er det vanlig å levere crispisalat som veier 150-160 gr. Da er de ytre bladene så gamle at risikoen for BRS er stor den siste uken før høsting. I tillegg er det slik at «gamle blad» er mer følsomme for stress. Salaten kan med fordel høstes når den veier mindre og på den måten unngå svinn. Sorten 'Frillice' er en svært følsom sort som er søt og god på smak. Den blir imidlertid lettere stresset av høy lysintensitet og Mn akkumulering sammenlignet med andre sorter (f.eks Danstar). De enkleste løsningene for å unngå ytre BRS og stort svinn er å høste på tidligere tidspunkt (mindre salater) eller å bytte til mer robuste sorter med mindre søt smak. Betydningene av disse konklusjonene må diskuteres med grossistene/omsetningsleddene. Salatmarkedet er lite segmentert i Norge, all crispisalat, uansett sort selges til samme pris. Når det gjelder å hindre indre BRS har prosjektet vist at lyssensor og lyssumstyring er verktøy som i stor grad virker. Siden lys-stress er en av de viktigste årsakene til indre BRS må gartneriene kontrollere hvor mye lys planten utsettes for per dag. I tillegg er det nødvendig å unngå for stor variasjon i dag og natt-temperatur. Prosjektet har bidratt til kompetanseutvikling hos gartnere og veiledningstjenesten (NLR og NGF). Det har vært mye fokus på næringsløsninger og næringsstoffer i prosjektet. Vi har fulgt næringsstoffer fra næringsløsning til bladspiss ved å ta i bruk nye forskningsmetoder (XRF) blant annet for å for å lokalisere hvilke næringsstoffer som akkumulerer i bladspissene.

## **Planene for formidling og for utnyttelse av resultatene**

På grunn av covid har ikke prosjektet deltatt på noen nasjonale møter hvor resultater har blitt presentert fysisk. I søknaden er det beskrevet deltagelse på Gartner 2021. Om mulig vil prosjektet presentere resultater på Gartner 2022.

## **Resultater som forventes ferdigstilt etter prosjektets slutt**

To masteroppgaver som er under arbeid forventes og ferdigstilles mai 2022. Vi er i gang med å skrive to artikler til Gartneryrket og det forventes å publiseres 2-3 vitenskapelige artikler i løpet av 2022.

### *Masteroppgaver (mai 2022)*

Gifty Kodua: The role of Manganese in light stress-induced tipburn of lettuce

Sushma Adhikari: Dynamic leaf temperatures in different climate regimes and its relationship with tipburn incidence of lettuce

### *Nasjonal artikler: Gartneryrket (publiseres 2022)*

Crispissalat: Betydningen av lys og lyskvalitet og metoder for å unngå ytre og indre bladrandskade

Crispissalat: Betydningen av temperatur og luftfuktighet og metoder for å unngå ytre og indre bladrandskade

Crispissalat: Effekt av næringsstatus med fokus på kalsium og mangan på bladrandskade hos crispissalat

*Vitenskapelige artikler:*

J Peller, M Vukovic, I Burud, S Torre, G Polder. 2022. Spectral response and Identification of Tipburn in Lettuce. To be submitted

S Torre, ITB Byrnes, G Kodua, M Knoop, NU Katyayini, YK Lee, T Melby, NE Nagy, OK Lind. 2022. Manganese accumulation in high irradiance induces metal toxicity, ROS accumulation and outer tipburn of lettuce