

Ozonvann mot gråskimmel i jordbær

Atle Wibe



TITTEL/TITLE

OZONVANN MOT GRÅSKIMMEL I JORDBÆR

FORFATTER(E)/AUTHOR(S)

ATLE WIBE

| | | | | |
|--------------------------|--|---|--|---|
| DATO/ DATE: | RAPPORT NR./ REPORT NO.: | TILGJENGELIGHET/ AVAILABILITY: | PROSJEKT NR./ PROJECT NO.: | SAKSNR./ ARCHIVE NO.: |
| 07.11.2017 | VOL 2/NR 7/2017 | ÅPEN | PROSJEKTNR 3073 | ARKIVNR |
| ISBN-NR./ISBN-NO: | ISBN DIGITAL VERSJON/ ISBN DIGITAL VERSION: | ISSN-NR./ISSN-NO: | ANTALL SIDER/ NO. OF PAGES: | ANTALL VEDLEGG/ NO. OF APPENDICES: |
| 978-82-8202-041-1 | VERSJON NR | ISSN NR | 18 | VEDLEGG |

OPPDRAAGS GIVER/EMPLOYER:

REGIONALE FORSKNINGSFOND MIDT-NORGE

KONTAKTPERSON/CONTACT PERSON:

KARI METTE ANDERSEN

STIKKORD/KEYWORDS:

JORDBÆR, GRÅSKIMMEL, OZONHOLDIG VANN

STRAWBERRIES, BOTRYTIS, OZONE WATER

FAGOMRÅDE/FIELD OF WORK:

PLATEVERN

PLANT PROTECTION

SAMMENDRAG/SUMMARY:

I DETTE PROSJEKTET ER DET BLITT TESTET OM BRUK AV OZONHOLDIG VANN KAN KONTROLLERE GRÅSKIMMEL I ET JORDBÆRFELT. OZONHOLDIG VANN BLE SPRØYTET DIREKTE PÅ PLANTENE I ET FELT OG RESULTATENE SAMMENLIGNET MED EFFEKTEN AV BRUK AV FUNGICIDER OG VANN UTEN TILSETNING. RESULTATENE VISTE AT OZONHOLDIG VANN HAR EN EFFEKT PÅ GRÅSKIMMELSOPPEN MEN MER FORSKNING MÅ TIL FOR Å OPTIMALEISERE METODEN FOR Å UTVIKLE EN NY PLANTEVERNSTRATEGI.

IN THIS PROJECT, IT HAS BEEN TESTED IF WATER WITH OZONE CAN BE USED TO CONTROL BOTRYTIS IN A STRAWBERRY FIELD. OZONWATER WAS SPRAYED DIRECTLY ON THE PLANTS IN A FIELD AND THE RESULTS WERE COMPARED TO THE USE OF FUNGICIDES AND WATER WITH NO ADDITIVES. THE RESULTS SHOWS THAT OZONE WATER HAS AN EFFECT ON THE BOTRYTIS. HOWEVER MORE RESEARCH IS NEEDED TO OPTIMISE THE METHOD TO DEVELOP A NEW PLANT PROTECTION STRATEGY.

LAND/COUNTRY:

NORGE

FYLKE/COUNTY:


MØRE OG ROMSDAL

KOMMUNE/MUNICIPALITY:

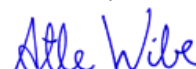
TINGVOLL

STED/LOKALITET:

TINGVOLL GARD

GODKJENT /APPROVED

NAVN / NAME

PROSJEKTLEDER /PROJECT LEADER

NAVN / NAME

Forord

Sopp sykdommer gråskimmel en stor utfordring for jordbærprodusenter. Sopp sporene spres lett med vinden og får bærene til å råtne i felt. Konvensjonelle bærprodusenter bruke derfor fungicider for å kontrollere sykdommen. Økologiske produsenter har få enkelttiltak tilgjengelig for hindre spredning av smitten.

Denne rapporten omhandler gjennomføring og resultater av et forprosjekt hvor man har prøvd ut muligheten av å benytte ozonholdig vann for å kontrollere gråskimmel i et jordbærfelt. Det er blitt rapportert fra USA at denne metoden er virkningsfull for å kontrollere sopp sykdommer på vinranker. Imidlertid har ingen tidligere prøvd denne metoden som et plantevern tiltak for jordbær i felt. Derfor er dette prosjektet enestående og kan få stor betydning for utvikling av et mer miljøvennlig plantevern som også kan brukes innen økologisk bærproduksjon.

NORSØK var prosjekteier med Atle Wibe som prosjektleder og prosjektet ble gjennomført i samarbeid med NLR Norsk landbruksrådgiving avd. Trøndelag v/Patrick Sjøberg og REDOX AS v/Bjørn Karlsen. Feltvert var Arne Moxness, Forfon gård, Steinkjer.

Før gjennomføringen av forsøkene med bruk av ozonholdig vann i felt ble det innhentet godkjenning fra Mattilsynet om dispensasjon fra forskrift om plantevernmidler.

Regionale Forskningsfond Midt-Norge (RFF-MIDT) gav økonomisk støtte til prosjektet gjennom midler avsatt til «Regionalt prosjekt med kvalifiseringsstøtte», prosjektittel «Ozonholdig vann for kontroll av gråskimmel (*Botrytis cinerea*) i jordbær (*Fragaria × ananassa*)» prosjektnr. 269220.

NORSØK takker alle som har bidratt i gjennomføringen av prosjektet og RFF-MIDT for finansiering av prosjektet.

Tingvoll gard – 07.11.2017

Turid Strøm

Daglig leder
NORSØK

Innhold

| | |
|--|----|
| Forord..... | 3 |
| Innhold | 4 |
| Innledning | 5 |
| Gråskimmel i jordbær | 5 |
| Ozonholdig vann brukt i vinranker | 5 |
| Ozon til andre formål..... | 5 |
| Fordeler med ozon | 6 |
| Utvikle ny metode for jordbær | 6 |
| Metoder | 7 |
| Fortest av ozonvann på jordbærplanter..... | 7 |
| Feltstudie | 8 |
| Resultater | 10 |
| Fortest av ozonvann på jordbærplanter..... | 10 |
| Feltstudie | 11 |
| Diskusjon | 16 |
| Konklusjoner | 17 |
| Litteraturreferanser | 17 |

Innledning

Gråskimmel i jordbær

Muggsoppen gråskimmel (*Botrytis cinerea*) gir store avlingstap i jordbær. I 2016 erfarte flere jordbærdykere at mer enn halvparten av avlingen måtte kasseres som en følge av soppangrep. Internasjonalt er det et økende problem at gråskimmelsoppen utvikler resistens mot fungicider (Leroch et al. 2013, Grabke et al. 2014, Li et al. 2014). Nå frykter forskere og produsenter for at gråskimmelsoppen i norske jordbærfelt også er blitt resistent. Høye plasttuneller eller regntak gir en viss beskyttelse mot soppangrep men i Norge er det kun en liten andel jordbær som dyrkes under slikt dekke. Når sopp sykdommen allerede er etablert finnes ingen effektive tiltak som reduserer skadeomfanget.

Soppen finnes stort sett overalt i naturen og overvintrer som mycel (nettverk av sopphyfer) eller sklerotier (hvileknoller av tjukkvegga og tettpakka soppmycel) i gamle planterester. Sklerotiene danner nytt mycel som vokser lett fra en død til en frisk plantedel ved kontakt eller konidier (ukjønnede sopp sporer). Konidiene spres lett med luftstrømmer eller regn/vannsprut, både utendørs og inne på lager. Soppen infiserer som oftest skadde plantedeler eller ungt plantevev og svært mange forskjellige plantearter kan bli angrepet.

I et jordbærfelt kommer det meste av smitten fra råtne eller råtnende planterester i jordbærråkeren. Infiserte jordbærplanter får gråbrune flekker på bladene og blomsterstilkene. Blomstene blir infisert i fuktig vær, og infiserte blomsterdeler kan bli brune. Infeksjon i blomstene er ofte ikke synlige, men sykdommen kan likevel utvikle seg og råten vil da vise seg først på kart og bær. Bærene blir brune, bløte og etterhvert dekket med et gråbrunt belegg av nytt mycel og konidier.

Ozonholdig vann brukt i vinranker

Et mulig alternativ til bruk av fungicider er ozonholdig vann som gir liten risiko for negative effekter på miljøet. Ozonholdig vann brukes som plantevern av vinranker mot sopp sykdommer i USA og utprøves flere steder i Europa.

Erfaringene med bruk av ozonholdig vann på vinranker er at nivået av sykdommer knyttet til soppinfeksjoner reduseres betraktelig (Wong 2015). Overflatespenningen på bladene til vinranken opprettholdes og i tillegg blir mengden av skadeinsekter redusert. Firmaet AgriOzein (www.agriozein.com) har spesialisert seg på denne metoden og har utviklet ozongeneratorer og sprøyteteknikk tilpasset drueproduksjon.

Bruken av ozon mot sopp i vinranker er diskutert av flere fagfolk (Wood 2013, Bhadra 2015) men ingen kjente forskningsresultater foreligger.

Ozon til andre formål

Ozon (O_3) løst i vann har effekt på et vidt spekter av mikroorganismer som virus, bakterier og sopp sporer. Ozon blir brukt som desinfeksjonsmiddel i vannbehandlingsanlegg i hele verden blant annet i Norge (FHI 2015) og er i USA tillatt brukt til antimikrobiell behandling av kjøtt og andre matvarer (Zeynep 2004). Slik behandling vesentlig forlenger holdbarheten til produktene. I Norge brukes ozonholdig vann til desinfeksjon av utstyr for fiske- og havbruksnæringen og i meieribransjen. Det blir også brukt på legekontorer, restauranter og i barnehager.

Halveringstid til O_3 i gassfase (ved $20^{\circ}C$) er fra 30 minutter til 2 timer og i vann mellom 10 og 30 minutter. Ved nedbryting dannes kun rent oksygen (O_2). Ved inhalering av ozon i høye gasskonsentrasjoner kan det forårsake hoste, astma og lungeødem (amv.legehandboka.no). Når O_3 er løst i vann utgjør det liten eller ingen helsefare. Imidlertid er det ikke anbefalt å drikke store mengder ozonholdig vann.

Fordeler med ozon

En av fordelene med O₃ fremfor pesticider er at det ikke er mulig at ozon selekterer for resistente organismer. Ozon er et sterkt oksidasjonsmiddel og dreper mikroorganismer ved å ødelegge cellemembraner, degradere lipidmolekyler og bryter ned cellevegger. Pesticider derimot virker på spesifikke fysiologiske mekanismer, noe som kan fremkalle seleksjon for resistens. En annen fordel med O₃ fremfor pesticider er at O₃ ikke etterlater noen skadelige reststoffer i naturen eller i produktene, noe som er en betydelig utfordring ved bruk av pesticider.

Siden det er erfart at ozonholdig vann brukt i vinranker reduserer mengden små skadeinsekter («mindre enn fluer») kan slik behandling av jordbær redusere skadeomfanget av jordbærnsutebillen. Dette lille skadeinsektet er en annen stor utfordring jordbærprodusentene står ovenfor. Imidlertid virker hverken ozon eller insekticider selektivt på spesifikke insektarter. Også nytteinsekter som pollinatorer kan bli negativt påvirket. Pollinatorer som humler og bier er relativt store insekter så det er ikke forventet noen betydelig negativ påvirkning på disse artene. Imidlertid er det ønskelig med mer kunnskap om dette.

Utvikle ny metode for jordbær

Ved å utvikle en metode for å behandle jordbærplanter med ozonholdig vann er det mulig å redusere skadevirkningen av både gråskimmelsoppen og jordbærnsutebillen. Det vil kunne føre til redusert avlingstap for jordbærprodusentene med påfølgende økt omsetning. Jordbær er en viktig produksjon for midt-norsk landbruk så en reduksjon av skadene på jordbærplantene vil derfor kunne få stor betydning for næringen i regionen. Jordbærprodusenter i andre deler av landet vil også kunne nyte godt av denne metoden.

I dette ettårige prosjektet ble det gjennomført en test om jordbærplanter tåler behandling med ozonholdig vann. Risikoen var at plantene kunne få nedsatt allmenntilstand ved slik behandling. Deretter ble behandlingen testet i felt for å se om sprøyting med ozonholdig vann kunne redusere tilvekstene av gråskimmelsoppen på jordbær og dermed redusere skadeomfanget. Før feltarbeidet ble iverksatt ble det innhentet dispensasjon fra Mattilsynet fra «Forskrift om plantevernmidler» for utprøving av ozonholdig vann mot gråskimmel i jordbær.

Partnerne i prosjektet var NORSØK Norsk sentere for økologisk landbruk (Tingvoll), NLR Norsk landbruksrådgivning Trøndelag AS (Steinkjer), REDOX AS (Averøy) og feltvert Arne Moxness (Steinkjer).

Metoder

Fortest av ozonvann på jordbærplanter

For å teste om jordbærplanter får nedsatt allmenntilstand ved sprøyting med ozonholdig vann ble det i løpet av siste uke i mars 2017 fraktet oppavlede jordbærplanter fra Westerhus Jordbær AS, Inderøy, til REDOX as sine lokaler på Averøy. Plantene var ca. 25 cm høye og dyrket i tre 1 m lange vekstposer med «kokostorv» (Jiffy Growbags) (bilde 1.). Plantene ble ikke fjernet fra posene under testen. I hver pose var det dyrket 20 planter. Vekstsubstratet ble under hele testperioden holdt fuktig og tilført plantenæringsstoffer.



Bilde 1. Jordbærplanter i vekstposer med «kokostorv» (Jiffy Growbags) under behandling med ozonvann.

Ozongass ble produsert ved hjelp av en generator av merket Triogen (bilde 2a.). Gassen ble ledet ned i tank på med ca. 500 L vann. Ozonkonsentrasjonen i vannet ble målet med et «chlorine-ozone meter» av typen B&C Electronics CL 125.2 (bilde 2b.).



Jordbærplantene i de tre vekstposene fikk ulik behandling; pose A: rent vann, pose B: vann med 5 ppm ozon og pose C: vann med 10 ppm ozon. Ved hver behandling var vannmengden 10 L og vannet ble sprøytet på plantene med en vannkanne (bilde1.). Helsetilstanden til plantene ble vurdert visuelt før og like etter behandling. Denne første behandlingen fant sted 31.03.2017.

*Bilde 2. a: Ozongenerator av merket Triogen
b: Håndholdt «Chlorine-ozone meter» av typen B&C Electronics CL 125.2.*



Plantene ble så satt inn i et veksthus (161x120x80 cm³) som var montert innendørs i REDOX sine lokaler (bilde 3.). I lokalet var det 15-18°C.

Bilde 3. Behandlede jordbærplanter i et veksthus montert innendørs.

Den samme behandling med ozonvann ble gjentatt fem dager senere (05.04.2017). Før og etter behandlingen ble det foretatt visuell vurdering av helsetilstanden til plantene. Vekstposene med plantene og veksthuset ble så transportert til en privat garasje med suboptimale vekstforhold i Sunndal. Her var temperaturen ca. 7-12°C og lysmengden begrenset. Plantene ble holdt under observasjon frem til 1. mai.

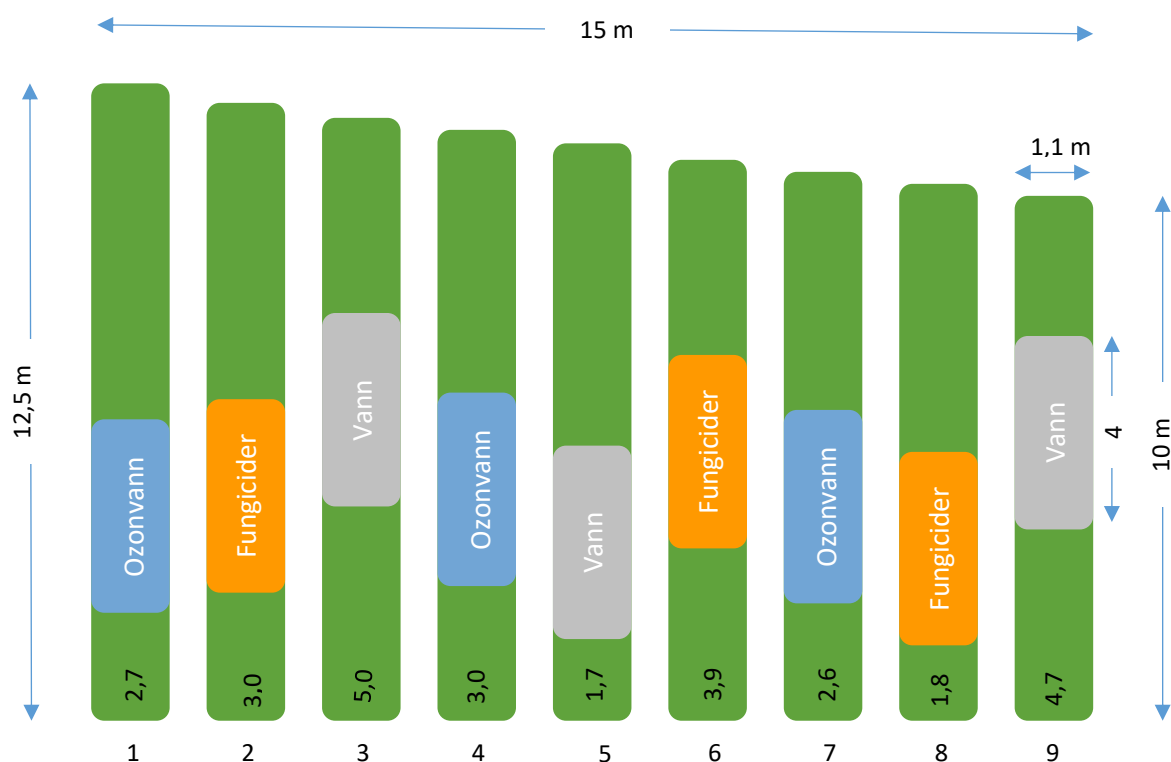
Feltstudie

Et jordbærfelt bestående av planter av typen Sonata lokalisert på gården Forfon, Steinkjer kommune, ble valgt som forsøksfelt. Feltet var plantet oktober 2014 og var av felleier kjent for å være infisert med gråskimmel (bilde 4.)



Bilde 4. Forsøksfelt for testing av ulike behandlinger mot gråskimmel i jordbær

Forsøksfeltet besto av ni dobbelrader med lengde 10,0-12,5 m (figur 1). Bredden på feltet var 15 m. I hver dobbelrad ble det avmerket en 4 meter lange kontrollsoner som dekket begge radene. Sonene hadde en avstand på 1,7 – 5,0 m fra kanten på feltet.



Figur 1. Skisse over forsøksfelt. Kontrollsoner i hver dobbelrad med fargekode for angivelse av type behandling; blå sone: ozonvann, orange sone: fungicider, grå sone: vann. Kontrollsonenes avstand fra kanten er angitt i radene. Rad-nummer, lengde og bredde på forsøksfeltet er angitt på sidene av skissen.

Det ble gitt tre ulike behandlinger hvorav den enkelte behandling ble gjentatt i tre ulike soner.

- Vann med 10 ppm ozon (90 L/da, væsketrykk 1 kg)
- Konvensjonelle plantevernmidler inklusiv fungicider* (90 L/da, væsketrykk 7 kg)
- Rent vann (90 L/da, væsketrykk 1 kg)

* Luna Sensation, Switz, Rovral og Serenade

Alle behandlingene ble gjentatt fire ganger; 15. og 23. juni og 1. og 7. juli. Disse behandlingene fant sted da det var optimalt for bruk av de konvensjonelle plantevernmidlene.

Behandlingene ble utført ved bruk av traktor og tradisjonell åkersprøyte for jordbærfelt. For vann og ozonbehandlingene ble det brukt en egen åkersprøyte for å hindre kontaminering av fungicider i sprøyta. På denne sprøyta var det påmontert store dyser som gav samme vannmengde som den konvensjonelle behandlingen men ved et lavere trykk. Det førte til at dråpestørrelsen under ozonbehandlingene ble langt større. Dette for å hindre at ozonet i vannet ikke spaltet umiddelbart etter at det var sprøytet på plantene.

Før ozonbehandlingen ble vannet i åkersprøyta tilført ozongass ved hjelp av samme ozongenerator som ble brukt ved fortesten av ozonvann på jordbærplanter (se avsnitt over). Behandlingen fant sted så snart som mulig etter gassen var tilført vannet. Ozonnivået ble kontrollert like før behandlingen startet.

For å registrere effekten av de ulike behandlingene ble alle halvmodne og modne jordbær i kontrollsonene plukket og kontrollert for eventuell smitte av gråskimmel. Dette ble gjentatt tre ganger. Tidspunkt for plukking var 26. og 31. juli og 7. august. Vekt på avling fra den enkelte sonene ble også registrert ved de to siste kontrolltidspunktene.

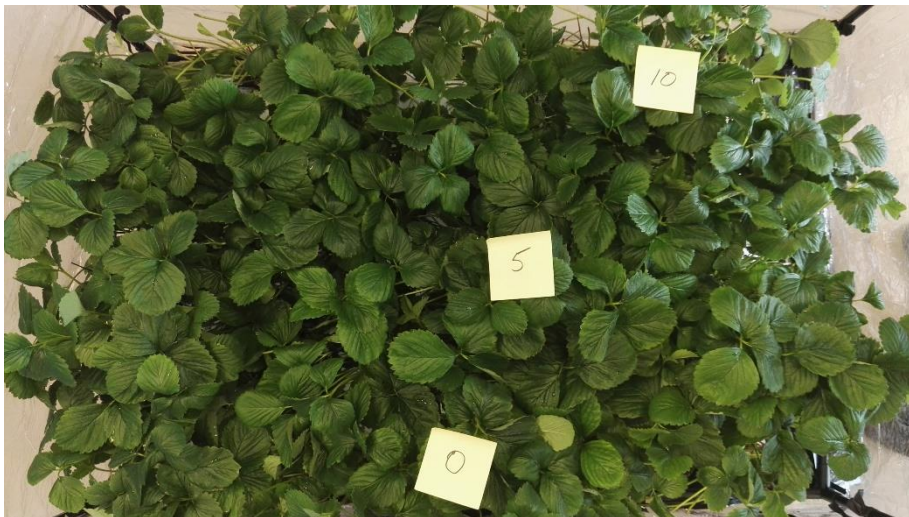
Resultatene ble statistisk analysert ved bruk av Student's *t*-test

Værdata for Steinkjer (Egge) målestasjon ble innhentet fra www.yr.no. Denne målestasjonen ligger 12,5 km fra gården Forfon og er den målestasjonen som ligger nærmest forsøksfeltet.

Resultater

Fortest av ozonvann på jordbærplanter

Etter den første behandlingen av jordbærplantene (31.03.2017) og satt i veksthuset ble det ikke observert noen ulik allmentilstand hos plantene som ble sprøytet med henholdsvis 0, 5 eller 10 ppm ozonvann. Stivhet og farge på bladverket var det samme i de ulike gruppene (bilde 5.).



Bilde 5. Tre vekstposer med jordbærplanter 1 time etter første behandling (31.03.17) med 10 L vann tilsatt henholdsvis 0, 5 og 10 ppm ozon.

Hverken før eller like etter den andre behandlingen, fem dager senere (05.04.2017), ble det heller ikke observert noen forskjell på plantene med ulik behandling. Etter at plantene ble flyttet til Sunndal og påført stress med flytting og mindre optimale vekstforhold ble to dager etter den andre behandlingen observert en liten forskjell. Plantene som hadde fått ozonbehandling (5 og 10 ppm) hadde litt større bladmasse og bedre allmentilstand (bilde 6.)



Bilde 6. Tre vekstposer med jordbærplanter to dager etter andre behandlinger (05.04.2017) med 10 L vann tilsatt henholdsvis 0, 5 og 10 ppm ozon.

Etter ytterligere opphold i de stressrelaterte omgivelser ble det 01.05.2017 observert litt større overlevelse blant plantene som ble behandlet med ozonvann enn plantene som ble behandlet med rent vann (bilde 7.).



Bilde 7. Tre vekstposer med jordbærplanter en måned i stressede omgivelser etter to behandling med 10 L vann tilsatt henholdsvis 0, 5 og 10 ppm ozon.

Feltstudie

Ved den første høsting av bær 26. juli ble det plukket omtrent like mange friske bær i radene med ulik behandling (tabell 1.-3., figur 3.). Ved denne kontrolldatoen var antallet bær smittet med gråskimmel signifikant høyere i radene som var behandlet med bare vann sammenlignet med antall smittede bær i radene behandlet med fungicider (figur 4.). Det var som forventet. Imidlertid var det tidlig i høstsesongen så det var lite modne bær i feltet.

Seks dager etter den først høstingen, 31. juli, ble det i sum plukket flere bær i radene som ble behandlet med ozonvann enn i radene med de to andre behandlingene. En rad med ozonbehandling skilte seg ut. I rad 1 ble det plukket langt flere bær enn i de andre. Med en betydelig variasjon mellom raden med samme behandling gav det en stor standardfeil ved de statistiske analysene. De førte til få signifikante forskjeller selv om gjennomsnittet for de de ulike behandlingene var stort. Årsak til denne variasjonen er ikke kjent. Om man ser bort fra rad 1 var avlingsnivået omtrent likt for alle behandlingene. Antallet bær smittet med gråskimmel som var lavt i forhold til friske bær, var også omtrentlig likt for alle behandlingene. Det lave tallet for smittede bær må sees i sammenhengen med værobservasjonene (figur 2.). I uken før 31. juli hadde det kommet lite nedbør og den lave fuktigheten tørket fort inn da det var en relativ høy middeltemperatur. Det gjorde det ugunstig for gråskimmelsoppen å utvikle seg.

Ved kontrolldato 7. august var antallet friske bær som ble plukket fortsatt høyt for alle radene. Det kunne ikke påvises noen forskjell mellom behandlingene. Imidlertid var det også et høyt antall bær smittet med gråskimmel. Flest smittede bær fantes i radene som var behandlet med bare vann og litt færre smittede bær i radene behandlet med ozonvann. I radene behandlet med fungicider var det et noe lavere antall smittede bær. Årsaken til at det var færrest smittede bær i radene behandlet med fungicider kan skyldes at langtidseffekten av disse plantevernmidlene er større enn for ozon løst i vann.

Tabell 1. Antall (#) halvmodne og modne friske jordbær og bær smittet med gråskimmel i kontrollsoner i ulike rader behandlet med vann tilsatt 10 ppm ozon ved tre ulike plukketidspunkt i 2017.

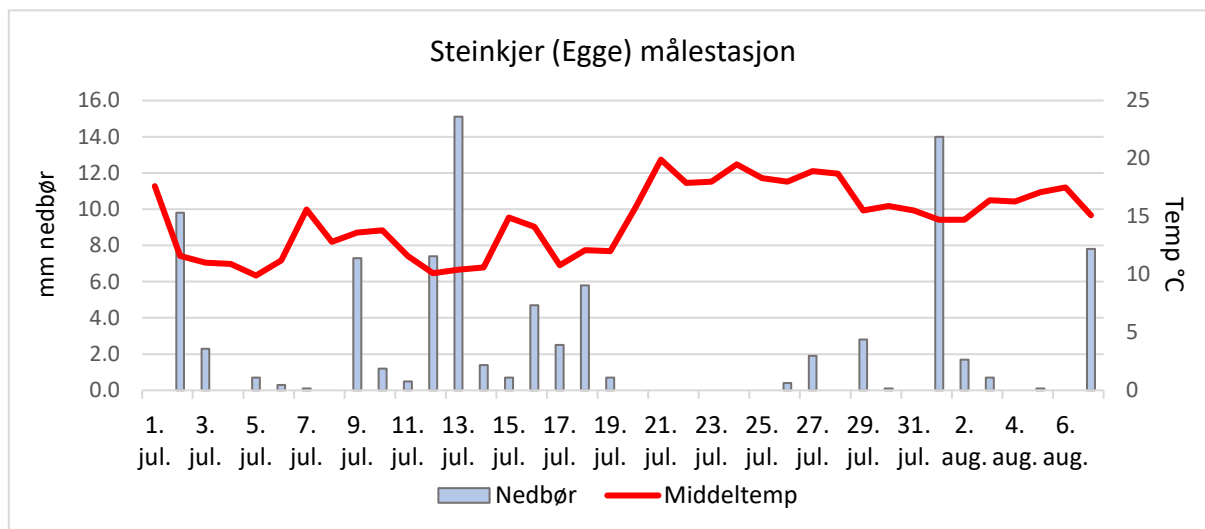
| Rad | 26.jul | | 31.jul | | 07.aug | |
|-----|----------|------------|----------|------------|----------|------------|
| | # friske | # smittede | # friske | # smittede | # friske | # smittede |
| 1 | 52 | 17 | 173 | 35 | 100 | 135 |
| 4 | 18 | 46 | 98 | 28 | 78 | 244 |
| 7 | 29 | 52 | 105 | 28 | 96 | 166 |
| Sum | 99 | 115 | 376 | 91 | 274 | 545 |

Tabell 2. Antall (#) halvmodne og modne friske jordbær og bær smittet med gråskimmel i kontrollsoner i ulike rader behandlet med vann tilsatt fungicider ved tre ulike plukketidspunkt i 2017.

| Rad | 26.jul | | 31.jul | | 07.aug | |
|-----|----------|------------|----------|------------|----------|------------|
| | # friske | # smittede | # friske | # smittede | # friske | # smittede |
| 2 | 28 | 8 | 107 | 30 | 117 | 81 |
| 6 | 38 | 25 | 96 | 28 | 104 | 106 |
| 8 | 20 | 24 | 92 | 20 | 117 | 175 |
| Sum | 86 | 57 | 295 | 78 | 338 | 362 |

Tabell 3. Antall (#) halvmodne og modne friske jordbær og bær smittet med gråskimmel i kontrollsoner i ulike rader behandlet med vann uten tilsetning ved tre ulike plukketidspunkt i 2017.

| Rad | 26.jul | | 31.jul | | 07.aug | |
|-----|----------|------------|----------|------------|----------|------------|
| | # friske | # smittede | # friske | # smittede | # friske | # smittede |
| 3 | 36 | 38 | 80 | 44 | 80 | 206 |
| 5 | 35 | 65 | 101 | 27 | 93 | 248 |
| 9 | 39 | 52 | 90 | 32 | 116 | 177 |
| Sum | 110 | 155 | 271 | 103 | 289 | 631 |



Figur 2. Værobservasjoner ved Steinkjer (Egge) målestasjon for perioden hele juli og første uke august 2017.

Ved kontrolldato 31. juli ble det registrert litt større bær i radene behandlet med fungicider enn i radene som ble behandlet med ozon-vann eller vann uten tilsetning (tabell 4.-6., figur 5.). Imidlertid så var antallet bær i radene behandlet med ozonvann større enn for radene med annen behandling så avlingen ble størst i radene behandlet med ozonvann (figur 6.).

Ved kontrolldato 7. august var det mindre forskjell på størrelsen av bærene i radene med de ulike behandlingene men i radene behandlet med fungicider hadde et høyere antallet bær. Det gav så en signifikant større avling enn i radene med de andre behandlingene. Dette må sees i sammenheng med at ved denne kontrolldatoen var det i radene behandlet med fungicider færre bær smittet med gråskimmel enn i radene som fikk annen behandling. Det resulterte i flere friske bær og høyere avling.

For totalavlingen disse to kontrolldatoene var det litt større avling i radene som var behandlet med fungicider enn i radene behandlet med ozon-vann (figur 7.). Imidlertid var forskjellen liten. I radene som ble behandlet med vann uten tilsetning var totalavlingen mindre enn i radene med de andre behandlingene.

Tabell 4. Antall (#), avling (g) og snittvekt (g/# bær) av halvmodne og modne friske jordbær i kontrollsoner i ulike rader behandlet med vann tilsatt 10 ppm ozon ved to ulike plukketidspunkt i 2017.

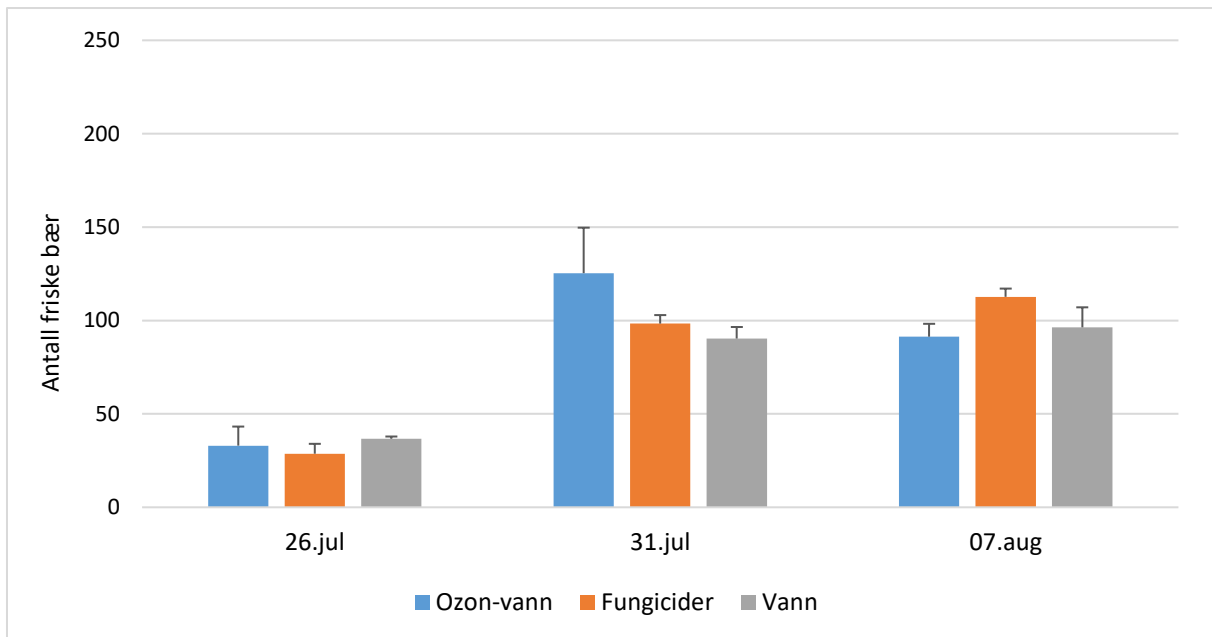
| Rad | 31.jul | | | 07.aug | | |
|-----|--------|---------|-------|--------|---------|-------|
| | # bær | g total | g/bær | # bær | g total | g/bær |
| 1 | 173 | 2621 | 15.2 | 100 | 1550 | 15.5 |
| 4 | 98 | 1523 | 15.5 | 78 | 1500 | 19.2 |
| 7 | 105 | 1762 | 16.8 | 96 | 1850 | 19.3 |
| Sum | 376 | 5906 | 15.7 | 274 | 4900 | 17.9 |

Tabell 5. Antall (#), avling (g) og snittvekt (g/# bær) av halvmodne og modne friske jordbær i kontrollsoner i ulike rader behandlet med vann tilsatt fungicider ved to ulike plukketidspunkt i 2017.

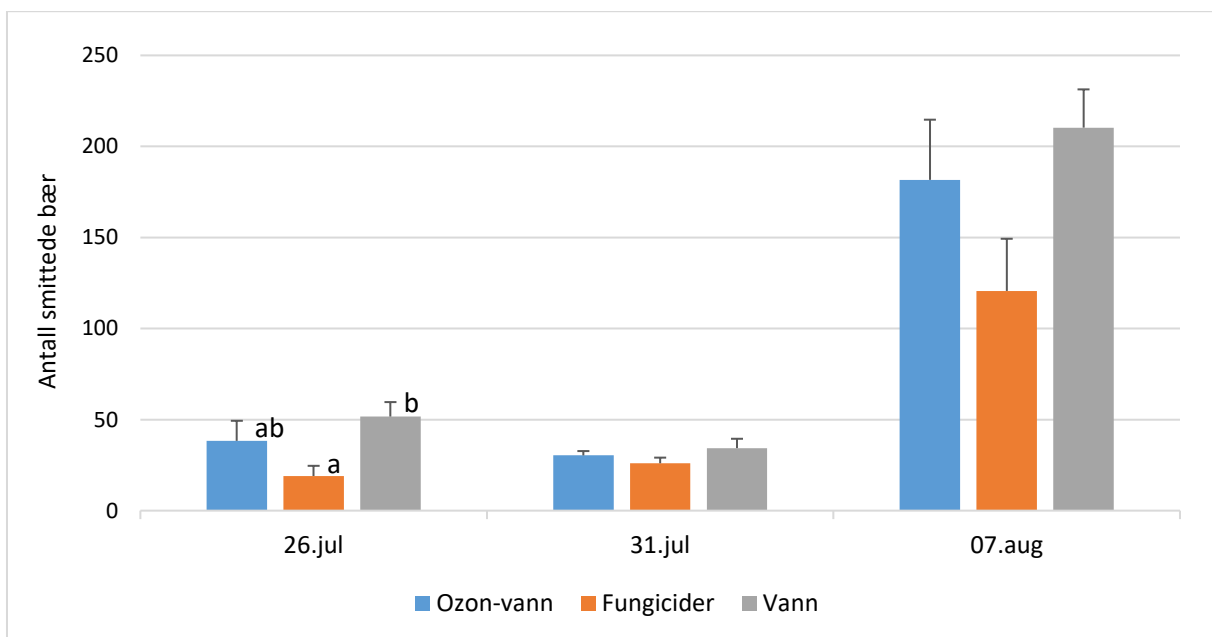
| Rad | 31.jul | | | 07.jul | | |
|-----|--------|---------|-------|--------|---------|-------|
| | # bær | g total | g/bær | # bær | g total | g/bær |
| 2 | 107 | 1815 | 17.0 | 117 | 2090 | 17.9 |
| 6 | 96 | 1870 | 19.5 | 104 | 2100 | 20.2 |
| 8 | 92 | 1608 | 17.5 | 117 | 2060 | 17.6 |
| Sum | 295 | 5293 | 17.9 | 338 | 6250 | 18.5 |

Tabell 6. Antall (#), avling (g) og snittvekt (g/# bær) av halvmodne og modne friske jordbær i kontrollsoner i ulike rader behandlet med vann uten tilsetning ved to ulike plukketidspunkt i 2017.

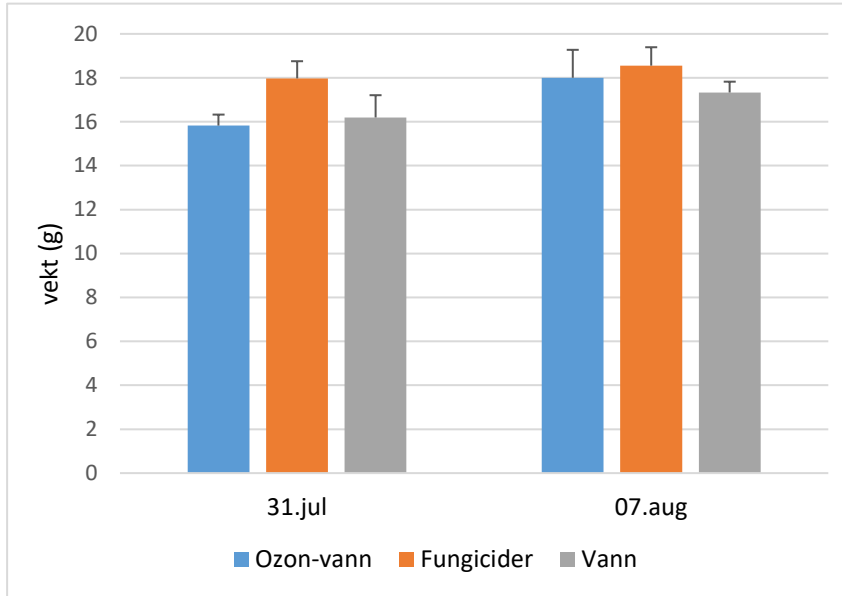
| Rad | 31.jul | | | 07.jul | | |
|-----|--------|---------|-------|--------|---------|-------|
| | # bær | g total | g/bær | # bær | g total | g/bær |
| 2 | 80 | 1137 | 14.2 | 80 | 1450 | 18.1 |
| 6 | 101 | 1754 | 17.4 | 93 | 1530 | 16.5 |
| 8 | 90 | 1530 | 17.0 | 116 | 2020 | 17.4 |
| Sum | 271 | 4421 | 16.3 | 289 | 5000 | 17.3 |



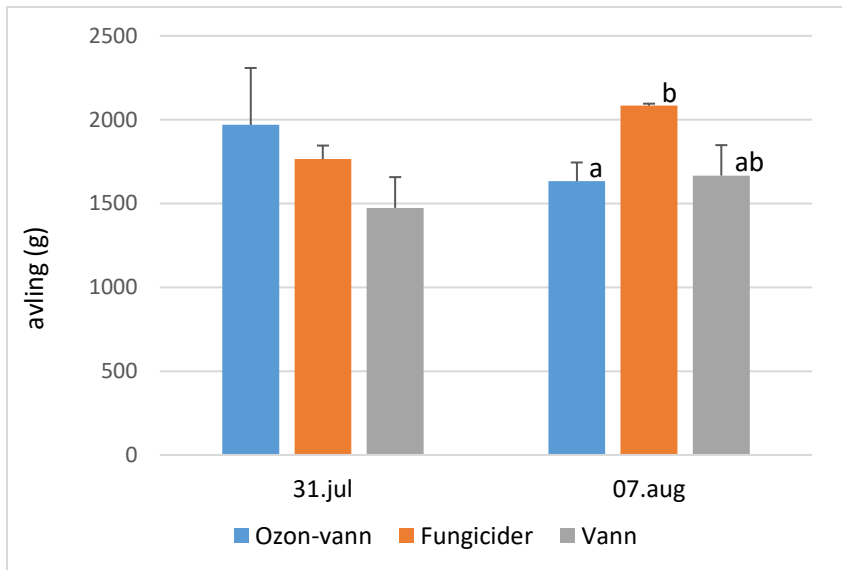
Figur 3. Gjennomsnitt antall friske halvmodne og modne jordbær i ni kontrollsoner med tre ulike behandlinger (tre gjentak) ved tre ulike høstetidspunkt. Standardfeil er angitt for hver behandling. Ingen signifikante forskjeller påvist (Student t-test, $p \leq 0,05$).



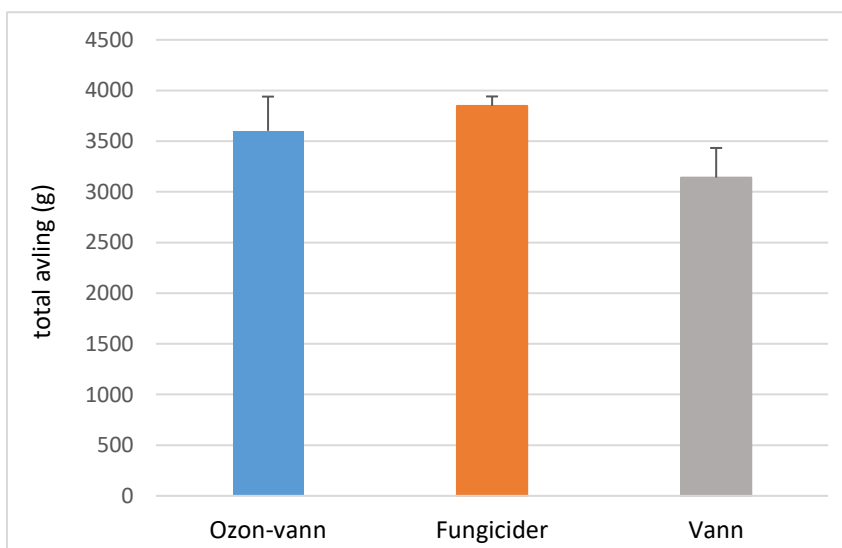
Figur 4. Gjennomsnitt antall halvmodne og modne jordbær smittet med gråskimmel i ni kontrollsoner med tre ulike behandlinger (tre gjentak) ved tre ulike høstetidspunkt. Standardfeil er angitt for hver behandling. For 26. juli er signifikante forskjellige responser angitt med bokstaver (Student t-test, $p \leq 0,05$). For de andre dagene ingen signifikante forskjeller påvist.



Figur 5. Gjennomsnittsvekt (g) av halvmodne og modne friske jordbær i ni kontrollsoner med tre ulike behandlinger (tre gjentak) ved to ulike høstetidspunkt. Standardfeil er angitt for hver behandling. Ingen signifikante forskjeller påvist (Student t-test, $p \leq 0,05$).



Figur 6. Avling (g) av halvmodne og modne friske jordbær i ni kontrollsoner med tre ulike behandlinger (tre gjentak) ved to ulike høstetidspunkt. Standardfeil er angitt for hver behandling. For 7. august er signifikante forskjellige responser angitt med bokstaver (Student t-test, $p \leq 0,05$). For 31. juli ingen signifikante forskjeller påvist.



Figur 7. Totalavling (g) av halvmodne og modne friske jordbær i ni kontrollsoner med tre ulike behandlinger (tre gjentak) ved to høstetidspunkt. Standardfeil er angitt for hver behandling. Ingen signifikante forskjeller påvist (Student t-test, $p \leq 0,05$).

Diskusjon

Fortesten av ozonvann på jordbærplanter viste at plantene ikke tok skade av behandlingen av ozonvann. Hverken behandlingen med vann tilsatt 5 ppm eller 10 ppm ozon hadde negativ effekt på spents eller farge på bladverket. En måned med opphold i stressede omgivelser var det ikke noe tegn til at overlevelsen var dårligere hos de behandlede plantene. Snarere tvert imot. Etter den andre behandlingen ble det observert et tettere bladverk på de ozonbehandlede plantene enn de som ble behandlet med bare vann. I tillegg, en måned etter behandlingene var overlevelsessevne bedre hos de som ble behandlet med ozonvann enn de som ble sprøytet med rent vann. Det ble ikke påvist noen forskjell på plantene som ble behandlet med henholdsvis 5 eller 10 ppm ozon. Årsaken til allmenntilstand til plantene som ble behandlet med ozonvann var bedre enn de som fikk rent vann er ikke kjent. Ozon er kjent for å være sterkt oksidasjonsmiddel og dreper mikroorganismer. Det kan ha ført til at fremvekst av sykdomsfremmede bakterier eller virus har blitt redusert. I tillegg kan små insekter som bladlus på plantene bli drept under behandlingen. Dette kan ha ført til plantene fikk vokse uten å bli hemmet av patogene mikroorganismer eller skadeinsekter.

Ved utformingen av forsøksfeltet ble det valgt å gi parallelle rader med jordbær ulik behandling. Dette er en vanlig metode for utprøving av fungicider. Imidlertid kan det ha ført til at patogene sporer fra gråskimmel på planter i f.eks. rader behandlet med vann, ble overført med vind til nærliggende rader behandlet med ozonvann eller fungicider. For bedre å kunne påvise eventuelle ulik respons til behandlingene ville de ha vært mer ideelt å gi større isolerte felt de ulike behandlingene.

For ozonbehandlingen av jordbærfeltet var planene å montere en generator på traktoren med åkersprøya, for så å lede ozongass kontinuerlig ned i vanntanken. Av praktiske og kostnadmessige forhold ble det valgt å tilføre ozongass til vanntanken på åkersprøya like før behandlingen. Siden feltet lå ca. 5 min kjøreavstand fra der generatoren var montert til forsøksfeltet fikk det ingen konsekvenser på gjennomføringen av forsøket. Reduksjon av ozonnivået i vanntanken fra fylling av ozongass til behandling var liten. Dette ble kontrollert like før behandlingen ble iverksatt. I en gitt situasjon ved behandling av et større areal ville det ha påkrevet en kontinuerlig tilførsel av ozongass til vanntanken. Det skyldes at ozonnivået reduseres raskt siden ozonmolekylene er lite stabile med en kort halveringstid.

På åkersprøya som ble brukt til vann- og ozonbehandling var det påmontert dyser med en større åpning enn på sprøya til konvensjonelle plantevernmidler. Dette gav en bedre behandling med ozonvann enn om man hadde brukt dyser med mindre åpning. Dråpestørrelsen er viktig for å hindre at ozonmolekylene spaltes for raskt da ozonmolekylene er mer stabile i vann enn i luft. Imidlertid er det trolig at appliseringsmetoden kan forbedres for å få størst mulig effekt av ozonet.

All behandling av forsøksfeltet fulgte rutinene for bruk av konvensjonelle plantevernmidler. Det førte til at behandling ble avsluttet 7. juli. Reglene for bruk av pesticider tilsier at det skal gå en viss tid fra siste sprøyting til plukking for at det skal være så lite reststoffer av pesticider i bærene som mulig. Ozon har en langt raskere halveringstid enn pesticider. Om ozonvann blir tillatt brukt som planteverntiltak ved bærproduksjon vil det være mer realistisk at regelen for tid fra siste behandling til plukking vil være langt kortere enn for pesticider. Siden alt ozonet brytes ned i løpet av et par timer kan det tenkes at siste behandling må skje innen et døgn før plukking. For forsøket ville det da ha vært mer realistisk å fortsette ozonbehandlingen 2-3 uker etter å ha avsluttet pesticidbehandlingen.

Resultatene fra feltforsøket viste få signifikante forskjeller på tre behandlingene på utviklingen av gråskimmel på jordbærene. De eneste signifikante forskjellene var at det ble påvist flere smittede jordbær i radene med vannbehandling sammenlignet med bærene fra radene med fungicidbehandling 26. juni. I tillegg var det signifikant større avling i radene behandlet med fungicider enn i radene behandlet med ozonvann 7. august. Imidlertid var datagrunnlaget lite med bare tre gjentak for hver behandling. Om det hadde blitt valgt å gjennomføre en mer omfattende forsøk med flere gjentak ville man hatt et bedre grunnlag for å vurdere effekten av de ulike behandlingene.

I utgangspunktet var planen å se om ozonbehandlingen i tillegg hadde noen effekt på skadeomfanget forårsaket jordbærnutebillen. Det ble utelatt da billen lett kunne forflytte seg mellom radene med ulik behandling siden radene lå så tett inntil hverandre.

Konklusjoner

Dette prosjektet har vist at bruk vann tilsatt ozon kan være et alternativ til bruk av fungicider for kontroll av gråskimmel i jordbær. Imidlertid ble det påvist få signifikante forskjeller mellom de ulike behandlingene da det ble gjennomført et begrenset antall gjentak. I tillegg viste resultatene fra behandlingen med ozonvann stor variasjon mellom de ulike gjentakene noe som gav usikkerhet i analysene.

Siden dette er det første kjente utprøving av ozonvann mot gråskimmel i et jordbærfelt er det et betydelig potensiale for å optimalisere forsøksoppsettet. Blant annet er det knyttet stor usikkerhet til optimal appliseringsmetode og behandlingstid og -frekvensen. Derfor er det påkrevet at det forskes mer på denne metoden i et mer omfattende forsøksoppsett før man kan utvikle en nye mer miljøvennlig plantevernstrategi basert på bruk av ozonvann for jordbærproduksjon.

Litteraturreferanser

Bhadra, R. (2015). *Engineering and Technology for Sustainable World* 22(4):15-17

Folkehelseinstituttet (2015) Vannbehandling. www.fhi.no/ml/drikkevann/hovedartikler/vannbehandling/

Grabke A, Fernández-Ortuño D, Amiri A, Li X, Peres NA, Smith P, Schnabel G. (2014). Characterization of iprodione resistance in *Botrytis cinerea* from strawberry and blackberry. *Phytopathology* 104(4):396-402.

Li X, Fernández-Ortuño D, Grabke A, Schnabel G. (2014). Resistance to fludioxonil in *Botrytis cinerea* isolates from blackberry and strawberry. *Phytopathology* 104(7):724-32.

Leroch, M., Plesken, C., Weber, R.W. S., Kauff F., Scalliet G., Hahna M. (2013). Gray Mold Populations in German Strawberry Fields Are Resistant to Multiple Fungicides and Dominated by a Novel Clade Closely Related to *Botrytis cinerea*. *Applied and Environmental Microbiology* 79(1): 159-167

Zeynep B., Guzel-Seydima, Z.B., Greene, A.K., Seydima A. C. (2004). Use of ozone in the food industry. *Lebensm.-Wiss. u.-Technol.* 37: 453–460

Wong, D. P. (2015). Ozone sanitation expands from winery to vineyard. *Vinyard & Winery Mangement*. July/August: 58-62 (www.vwmmedia.com)

Wood, D. (2013). *Ozonated Water: Vineyard Pest Control Without Chemicals*. Midwest Wine Press. March 31. (www.midwestwinepress.com)



www.norsok.no



Norsk senter for økologisk landbruk, NORSØK er ei privat, sjølvstendig stifting.
Stiftinga er eit nasjonalt senter for tverrfaglig forskning og kunnskapsformidling for å utvikle økologisk landbruk.

NORSØK skal bidra med kunnskap for eit meir berekraftig landbruk og samfunn.
Fagområda er økologisk landbruk og matproduksjon, miljø og fornybar energi.

Norsk senter for økologisk landbruk / Gunnarsveg 6 / NO-6630 TINGVOLL / Telefon: +47 930 09 884 / E-post: post@norsok.no