

UNIVERSITETET FOR MILJØ- OG BIOVITENSKAP





Forord

Denne masteroppgaven er gjennomført ved Institutt for plante- og miljøvitenskap (IPM) ved Universitetet for miljø- og biovitenskap (UMB) våren 2012. Oppgaven er et resultat av et halvt års arbeid (30 studiepoeng), og omhandler utviklingen av de viktige plantesykdommene klosopp og gulrothvitfleck på gulrot under langtidslagring. Påvirkningen på sykdomsutviklingen av ulike lagertemperaturer, sårtybder og alder på gulrøttene ved høsting (modningsgrad) er blitt undersøkt over en periode på 18 uker (klosopp) og 25 uker (gulrothvitfleck).

Jeg vil gjerne få rette en stor takk til min hovedveileder førsteamanuensis Anne-Berit Wold ved UMB og medveileder direktør Arne Hermansen ved Bioforsk Plantehelse, for all hjelp og kunnskap dere har bidratt med. Takk også til min medveileder forsker Mette Thomsen ved Bioforsk Øst Apelsvoll, for gode råd og friske gulrøtter, og teknikerne ved Bioforsk Apelsvoll for den praktiske hjelpen med dyrkingen og høstingen av de samme røttene. Jeg må også få rette en takk til avdelingsingeniør Liv Berge (UMB) og avdelingsingeniør Elisa Gauslå (Bioforsk) for mye praktisk hjelp, og for tålmodigheten til å lære meg å identifisere ulike råter på lagret gulrot. Seniorrådgiver Torfinn Torp (Bioforsk) og førsteamanuensis Siv Fagertun Remberg (UMB) skal ha takk for at de henholdsvis hjalp meg med statistikkdelen av oppgaven og gav meg råd vedrørende bruk av MINITAB. Dere var til stor hjelp. Jeg har generelt møtt stor velvilje under arbeidet med denne oppgaven, både fra bibliotekarene på universitetets hovedbibliotek, som gladelig har lett frem svært gamle artikler, fra landbruksnæringen som har svart villig på mine spørsmål, og fra min familie og venner som har stilt opp som korrekturlesere. Takk!

Anna Karina R. Schmidt

August 2012

Sammendrag

Denne masteroppgaven omhandler utviklingen av plantepatogenene klosopp (*Mycocentrospora acerina*) og gulrothvitfleksopp (*Rhizoctonia carotae*) på gulrot under langtidslagring. Det er blitt undersøkt hvordan faktorene sår i gulrotvevet (på 0, 1 og 3 mm dybde), alder på gulrøttene ved høsting (modningsgrad 1, 2 og 3 på henholdsvis 13, 16 og 20 uker), lagringstemperaturen (0-1, 3 og 5 °C) og lagringstiden påvirker sykdomsutviklingen. Klosoppens råteflekker ble målt både i form av den bredeste diameteren på overflaten av gulrota og i form av råteflekkens utvikling innover i gulrotvevet. For gulrothvitfleksoppen ble det kun registrert eventuell tilstedeværelse av symptomer i form av myceldotter.

For klosoppen indikerer resultatene at både modningsgrad, lagringstemperatur, lagringstid og sårddybde har signifikant betydning for utviklingen av bredden på råteflekken.

Bredden på råteflekken var signifikant størst for modningsgrad 3 (20 uker), mens modningsgrad 2 (16 uker) viste de laveste verdiene. Det ble også vist en signifikant større bredde på råteflekkene med økende temperatur, økende sårddybde og økende lagringstid frem til 14 uker. Resultatene antyder at en intakt periderm er en svært viktig faktor for å unngå infeksjoner av klosopp.

Råteflekkens utvikling innover i gulrotvevet ble signifikant påvirket av lagringstemperaturen og sårddybden. Mens råteflekkens utstrekning i bredden begrenses av lave temperaturer, antyder dette forsøket at lave temperaturer og økt sårddybde kan føre råten lengre inn i gulrotvevet.

Gulrothvitfleksoppen viste seg først etter 20 uker. På grunn av en lav grad av etablering og en sakte utvikling var det for få registreringer for kjøring av regresjonsanalyse. Resultatene antyder et økt angrep av gulrothvitfleksopp med økende temperatur og sårddybde. Det ble observert flest tilfeller av gulrothvitflekk ved modningsgrad 2.

Sårddybden og modningsgraden til gulrøttene viser potensiale som faktorer for en tidlig estimering av lagringsevnen med tanke på angrep av klosopp, så lenge faktorene sees i sammenheng med ønsket lagringstid og lagringstemperatur.

Abstract

The aim of this thesis has been to examine how the carrots maturity at harvest (maturity level 1, 2 and 3 at respectively 13, 16 and 20 weeks), wounding (at 0, 1 and 3 mm depth), storage temperature (0-1, 3 and 5 °C) and storage time effects disease development of “liquorice rot” (*Mycocentrospora acerina*) and “crater rot” (*Rhizoctonia carotae*) on carrots during long time storage. The lesions of *M. acerina* were measured both as the diameter on the surface of the carrot and as the development of the lesions towards the centre of the carrot. For *R. carotae* the disease was measured as presence of hyphal knots.

For *M. acerina*, the results indicate that the maturity of the carrot, the storage temperature, the time in storage and the depth of the wounds in the carrot tissue have significant importance for the development of the lesions diameter.

The diameter of the lesions was significantly larger for maturity level 3 (20 weeks), while maturity level 2 (16 weeks) showed the lowest values. Significantly larger lesions were also found with increasing temperature, increasing depth of the wounds and increasing time in storage until 14 weeks. The results indicate that an intact periderm is important to avoid infections.

The development of the lesions towards the centre of the carrot was significantly affected by storage temperature and the depth of the wounds. While the diameter of the lesions is limited by low temperatures, the results in this study suggest that low storage temperature and increasing depth of the wounds may cause decay further into the carrot tissue.

The symptoms of *R. carotae* were first observed after 20 weeks of storage. Due to few observations and a slow development, there were too few recordings for a regression analysis. The results indicate increased development of the disease with increasing temperature and depth of wounding. More symptoms were observed in the carrots of maturity level 2 than maturity level 1 and 3.

The maturity of the carrots at harvest and the depth of the wounds have potential for an early estimation of the storage capacity in relation to attacks by *M. acerina*, as long as the factors are considered in relation to the required storage time and temperature.

Innholdsfortegnelse

| | |
|--|-----------|
| 1. INTRODUKSJON | 5 |
| 2. GULROT | 6 |
| 2.1 SKJERMPLANTEFAMILIEN (<i>APIACEAE</i>)..... | 6 |
| 2.2 GULROT (<i>DAUCUS CAROTA SSP. SATIVUS</i>)..... | 6 |
| 2.2.1. Opprinnelse..... | 6 |
| 2.2.2. Biologi og foredling..... | 6 |
| 2.2.3. Dyrkningsarealer..... | 7 |
| 2.3 VEKSTVILKÅR..... | 8 |
| 2.3.1 Jordtype..... | 8 |
| 2.3.2 Temperatur..... | 8 |
| 2.3.3 Vann..... | 8 |
| 2.3.4 Næringsstoffer og pH..... | 9 |
| 2.4 HØSTING OG LAGRING..... | 9 |
| 2.4.1 Høsting..... | 9 |
| 2.4.2 Temperatur og luftfuktighet på lager..... | 10 |
| 2.4.3 Kontrollert atmosfære..... | 10 |
| 2.4.4 Lagringsevne og tap på lager..... | 11 |
| 3. SYKDOMMER PÅ GULROT | 13 |
| 3.1 SOPPSYKDOMMER..... | 13 |
| 3.2 LAGRINGSSYKDOMMER..... | 14 |
| 3.3 FORSVAR HOS GULROTPLANTEN..... | 14 |
| 4. KLOSOPP (<i>MYCOCENTROSPORA ACERINA</i>) | 16 |
| 4.1 LIVSSYKLUS..... | 16 |
| 4.2 UTVIKLINGEN AV KLOSOPP PÅ GULRØTTER..... | 17 |
| 4.3 VEKSTBETINGELSER..... | 18 |
| 5. GULROTHVITFLEKK (<i>RHIZOCTONIA CAROTAE</i>) | 20 |
| 5.1 LIVSSYKLUS..... | 21 |
| 5.2 UTVIKLINGEN AV GULROTHVITFLEKK PÅ GULRØTTER..... | 22 |
| 5.3 VEKSTBETINGELSER..... | 23 |
| 6. MATERIALE OG METODE | 25 |
| 6.1 FELT..... | 25 |
| 6.2 HØSTING..... | 28 |
| 6.3 FORBEREDELSE TIL LAGRING..... | 28 |
| 6.4 SÅRING OG SMITTING AV GULRØTTER..... | 29 |
| 6.4.1 Klargjøring av boksene..... | 29 |
| 6.4.2 Dyrking av soppen..... | 30 |
| 6.4.3 Såring av gulrøttene..... | 30 |

| | |
|---|-----------|
| 6.4.4 Tilføring av smitte..... | 30 |
| 6.5 LAGRING..... | 32 |
| 6.6 UTTAK..... | 32 |
| 6.7 OPPGJØR AV FORSØKET MED KLOSOPP..... | 33 |
| 6.8 OPPGJØR AV FORSØKET MED GULROTHVITFLEKK..... | 34 |
| 6.9 DATABEHANDLING OG STATISTIKK..... | 35 |
| 7. RESULTATER..... | 36 |
| 7.1 KLOSOPP..... | 36 |
| 7.1.1 Utviklingen av klosopp gjennom lagringsperioden..... | 36 |
| 7.1.2 Sammenhengen mellom modningsgrad, lagringstemperatur, tid, sårdybde og bredden på råteflekken..... | 38 |
| 7.1.3 Sammenhengen mellom lagringstemperatur, sårdybde og råteflekkens utvikling innover i gulrotvevet..... | 41 |
| 7.2 GULROTHVITFLEKK..... | 43 |
| 7.2.1 Utviklingen av gulrothvitflekk gjennom lagringsperioden..... | 43 |
| 7.2.2 Sammenhengen mellom modningsgrad, lagringstemperatur, sårdybde og utviklingen av gulrothvitflekk under lagring..... | 44 |
| 8. DISKUSJON..... | 46 |
| 8.1 KLOSOPP..... | 46 |
| 8.1.1 Modningsgrad..... | 46 |
| 8.1.2 Lagringstemperaturen..... | 48 |
| 8.1.3 Tiden på lager..... | 49 |
| 8.1.4 Sårdybde..... | 50 |
| 8.1.5 Samspillseffekter..... | 51 |
| 8.1.6 Sykdomsutvikling..... | 52 |
| 8.2 GULROTHVITFLEKK..... | 52 |
| 8.2.1 Modningsgrad, lagringstemperatur og sårdybde..... | 53 |
| 8.3 ANDRE FAKTORERS POTENSIELLE PÅVIRKNING PÅ SYKDOMSUTVIKLINGEN AV KLOSOPP OG GULROTHVITFLEKK I DETTE FORSØKET..... | 54 |
| 8.4 OM Å FORUTSI LAGRINGSEVNEN TIL ET GULROTPARTI..... | 57 |
| 8.4.1 Klosopp..... | 57 |
| 8.4.2 Gulrothvitflekk..... | 57 |
| 8.4.3 Hvordan man kan vurdere lagringsevnen i praksis..... | 58 |
| 8.5 KONKLUSJON..... | 59 |
| 9. LITTERATURLISTE..... | 60 |

VEDLEGG:

1. Resultater, tabeller; Gjennomsnittlig registrerte verdier for klosopp.
2. Resultater, tabeller; Variansanalysene for klosopp.
- 3.a) og b) Bilder av den observerte utviklingen til klosopp.
4. Bilder av observerte tilfeller av gulrothvitflekk ved 20 og 25 uker.
5. Identifisering av patogenene under mikroskop.

TABELLER:

| | |
|--|----|
| Tabell 4.1: den taksonomiske klassifiseringen av klosopp i følge «The International Mycological Association» | 16 |
| Tabell 5.1: den nye og gamle taksonomiske klassifiseringen av gulrothvitflekk i følge «The International Mycological Association» | 20 |
| Tabell 6.1: behandlingene med plantevernmiddel som ble gjennomført under vekstsesongen 2011 i forsøksfeltet på Bioforsk Apelsvoll | 25 |
| Tabell 6.2: merkingen av de ulike boksene i smitteforsøket | 29 |
| Tabell 7.1: den gjennomsnittlige bredden på klosoppens råteflekker i centimeter og grupperingen fra Tukeys test for de ulike modningsgradene, temperaturene, lagringstidene og sårdybdene | 39 |
| Tabell 7.2: samspillseffekten mellom modningsgraden og temperaturen på utviklingen av klosoppens råteflekker | 40 |
| Tabell 7.3: den gjennomsnittlige utviklingen innover i gulrotvevet hos klosoppens råteflekker og grupperingene for de ulike temperaturene og sårdybdene | 42 |
| Tabell 7.4: antall registrerte tilfeller av gulrothvitflekk innen hver behandling | 45 |

FIGURER:

| | |
|--|----|
| Figur 2.1: det totale tap av gulrot på lager de siste lagringssesongene i Norge | 12 |
| Figur 6.1: dyrkningsoppsettet for forsøkene med gulrot og soppsmitte ved Apelsvoll 2011 .. | 27 |
| Figur 6.2: prosessen med å gjøre gulrøttene klare til lagring, gjennom å klargjøre boksene, lage hull i gulrøttene, pålegg av strikk og å påføre smitte | 31 |
| Figur 6.3: eksempler på det som er blitt klassifisert som A (antydning) og T (tidlig stadium) ved klassifiseringen av utviklingen til klosoppens råteflekk | 33 |
| Figur 6.4: kjeder av klosoppens klamydosporer påvist i råteflekker fra gulrot | 34 |
| Figur 6.5: myceldotter av gulrothvitfleksopp med vekst både i kanten og midt i sårflaten ... | 34 |
| Figur 6.6: hvite myceldotter av gulrothvitfleksopp med antydning til grop-dannelse under, og som ved videre undersøkelser viste «clamp connections» og «piggrådmycel» | 35 |
| Figur 7.1: Sykdomsutviklingskurver for klosopp ved ulike sårdybder, basert på råteflekkens utvikling i bredden | 41 |

1. Introduksjon

Gulrøtter har i århundre vært en svært viktig grønnsak i de nordiske landene. Et krav til vekstmiljø som er tilpasset dyrkingsforholdene her nord, god lagringsevne gjennom lange vintre og søt smak har gjort høyt verdsatt. Stor popularitet og stabilt dyrkningsareal over mange år viser verdien av gulrotproduksjonen (Statistisk sentralbyrå 2012).

Kvaliteten på gulrøttene ved høsting er viktig for lagringsevnen, da man ikke kan lagre seg til bedre kvalitet på frukt og grønnsaker. Gulrotkvaliteten må skapes under produksjonen, mens bevaringen av kvaliteten derimot er hovedfokuset under transport og lagring. En av hovedtruslene mot kvaliteten under lagring er plantepatogener, som hvert år forårsaker store tap av gulrøtter. Oljen i gulrotplanten har vist seg å ha en antimikrobiell effekt, og denne delen av det kjemiske forsvaret gir planten god beskyttelse mot patogener under veksten og tidlig i lagringsperioden (Garrod *et al.* 1978, Garrod & Lewis 1980, Lewis *et al.* 1983). Straks røttene viser tegn til svekkelse, enten i den strukturelle delen av vevet eller i det kjemiske forsvaret, er det flere patogener som kan skape problemer.

To av de mest problematiske sykdommene på gulrot under lagring i Norge de siste årene har vært gulrothvitflekk (*Rhizoctonia carotae*) og klosopp (*Mycocentrospora acerina*). Begge patogenene overlever blant annet i jord, følger røttene med inn på lageret og skaper problemer straks gulrotas forsvar senkes over tid eller som konsekvens av sår og skader (Årsvoll 1968, Davies & Lewis 1980 og 1981b, Davies *et al.* 1981). Det endelige infeksjonsnivået som kan sees på lageret er et resultat av samspillet mellom mange faktorer, og å holde kontroll på disse er svært viktig for å begrense tapet av gulrøtter under lagringsperioden. Denne oppgaven vil derfor gå gjennom aspekter som påvirker gulrøttenes kvalitet, og dermed deres lagringsevne, i tillegg til faktorer som påvirker patogenene sine respektive livs- og infeksjonssykluser. Dette vil gi et grunnlag for å forstå interaksjonene mellom patogenene og gulrøttene og hvilke faktorer som kan påvirke samspillet.

Forsøket som ble gjennomført i forbindelse med denne oppgaven har hatt til hensikt å avdekke hvordan faktorer som sår i gulrotvevet, alder på gulrøttene ved høsting (modningsgrad) og lagringstemperatur påvirker sykdomsutviklingen under langtidslagring. Kunnskap om nettopp disse sidene av sykdomsutviklingen vil kunne gi et innblikk i hvordan man kan tilrettelegge for å minske et eventuelt tap av gulrøtter under lagring, gjennom å forutsi lagringsevnen til ulike gulrotparti.

2. Gulrot

2.1 Skjerimplantefamilien (*Apiaceae*)

Gulrot tilhører skjerimplantefamilien sammen med flere andre populære grønnsaker og urter, for eksempel selleri, pastinakk, kvann, koriander, persille, fennikel, karve og dill. Plantene i denne familien blir beskrevet som ettårige, toårige og flerårige urter med tydelig krydderlukt (Mossberg & Stenberg 2007). Stenglene er ofte hule unntatt ved bladfestet, blomstene sitter i enkel eller sammensatt skjerm med støtteblad, og det dannes spaltefrukt med ribber, furer eller vinger på ytterveggene. Fruktene har ofte oljekanaler, og oljen som kan utvinnes fra flere av artene benyttes som eteriske oljer i plantemedisin og kosmetikk, eller som smakstilsetning i mat. Både frø, grønne plantedeler og røtter av ulike planter i skjerimplantefamilien benyttes til mat, men det finnes også flere arter i denne familien som er svært giftige (Mossberg & Stenberg 2007).

2.2 Gulrot (*Daucus carota ssp. sativus*)

2.2.1. Opprinnelse

Den kultiverte varianten av gulrota har flere ulike former og det blir ofte skilt mellom den asiatiske eller østlige varianten, med gule eller lilla røtter og lite oppdelte, grågrønne blad (*D. carota ssp. sativus* var. *atrorubens*), og den vestlige varianten, med oransje rot og godt oppdelte blad i en mer gul-grønn farge (*D. carota ssp. sativus* var. *sativus*) (Small 1978). Den asiatiske varianten inneholder en undergruppe gulrot som er svært lik den ville typen, og som trolig representerer en tidlig stamfar av den kultiverte varianten. Dette gjør det sannsynlig at gulrota opprinnelig har spredd seg fra Asia (Small 1978). Til Europa kom gulrota rundt 1300-tallet, men den ble først kjent i Norden på 1600-tallet (Balvoll 1999).

2.2.2. Biologi og foredling

Gulrot er en toårig vekst som bygger opp næringsreserver i rota det første året og setter blomster og frø i den andre vekstsesongen, etter en periode med kaldt vær. Dette gjør at det i vekstsesonger med dårlig vær, gjerne med en varm periode fulgt av en kjøligere værtype, kan være fare for stokkløping. Hos gulrota er det pålerota som er interessant som grønnsak, og

plantene blir derfor dyrket som ettårige vekster, der stokkløping er en uønsket egenskap. Et av de fremste målene for gulrotforedlingen har vært, og er, å avle frem sorter som ikke så lett går i stakk (Bradeen & Simon 2007).

Rota til gulrotplanten er en pålerot med et fibrøst, tynt rotsystem for opptak av vann og næring (Bradeen & Simon 2007, González *et al.* 2009). Gulrot består av en midtre sylinder (sentralsylinder) av vedvev (xylem) med et tykt lag med silvev (phloem) utenpå, der det stort sett er en skarp overgang mellom vevstypene (Bradeen & Simon 2007). Silvevet er hos gulrota hovedvevet for lagring av næring (González *et al.* 2009). Det går «øyne» fra vedvevet gjennom silvevet og til overflaten av rota. Fra disse «øynene» dannes det røtter den andre vekstsesongen. Dette kan eventuelt skje allerede i første vekstsesong om rotsystemet blir skadet, vekstvilkårene er dårlige eller gulrotplanten blir angrepet av sykdommer eller insekter. Det er også fra disse «øynene» at det vokser røtter når gulrota begynner å gro på lager (Balvoll 1999).

2.2.3. Dyrkningsarealer

Gulrøtter kan dyrkes i store deler av Norge, men i de to nordligste fylkene kan klima gjøre dyrkingen noe usikker (Balvoll 1999).

Med noen unntak har det blitt dyrket mellom 12 000 og 13 000 dekar med gulrot hvert år i Norge siden 1980-tallet (Statistisk Sentralbyrå 2012, FAO 2012). På 1960- og 1970-tallet lå arealet en del høyere (mellom 15 000 og 16 000 dekar), men den totale avlingsmengden var omtrent den samme som i de senere tiårene. I 2010 var gjennomsnittsavlingen på 2916 kg per dekar, noe som ga en total produksjon av gulrot på 39 659 tonn det året (Statistisk Sentralbyrå 2011). Denne mengden gjenspeiler trolig ulike vekstvilkår i forskjellige områder og bruk av ulike sorter med ulik avlingsmengde, da Balvoll (1999) regner 3500 til 4000 kg per dekar som en normal avling, med en «god» avling liggende på 5000 til 6000 kg per dekar.

På verdensbasis er gulrotproduksjonen økende, i hovedsak på grunn av økende arealer med gulrot, mens den gjennomsnittlige avlingen kun har vist en svært liten økning de senere årene (Bradeen & Simon 2007).

2.3 Vekstvilkår

2.3.1 Jordtype

Det dype rotsystemet gir gulrota mulighet til å vokse under relativt tørre forhold (White 1992, Westerveld *et al.* 2006). Best vekst med penest røtter er observert i dype matjordlag med lett jord, gjerne varianter av silt-, sand- og veldrenert myrjord (Rodney 1980). Gulrota er svært ømfintlig for skader eller hindringer i jorda, i form av steiner, plogsåle eller klumper av jord eller gjødsel, noe som lett gir forgreininger og misdannelser av rota (Balvoll 1999).

2.3.2 Temperatur

Utviklingstiden til gulrotplanten er ganske følsom for temperatur både under spiring og i vekstperioden (Balvoll 1999, Hussain *et al.* 2008). Optimaltemperaturen for vekstraten skal ligge forholdsvis lavt (9-12 °C), men den jevneste veksten og de peneste røttene oppnås mellom 18 og 21 °C (Rosenfeldt *et al.* 2002). For gulrotproduksjonen generelt er form og farge på røttene viktige kvalitetsmål, og i den sammenhengen vil nok optimaltemperaturen kunne sies å ligge rundt 20 °C (Hussain *et al.* 2008). Selv om veksten til gulrotplanten skal være følsom for temperaturen, har undersøkelser også vist at variasjoner i nedbør og temperatur gjennom vekstsesongen ikke har en stor innvirkning, og at det er temperaturen mot slutten av vekstperioden (september og oktober) som har den største effekten på det endelige avlingsnivået (Tesfaendrias *et al.* 2010).

2.3.3 Vann

På grunn av jordtemperaturen, men også fordi gulrotfrøet er svært lite, bør såing gjøres grunt (Balvoll 1999). Dette gjør frøene utsatt for tørke. Etter at plantene er etablert viser de imidlertid en høy evne til å tåle tørkestress, mens et for høyt vanninnhold i jorda kan være svært negativt for veksten av gulrøttene. Både for mye og for lite vann reduserer antall salgbare røtter, men nedgangen skal være betydelig større ved et for høyt vanninnhold i jorda. For høy vanntilgang gir redusert avling, redusert rotlengde og -vekt (White & Strandberg 1979, White 1992, Tesfaendrias *et al.* 2010) og øker også faren for sprekkdannelser (Gutezeit 2001), misfarging og forgreining av gulrøttene (White & Strandberg 1979). De negative effektene av vannmettet jord øker med eksponeringstiden, men også med økende jordtemperatur. Dette skjer på grunn av oksygenmangel, ettersom jordorganismer blir mer aktive med økende jordtemperatur og dermed forbruker oksygenet fortere (White &

Strandberg 1979). I tillegg til direkte effekter vil høyt vanninnhold kunne ha en indirekte negativ effekt ved å legge forholdene til rette for vekst av patogener (Tesfaendrias *et al.* 2010).

2.3.4 Næringsstoffer og pH

Gulrot trives best ved midlere pH-verdier mellom 5.5 og 7.5 (Balvoll 1999, Mikschofsky *et al.* 2009).

Gjødslingsintensiteten er en av de viktigste faktorene for kvaliteten på gulrot (Hogstad 1992, Hogstad *et al.* 1997). For høy næringstilgang, spesielt i form av nitrogen, kan gjøre stor skade på gulrotavlingen i form av økt fare for sprekkdannelse i røttene (Gutezeit 2001).

Anbefalt normalgjødning til gulrot ligger på 10 kg nitrogen (N), 5 kg fosfor (P) og 14 kg kalium (K) ved en forventet avling på 4-5000 kg (Onsrud 2012). Tilstrekkelig bor (B) er også svært viktig for gulrota og bormangel gjør at den lett sprekker helt inn til sentralsylinderen (Aasen 1997, Balvoll 1999). Tilleggsgjødning på 100 til 200 gram bor (B) per dekar er derfor anbefalt (Balvoll 1999).

Gulrotas krav til lett jord øker faren for utvasking og saltskader, som gjør at flere delgjødslinger kan være positivt (Balvoll 1999, Yara 2011).

2.4 Høsting og lagring

2.4.1 Høsting

Høsting av gulrot skjer oftest maskinelt, men også høsting for hånd benyttes i enkelte sammenhenger (for eksempel ved plukkehøsting til bunting) (Balvoll 1999). Ved høsting legges mye av grunnlaget for bevaring av kvaliteten på gulrøttene under lagring.

Generelt er en forsiktig høsting med minst mulig sår og skader, og godt renhold for å hindre spredning av patogener essensielt (Balvoll 1999, Wills *et al.* 2007), men også en forsiktig behandling og transport kan være viktig. Det er vist at gulrøtter stresset av risting har en høyere etylenproduksjon (nivået er høyest én dag etter påført stress), høyere respirasjon og dårligere smak (Seljåsen *et al.* 2001). Påvirkningen av transport og håndtering på gulrøttene er

derfor en vel så viktig faktor for stressreaksjonen i røttene som høstemetoden (Seljåsen *et al.* 2001).

2.4.2 Temperatur og luftfuktighet på lager

Etter høsting er rask nedkjøling viktig for å holde på kvaliteten på gulrøttene, og de bør derfor raskt ned mot en optimal lagringstemperatur på rundt 0 °C (Balvoll 1999, Wills *et al.* 2007). Det er viktig at temperaturen blir jevnt fordelt inne på lageret og at ikke deler av den innlagrede gulrota blir utsatt for skadelige variasjoner, da blant annet en utvikling av kondens eller frostskafer kan gi grunnlag for tap av kvalitet og angrep av patogener (Balvoll 1999). Variasjoner innen sort, modningsgrad og dyrkningsforhold kan også gi ulike fysiologiske og metabolske egenskaper hos gulrøttene og slik resultere i ulike optimaltemperaturer for røttene (Wills *et al.* 2007). For høye lagringstemperaturer øker muligheten for angrep av patogener og fremmer respirasjonen i gulrotvevet, utviklingen av bladgroer og tynne, hvite siderøtter på gulrøttene (Balvoll 1999). Hva som er riktig temperatur på lageret blir derfor basert på en avveining mellom risikoen for frostskafer og risikoen for en for tidlig nedbrytning av gulrotvevet, enten i form av for høy respirasjonsrate, uønsket vekst (groer og siderøtter) eller som et resultat av aktiviteten til ulike patogener. I praksis blir det ofte anbefalt å benytte temperaturer mellom 0 og 2 °C (Høgetveit *et al.* 2011).

Den andre svært viktige faktoren for kvaliteten til gulrøttene under lagring er luftfuktighet. Gulrøtter er utsatt for uttørking etter høsting, noe som forårsaker visning, vekttap, nedsatt kvalitet og minsket motstand mot ulike patogener. Høy luftfuktighet er derfor viktig, gjerne opp mot 98 til 100 % relativ luftfuktighet (Balvoll 1999, Wills *et al.* 2007). 100 % luftfuktighet kan i utgangspunktet være ideelt for gulrotvevet, men det er fare for at små temperaturvariasjoner inne på lageret kan forårsake kondensering og fritt vann, som lett gir grobunn for vekst og utvikling av patogener. Temperaturen og luftfuktigheten under lagringen er svært viktige faktorer for å holde på kvaliteten, men feil nivåer kan også fort bli hovedårsaken til tap av holdbarhet og kvalitet på gulrøttene.

2.4.3 Kontrollert atmosfære

I tillegg til manipulering av temperatur og luftfuktighet på lager, blir det til mange frukt og grønnsaker benyttet kontrollert atmosfære for å forlenge lagringstiden og bevare kvaliteten (Wills *et al.* 2007).

Kontrollert atmosfære er lite benyttet til gulrøtter. Forsøk med denne lagringsmetoden har gitt ulike resultater, og det er vist både negative og positive effekter (Gajewski *et al.* 2010). For høye verdier av karbondioksid kan spesielt være skadelig for gulrøttene (Balvoll 1999), men det er vist noen forskjeller mellom sorter med ulik farge (Gajewski *et al.* 2010). Lilla og gule gulrotsorter skal kunne få en positiv effekt av små endringer i sammensetningen av oksygen og karbondioksid under lagringen, mens oransje sorter har vist best kvalitet ved vanlig kjølelagring under normal atmosfære (Gajewski *et al.* 2010).

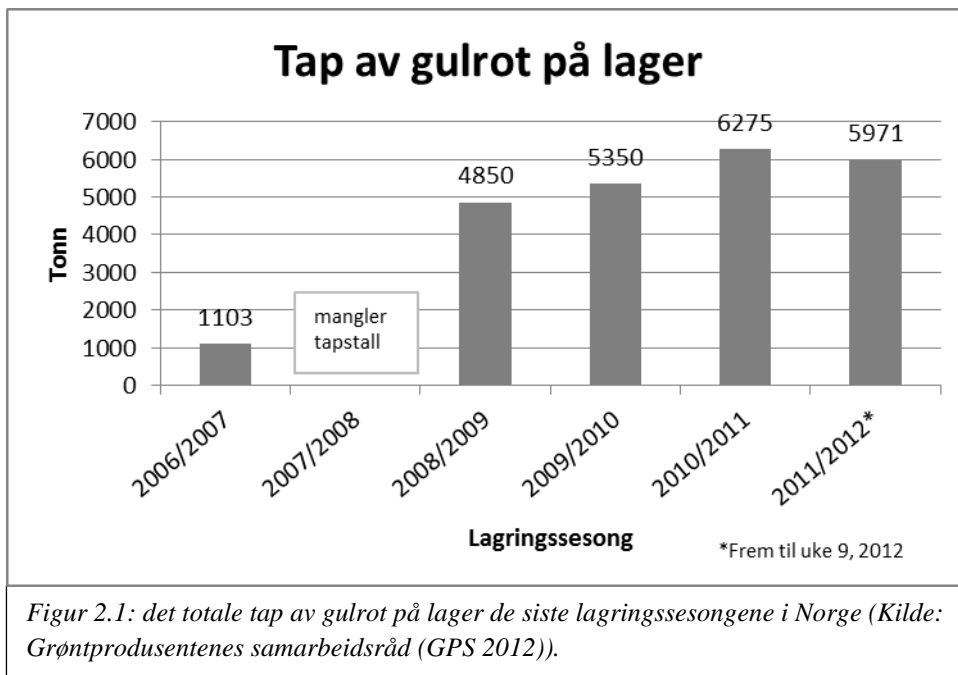
2.4.4 Lagringsevne og tap på lager

Lagringsevnen til gulrot bestemmes både av forholdene under veksten og forholdene frem til og under lagringen, men også fysiske egenskaper som sort og utviklingsstadiet (modningsgrad) ved høsting kan ha betydning.

Med tanke på utviklingsstadiet til gulrota er det trolig størrelsen som har mest å si for lagringsevnen, da fysiologiske prosesser som vekttap vil vises tidligere på små røtter enn på de store (Balvoll 1999). Dette skjer fordi små gulrøtter har en større overflate i forhold til masse, noe som gjør at en synlig visning derfor vil komme til uttrykk tidligere enn hos større røtter (Balvoll 1999). Et vekttap øker, naturlig nok, også faren for angrep av patogener.

En annen vanlig forskjell mellom ulike utviklingsstadier er grønnsakenes generelle evne til sårheling, der et beskyttende grå-brunt korklag dannes som en hinne over de eksponerte cellene (Seljåsen *et al.* 2001, Wills *et al.* 2007). Selv om denne kapasiteten generelt skal gå ned med økende modningsgrad, blir det hevdet at rotgrønnsaker (som gulrota) skal ha evnen til å holde på denne egenskapen også etter høsting (Seljåsen *et al.* 2001, Wills *et al.* 2007).

I figur 2.1 kan man se de totale tapstallene fra Grøntprodusentenes samarbeidsråd for de siste lagringssesongene (GPS 2012). Som nevnt tidligere opplyser Statistisk sentralbyrå (2011) at det ble produsert 39 659 tonn gulrøtter i 2010, og dette gir en tapsprosent på 15,82 i lagringssesongen 2010-2011. Det siste året kan man derimot se av figuren at tapstallene allerede er forholdsvis høye, enda disse tallene kun gjelder frem til uke 9, 2012. I kombinasjon med en lav totalproduksjon i sesongen 2011 på kun 20 689 tonn (GPS 2012) gir dette en tapsprosent på hele 28,86 kun frem til uke 9, 2012. Den svært våte vekstsesongen i 2011 må ta mye av skylda for dette høye tallet, da «svinnets skyldes stor utsortering på grunn av høsten, med blant annet en del drukning og partier som av den grunn er avvist» (pers. med., Arvid Laksesvela, Grønt Produsentenes Samarbeidsråd).



3. Sykdommer på gulrot

3.1 Soppsykdommer

En stor diversitet av sopparter har evnen til å forårsake mange ulike typer plantesykdommer (Korsten & Wehner 2003, Schumann & D`Arcy 2010), og det er beregnet at rundt 70 % av de viktigste plantesykdommene er forårsaket av sopp eller den svært like gruppen Oomycota (Deacon 2006). Dette gjør plantesykdommer forårsaket av sopp til en svært viktig begrensende faktor på matproduksjonen. På verdensbasis er det gjort få forsøk på å estimere det totale tapet på grunn av plantesykdommer, men det er velkjent at avlingstap på grunn av sykdom historisk har forårsaket både matmangel og inntektstap (FAO 2008). I Norge blir utbredelsen av plantesykdommer begrenset av det kjølige klimaet. Likevel er det beregnet at det totale avlingstapet på grunn av plantesykdommer i hvert fall er 16 % (Berge *et al.* 2011), mens det totale tapet for den enkelte produsent kan være vesentlig mer.

Symptomene på soppsykdommer varierer, men på grunn av en sirkulær voksemåte hos soppen har mange symptomer variasjoner av denne grunnleggende formen med noen endringer forårsaket av påvirkning fra planten, plantedelen og plantevevet som er infisert (Schumann & D`Arcy 2010). Både én og flere soppsykdommer kan angripe samme plantedelen samtidig og i tillegg kan angrep av ett patogen legge forholdene til rette for sekundære infeksjoner av andre (Korsten & Wehner 2003).

Karakteristikkene til ulike soppsykdommer blir ofte beskrevet gjennom livssykluser, og kunnskap om disse benyttes i både behandling og forebyggingen av sykdomsutbrudd. Overlevelsen, spredningen og infeksjonsprosessen til det enkelte patogenet er i denne sammenhengen spesielt viktig (Schumann & D`Arcy 2010).

Grønnsakartene våre kan være utsatt for angrep av patogener både før, under og etter høsting (Korsten & Wehner 2003). De fleste skal være spesifikke for én eller få grønnsakarter, men noen få har et bredere vertsspekter. Dette gjelder også for gulrot, der de fleste sykdommene kommer av soppinfeksjoner (Netland *et al.* 1993). Sykdommene gropfleck (*Phytium spp.*), klosopp (*Mycocentrospora acerina*), gulrothvitfleck (*Rhizoctonia carotae*), gråskimmel (*Botrytis cinerea*) og storknollet råtesopp (*Sclerotinia sclerotiorum*) blir regnet for de viktigste på gulrot (Netland *et al.* 1993, Hermansen 2008).

3.2 Lagringssykdommer

For patogenene som skaper problemer på lager, regnes jord og planterester å være den største og viktigste kilden til inokulum (Korsten & Wehner 2003). Dette gjør at miljøforhold som påvirker oppbyggingen av inokulum i jorda, de generelle vekstforholdene og kvalitetsutviklingen for plantene vil være av stor betydning for sykdomsutviklingen og tapene under lagringssesongen (Korsten & Wehner 2003, Wills *et al.* 2007). Når produktene først er kommet inn på lager, er temperatur, luftfuktighet og gass-sammensetning viktige faktorer (Korsten & Wehner 2003, Wills *et al.* 2007). Det å holde lav temperatur, uten å forårsake fysiologiske skader i planteproduktene, er ofte blitt påstått å være den aller viktigste begrensende faktoren for sykdomsutviklingen (Korsten & Wehner 2003, Wills *et al.* 2007). Mange sopper som forårsaker lagersykdommer har tilpasset seg vekst ved lave temperaturer, så gevinsten består ofte i en lavere vekstrate av patogenet og en seinere sykdomsutvikling (Korsten & Wehner 2003).

Et annet viktig poeng i denne forbindelsen er at planteproduktene bør være fri for sår og skader, både ytre og indre fysiologiske skader, fordi slike skader reduserer produktets forsvar og gir en inngangsport for patogenene (Korsten & Wehner 2003, Wills *et al.* 2007).

3.3 Forsvar hos gulrotplanten

Plantenes forsvar mot patogener kan deles inn i to kategorier som dekker mange mulige strategier. Det grunnleggende, passive forsvaret består ofte i en konstant tilstedeværende strukturell barriere som for eksempel vokslag, bark, skall på knopper, tykke lag med hår og korkceller på knoller, løk og røtter, men involverer også tilstedeværelsen av stoffer som for eksempel koffein og nikotin (Schumann & D'Arcy 2010). I tillegg til dette passive forsvaret har plantene ofte et induert forsvar, som involverer strukturelle endringer og produksjonen av kjemiske stoffer ved en infeksjon av et patogen. Disse endringene kan for eksempel være endringer i celleveggene, i form av økt tykkelse og lignifisering, avsnøring av vedvevet eller produksjon av for eksempel inhiberende enzymer og/eller fytoaleksiner (Schumann & D'Arcy 2010).

Hos rota til gulrotplanten består det passive forsvaret av en strukturell barriere i form av peridermen, en ytre vegg av celler med et høyt innhold av korkvev, og tilstedeværelsen av faltarindiol i de ytre lagene av gulrotvevet (Garrod & Lewis 1979, Davies & Lewis 1981a,

Lewis *et al.* 1983, Raven *et al.* 2005). Falcarindiol er et sterkt antimykotisk stoff som slippes ut i oljedråper ved skade på vevet (Garrod *et al.* 1978, Garrod & Lewis 1980, Lewis *et al.* 1983). Det er funnet en synkende gradient av mengden falcarindiol med økende dybde i gulrotvevet (Garrod *et al.* 1978, Garrod & Lewis 1979).

Det induerte forsvaret i gulrotplanten består blant annet av produksjon av spesifikke fytoaleksiner med et bredt virkningsspekter (Schumann & D`Arcy 2010). For gulrotplanten gjelder dette spesielt 6-methoxymellein (Lewis *et al.* 1983, Kurosaki & Nishi 1983). Dette stoffet skal blant annet ha en inhiberende effekt på spiringen av klamydosporer av klosopp og være involvert i å begrense utbredelsen av råteflekkene (Davies & Lewis 1981a).

Gulrotas evne til å forsvare seg mot patogener både gjennom dannelse av korkceller på overflaten av sår (Seljåsen *et al.* 2001) og produksjonen av antimikrobielle stoffer kan utnyttes i praksis for å øke holdbarheten på gulrøttene under lagring. Etter høsting kan gulrøttene «kureres» ved høye temperaturer (15 til 25 °C) og høy relativ luftfuktighet, i opptil fem dager, noe som skal ha vist god effekt på spiringen av klamydosporer av klosopp og redusert alvorlighetsgraden av råteflekkene som utviklet seg (Lewis *et al.* 1981). Det er også vist at yngre gulrøtter har et større «kureringspotensiale» enn eldre, og at «kurering» oppnår like nivåer av inhibering i alle typer vev (Lewis *et al.* 1981).

4. Klosopp (*Mycocentrospora acerina*)

Klosopp ble opprinnelig beskrevet i 1880 av R. Hartig som ga den navnet *Cercospora acerina*. Dette navnet ble endret etter at flere ulike navn var foreslått opp gjennom årene, og det offisielle navnet ble til slutt endret til *Mycocentrospora acerina*, etter R. Hartigs forslag fra 1972 (Mycobank 2012). Taksonomiske studier har plassert den blant ascomycetene (Mycobank 2012), som er en stor gruppe sopp kjennetegnet ved produksjon av ascus og haploide, seksuelt formerte ascosporer (Deacon 2006). Den taksonomiske klassifiseringen av klosopp kan sees i tabell 4.1.

Tabell 4.1: den taksonomiske klassifiseringen av klosopp i følge «The International Mycological Association» (Mycobank 2012).

1. Fungi
2. Ascomycota
3. Pezizomycotina
4. Dothideomycetes
5. Pleosporomycetidae
6. Pleosporales
7. Mycocentrospora

I dag er klosopp regnet for å være en av de mest utbredte og viktigste av lagersykdommene på rotgrønnsaker, og kan forårsake store tap (Årsvoll 1971, Le Cam *et al.* 1993, Hermansen & Amundsen 1995). Den har cirka nitti mulige vertsplanter, der cirka tjue er vanlige ugrasplanter i den norske naturen (Hermansen 1992).

4.1 Livssyklus

Klosoppen overlever i jorda som hvilesporer (klamydosporer). Undersøkelser har vist at disse kan ligge i dvale i jorda svært lenge, og først blir stimulert til å spire og danne mycel når vertsplanter vokser i nærheten (Wall & Lewis 1980a). Det er også vist at antallet vekstkraftige klamydosporer i jord uten vertsplanter øker om våren, og synker resten av året (Wall & Lewis 1978). Denne økningen er det foreslått at kommer av fragmentering av sporekjedene, slik det også er observert for klamydosporer fra andre plantepatogene sopper. Når sporene spirer kan det dannes ukjønnete sporer (konidier), som infiserer bladverket på planten ved hjelp av for eksempel vannsprut, og produserer nye ukjønnete sporer der. Ved vekst av patogenet gjennom bladverket og bladstilken til rota, eller ved hjelp av mycel og hvilesporer som følger med jord inn på lageret, infiseres røttene og en svart, porøs og fuktig råte dannes. Flere forsøk har vist at klosopp trenger såret vev for å infisere røtter (Davies & Lewis 1980 og 1981b, Davies *et al.* 1981), selvsagt med unntak av tilfeller der patogenet vokser ned til rota via

bladverket. Det er ikke registrert spredning av klosopp mellom planteprodukter på lager (Davies *et al.* 1981).

4.2 Utviklingen av klosopp på gulrøtter

Klosopp kan angripe både røtter, frøplanter og bladverk hos gulrøtter, men råten som utvikles på røttene under lagring er den største utfordringen for gulrotproduksjonen. På bladverket kan infeksjoner av klosopp sees som brun-svarte uregelmessige, små flekker, oftest i kantene og på de øvre delene av bladstilken (Hermansen & Amundsen 1995). Disse symptomene ligner svært på andre bladflekk-sykdommer, og en sikker bestemmelse er kun mulig ved bruk av mikroskop. På frøplanter forårsaker klosopp nedsatt spiring og økt dødelighet, mens de plantene som overlever ofte viser dvergvekst og tidligere aldring (Wall & Lewis 1980b).

Davies *et al.* (1981) studerte og beskrev utviklingen av klosopp på rota til gulrotplanten. De fant patogenet i form av tykkvegget mycel og kjeder av klamydosporer på røttene ved høsting. Jord og plantemateriale på overflaten til gulrota inneholdt høye verdier av levedyktig inokulum, og det ble også funnet store mengder klamydosporer i bladstilken og i jord i sprekker rundt kronen på rota. Klamydosporene ble totalt sett regnet som hovedkilden til inokulumet, mens mycelbitene kun spilte en mindre rolle.

Råteflekkene i den samme studien (Davis *et al.* 1981a) begynte som små, lys brune, avgrensede områder av kollapsede celler. På alle infeksjonsstedene ble det observert en samling av suberin og lignin i cellene som grenset inn mot råteflekken, men mengden varierte etter hvor på rota infeksjonen foregikk. Det samme gjaldt for utviklingen av sår-kambium (udifferensiert cellelag) rundt råteflekken. I kronen og bladstilkene ble infeksjonen begrenset på høyde med stilkfestet hvor cellene var suberiniserte, og et kambium ble formet cirka 3 cellelag under inokulumet. I rotenden ble råteflekkene avgrenset av suberiniserte celler, men ingen dannelse av lignin eller sårkambium ble observert. Infeksjoner på siden av rota kunne observeres som veldig små, tynne råteflekker i begynnelsen av lagringsperioden. Cellene rundt var veldig suberiniserte og lignifiserte, og det ble skilt ut en oljete ekstracellulær væske (ofte sett i denne regionen). Alle typene råteflekker var begrenset i begynnelsen og begynte veksten sin omtrent samtidig under lagringsperioden. I denne progressive fasen spredde råten seg gjennom de avgrensende cellene og gulrotvevet, og en fuktig, svart råte ble dannet med en diffus brun råte rundt. Den svarte fargen ble tilskrevet mørke klamydosporer som ble dannet

cirka én millimeter bak den aktivt voksende delen av kolonien. Formen på råten varierte og det ble antatt at årsaken var ulik hastighet på spredningen i forskjellige typer vev. Etter at råten begynte å spre seg og soppen begynte å invadere cellene i stedet for kun å vokse intracellulært, så cellene ut til å bli skadet før hyfene nådde frem. Klosopp ble derfor regnet for å være en nekrotrofisk parasitt (Davis *et al.* 1981a), som trolig skaper døende vev ved å produsere gift og nedbrytende enzymer (Schumann & D`Arcy 2010).

4.3 Vekstbetingelser

Sopp blir påvirket av flere faktorer i sine omgivelser (Deacon 2006). Dette kan være temperatur, lufttilgang, pH, tilgangen på fritt vann og lys. Flere av disse faktorene er det mulig å regulere for å begrense utbredelsen av patogene sopper, men det krever spesifikk kjennskap til den enkelte soppens vekstbetingelser.

Klosopp har en optimal veksttemperatur på rundt 18 °C, men kan med begrensninger i veksthastigheten vokse helt ned til -3 °C (Hermansen 2008). Det er vist at temperaturen i september er positivt korrelert med den observerte infeksjonen, trolig på grunn av en effekt på mycelveksten (Hermansen *et al.* 2000). Derimot gir den lave nedre temperaturgrensen soppen anledning til å vokse på planteproduktene under lagring, selv i et temperaturintervall som få andre sopper kan takle. Også dannelsen av aseksuelle konidiesporer kan skje over et bredt temperaturspekter, selv om optimaltemperaturen for denne prosessen ikke er kjent (Hermansen & Amundsen 1995).

Fuktighet, eller fritt vann, er nødvendig for soppenes intracellulære metabolisme og for opptak av næring gjennom celleveggen og cellemembranen (Deacon 2006). Selv med store variasjoner, er likevel sopp som gruppe, forholdsvis tørketolerante. For klosoppen er det vist at mye nedbør i slutten av vekstsesongen gir en høyere andel infeksjoner (Hermansen & Amundsen 1995, Hermansen *et al.* 2000). Kontinuerlig våt jord er trolig ikke positivt for veksten av klosoppen, enten som en direkte effekt eller på grunn av en økt vekst av antagonistiske mikroorganismer i jorda (Hermansen *et al.* 2000). De fleste sopper er aerobe og oksygenmangel kan begrense veksten i jord (Deacon 2006). Det er også vist en økning i produksjonen av konidiesporer ved fuktig vær (Hermansen & Amundsen 2000), og at utviklingen av råteflekker på bladene og sporuleringen av soppen har en tendens til å falle sammen med perioder med mye regn og høy fuktighet (Wall & Lewis 1980b). Ettersom

konidiesporer som spres til jord lett danner nye klamydosporer (Wall & Lewis 1980b), vil en økning i sporeproduksjonen også øke mengden inokulum som kan følge med inn på lager.

5. Gulrothvitflekk (*Rhizoctonia carotae*)

Sykdomsutbrudd av gulrothvitflekk ble for første gang rapportert på gulrot i USA tidlig på 1930-tallet, men ble først beskrevet i en artikkel av Rader i 1948 etter at det var observert flere større utbrudd (Rader 1948).

Rader ga patogenet navnet *Rhizoctonia carotae* (Mycobank 2012), taksonomisk i samme familie som for eksempel *Rhizoctonia solani* (svartskurv) på potet. I 1996 ble derimot patogenet foreslått flyttet inn i en nyere familie, *Fibularhizoctonia*. I dag opererer man derfor

med synonymene *Rhizoctonia carotae* (Rader 1948), *Fibulorhizoctonia carotae* (Adams & Kropp 1996) og *Fibularhizoctonia carotae* (Adams & Kropp 1996).

Patogenet klassifiseres som en basidiomycet (Mycobank 2012), en gruppe som kjennetegnes ved store variasjoner, men hvor alle produserer seksuelle basidiosporer på korte stilker, sterigmata (Deacon 2006). Tabell 5.1 viser den taksonomiske klassifiseringen både for *R. carotae* og *F. carotae*. Klassifiseringen sammenfaller helt til klassen *Agaricomycetes*, der *R. carotae* deles inn i orden *Cantharellales* og familien *Ceratobasidiaceae*. *F. carotae* deles derimot inn i underklassen *Agaricomycetidae*, orden *Atheliales* og familie *Atheliaceae*.

I tillegg til USA er gulrothvitflekk beskrevet i artikler fra Norge, Danmark, Storbritannia og Tyrkia (Årsvoll 1968, Jensen 1969, Derbyshire & Crisp 1978, Kurt *et al.* 2005). I Norge er angrep av gulrothvitflekkssopp funnet i alle de viktigste dyrkningsområdene av grønnsaker, men skal av usikre årsaker gjøre mest skade på Østlandet (Netland *et al.* 1993). Tap fra 5 til 70 % av innlagret gulrot er observert, men dette skal variere mellom steder og sesonger (Rader 1948, Årsvoll 1968, Jensen 1969).

Gulrothvitflekk er registrert på knollselleri, kål, kålrot, bete, potet og purre i tillegg til gulrot (Rader 1948, Jensen 1969, Hermansen 2008). Muligheten for store tap gjør dette patogenet til et viktig lager-patogen (Jensen 1969), og det er derfor spesielt viktig å holde kontroll med alle faktorer som kan påvirke veksten og utviklingen.

Tabell 5.1: den nye og gamle taksonomiske klassifiseringen av gulrothvitflekk i følge «The International Mycological Association» (Mycobank 2012).

| | |
|-----------------------|-----------------------------|
| 1. Fungi | 1. Fungi |
| 2. Basidiomycota | 2. Basidiomycota |
| 3. Agaricomycotina | 3. Agaricomycotina |
| 4. Agaricomycetes | 4. Agaricomycetes |
| | 4.1. Agaricomycetidae |
| 5. Cantharellales | 5. Atheliales |
| 6. Ceratobasidiaceae | 6. Atheliaceae |
| 7. Rhizoctonia | 7. Fibularhizoctonia |

5.1 Livssyklus

Lite var blitt dokumentert om livssyklusen til gulrothvitfleक्सoppen da den for første gang ble beskrevet av Rader i 1948. Selv om det med tiden er kommet til mer kunnskap, finnes det i dag ikke mange artikler, og mye av den tilgjengelige litteraturen er basert på eldre studier.

Hvileknoller eller mycel overvintrer i forbindelse med organisk materiale i jord (Hermansen 2008), men også treverk i lagerrommene (for eksempel lagringskasser) har vist seg å være en viktig kilde til inokulum for soppen (Rader 1948, Jensen 1969). Patogenet skaper dessuten raskt sekundære infeksjonssykluser når symptomene først begynner å utvikles inne på lageret, og den spres lett både mellom røttene på lager og mellom lagringskassene ved hjelp av mycelvekst (Jensen 1969).

I 1996 ble det publisert en artikkel hvor det på bakgrunn av morfologi, DNA og symptomutvikling på inokulerte gulrøtter ble foreslått at den seksuelle syklusen til gulrothvitfleक्सoppen skjer på løv i form av soppen *Athelia arachnoidea* (Adams & Kropp 1996). *A. arachnoidea* skal være en flerårig parasitt på mange lav, alger og moser som vokser spesielt i forbindelse med barken på trær i Europa, Asia og Nord-Amerika (Yurchenko & Golubkov 2003). Spredning til kulturjord kan da skje med løv som fraktes med vinden inn på den dyrkede jorda, noe som skal sammenfalle bra med en økende andel sykdomsutbrudd ved en seinere høsting (Ricker & Punja 1991, Adams & Kropp 1996). Dette skal også kunne forklare de observerte årsvariasjonene i sykdomsutbrudd, da disse kan falle sammen med valg av høstetid eller klimatiske faktorer som påvirker *A. arachnoidea* (Adams & Kropp 1996).

Det er forskjellige oppfatninger om *A. arachnoidea* faktisk representerer den seksuelle syklusen til *R. carotae*/ *F. carotae*. Punja (1987) mente, etter å ha lest et tidlig arbeide av Adams, Kropp & Grogan (1984), at det seksuelle stadiet ikke var bekreftet fordi det har vært umulig å få isolater av *R. carotae*/ *F. carotae* til å danne fruktlegemer og sporulere under observasjon. Likevel holder han tydelig muligheten åpen for at forbindelsen kan være reell og medføre riktighet. Det endelige arbeidet av Adams, Kropp & Grogan (1984) ble publisert i Adams & Kropp (1996). de Vries *et al.* (2008) poengterer at navnet *A. arachnoidea* er blitt benyttet både for nedbrytere av løv og parasitter på lav, men at en artikkel i 1976 konkluderte med at det bare burde benyttes i forbindelse med lav-parasittene. Likevel skal soppene som ble benyttet av Adams & Kropp (1996) kun ha vært nedbrytere av løv.

Et annet patogen, som skal være svært likt både *R. carotae*/*F. carotae* og *A. arachnoidea*, er blitt identifisert på kjølelagre til gulrot (de Vries *et al.* 2008). *Fibularhizoctonia psychrophilia* skal kun skille seg ut ved å ha en noe lavere optimaltemperatur og en enda sterkere preferanse for gulrot som vekstmedium, noe som åpner opp for forvekslinger mellom artene (de Vries *et al.* 2008).

5.2 Utviklingen av gulrothvitflekk på gulrøtter

Ved høsting vil gulrøttene ikke vise noen symptomer som kan avsløre om de er angrepet av gulrothvitflekkssoppen, og utviklingen av sykdommen starter først etter flere måneder på lager (Rader 1948, Årsvoll 1968, Jensen 1969). Til gjengjeld skal et angrep av gulrothvitflekkssopp kunne utvikle seg forholdsvis raskt, og en total ødeleggelse av en gulrot skal kunne skje på 2 til 3 uker ved 0 °C (Rader 1948).

Det første tegnet på angrep, som kan observeres ved lave temperaturer, er utviklingen av små, hvite myceldotter med antydning til gropen under. Symptomene sees ofte først i forbindelse med mekaniske skader (Årsvoll 1968, Jensen 1969), trolig på grunn av en økt inntrengningsrate, men såret vev skal ikke være nødvendig for etableringen (Punja 1987). På dette stadiet finnes det enkelte andre patogener som kan likne, og et mikroskop kan være nødvendig for identifiseringen (Rader 1948). Mycelet skal gi et hvitt og luftig inntrykk med muligheter for løstsittende, små (0,5-3 millimeter), ujevne, gyllen-gule til brune sklerotier (hvileknoller), ofte sammenvokst i klynger (Rader 1948, Årsvoll 1968). Hyfene kan være gjennomsiktige til lyst brune, forgreinet, med septa og én til fem «clamp-connections» (Rader 1948). Fargen på hyfene utvikles ettersom de blir eldre, og med alderen dannes det oftere løstsittende krystaller av kalsium-oksalat både i mediet og langs hyfene (Årsvoll 1968, Punja 1987). En del forskjeller i morfologiske trekk er også blitt observert mellom isolerte kulturer fra ulike gulrøtter (Punja 1987).

Etter hvert som gropene under myceldottene blir større, vil mycelet også vokse til, og kan etter hvert dekke både gropa og vevet rundt. På dette stadiet er det observert gule dråper i det hvite mycelet (Jensen 1969). Ved en høy luftfuktighet vil en videre spredning av mycelet mellom gulrøttene kunne skje raskt fra dette punktet (Rader 1948, Jensen 1969), samtidig som det nedbrutte vevet under gropene vanligvis vil være fast, med en lys brun farge (Rader 1948). Noen ganger er det også blitt observert en lys brun, bløt råte uten klare avgrensninger til det

friske vevet (Årsvoll 1968, Jensen 1969). Den observerte kollapsen av gulrotvevet på dette punktet kan være forårsaket av andre, sekundære mikroorganismer (Rader 1948, Jensen 1969).

I mange tilfeller vil sykdomsutviklingen stoppe opp på et tidlig stadium (Årsvoll 1968). Dette skjer trolig på grunn av uttørking, og råten avgrenses da gjerne til en tynn, brun skorpe over den nedsunkne overflaten. I slike tilfeller er det av flere av forskerne observert et hvitt pulver på overflaten, som trolig er nedbrutte, krystalliserte sopphyfer (Årsvoll 1968).

Den fysiske infeksjonsprosessen av *R. carotae*/ *F. carotae* skjer trolig gjennom en langsom enzymatisk oppløsning av celleveggen i vevet under de dannede gropene (Punja 1987). Når hyfene til slutt penetrerer, skjer veksten videre både inter- og intracellulært, trolig uten noen form for aktivering av gulrotas forsvar slik det er vist for angrep av for eksempel klosopp (Punja 1987).

5.3 Vekstbetingelser

Gulrothvitflekkssoppen er, sammenlignet med klosopp, mer kravstor når det gjelder vekstbetingelser, og stiller spesifikke krav til enkelte av faktorene for i det hele tatt å vise symptomer på vertsplantene (Rader 1948). Samtidig er ikke alle forholdene som påvirker veksten kartlagt ennå, slik tilfellet også er for livssyklusen til patogenet.

R. carotae/ *F. carotae* skal være godt tilpasset til å vokse på kjølelager, selv om temperaturen der skulle krype under 0 °C. Det er observert vekst av patogenet helt ned til -3 °C i Norge og -4 °C i Amerika, med en maksimaltemperatur på 22 og 24 °C i henholdsvis Norge og Amerika (Rader 1948, Årsvoll 1968). Den observerte optimaltemperaturen for patogenet varierer i de ulike studiene, fra 9-12 °C i Norge og 16-21 °C i Amerika (Rader 1948, Årsvoll 1968, Punja 1987).

Luftfuktigheten ser ut til å være den aller mest begrensende faktoren for *R. carotae*/ *F. carotae*. Høy relativ luftfuktighet, nesten opp mot vannmettet, blir stadig nevnt som den aller viktigste parameteren for å observere infeksjon og vekst av gulrothvitflekkssopp (Rader 1948, Årsvoll 1968, Jensen 1969, Punja 1987).

Det er vist at patogenet vokser godt på flere typer medier, og at det har evne til å utnytte ulike karbon- og nitrogenkilder (Punja 1987).

6. Materiale og metode

Utgangspunktet for forsøket beskrevet i denne oppgaven var gulrøtter av sorten Nantes Duke, dyrket på forsøksfelt ved Bioforsk Øst Apelsvoll (60°42'01"N, 10°52'05"Ø), 264 meter over havet i Østre Toten kommune, Oppland fylke.

Nantes Duke er en gammel, robust sort med en noe ujevn form, størrelse og smak (Solberg, u.å.). Sorten er svært populær til bruk for ferskmarkedet i Europa (Bradeen & Simon 2007).

6.1 Felt

Arealet som ble benyttet til å dyrke gulrøttene bestod i hovedsak av morenejord. Det ble ikke målt pH eller kalket i den aktuelle dyrkningssesongen og dette ble heller ikke gjort i sesongen før (2010). Jordprøvene viste et gjennomsnitt på 166 µg NO₃-N per 100 g tørr jord, 243 µg NH₄-N per 100 g tørr jord og 409 µg N-min per 100 g tørr jord. Av gjødsel ble det benyttet 60 kg per dekar med fullgjødsel 12-4-18 rett etter såing og en overgjødsling med 20 kg per dekar med Bor-Kalksalpeter. På grunn av en svært våt sesong ble det kun vannet én gang for å bryte jordskorpen for gulrøttene i såtid 1. Gjennom vekstsesongen ble det sprøytet med Karate og SumiAlpha mot gulrotflue og gulrotsuger, og Select, Fenix, Renol og Sencor mot ugras (tabell 6.1).

Tabell 6.1: behandlingene med plantevernmidler som ble gjennomført under vekstsesongen 2011 i forsøksfeltet på Bioforsk Øst Apelsvoll.

| Behandlingsdato | Handelsnavn | Benyttet på: | Mengde | Benyttet mot: |
|-----------------|--------------|--------------------|-----------|---------------|
| 16.06.2011 | Karate | 1. såtid | 30g/daa | Suger/flue |
| | Select | 1. såtid | 50ml/daa | Tunrapp |
| | Fenix | 1. såtid | 50ml/daa | Ugras |
| 24.06.2011 | Karate | 1. og 2. såtid | 30g/daa | Suger/flue |
| | Select+Renol | 1. såtid | 50ml/daa | Tunrapp |
| | Fenix | 2. såtid | 20 ml/daa | Ugras |
| 28.06.2011 | Fenix | 3. såtid | 100ml/daa | Ugras |
| | Sencor | 3. såtid | 4g/daa | Ugras |
| 04.07.2011 | Fenix | 2. såtid | 30ml/daa | Ugras |
| | Sencor | 2. såtid | 1g/daa | Ugras |
| | SumiAlpha | 2. såtid | 30ml/daa | Suger |
| 14.07.2011 | Select+Renol | 2. såtid + grenser | 50ml/daa | Tunrapp |

Gulrøttene ble sådd til tre ulike tidspunkt for å oppnå tre ulike aldre (modningsgrader) ved samlet høsting. Dette ble gjort henholdsvis 10.5 (modningsgrad 3; M3), 6.6 (modningsgrad 2; M2) og 27.6. 2011 (modningsgrad 1; M1). Det ble fulgt oppsettet i figur 6.1 med hensyn på smitte av henholdsvis klosopp, gulrothvitflekkssopp og kontroll (usmittet).

I figur 6.1 er de grønne områdene de ubehandlede feltene, mens de blå og rosa feltene henholdsvis er smittet med gulrothvitflekkssopp og klosopp. Mellom feltene ble det dyrket gras for å hindre uønsket spredning av smitten. Hvert felt ble delt i ruter som målte 1,6 x 5 meter, og det er 3 gjentak for hver behandling i hver såtid. De øverste tallene i hver rute henviser til gulrotsorten som ble dyrket, der 1 står for Nantes Duke og 2 står for Nelson (som ikke ble benyttet i dette forsøket).

Lagringsfelt; to sorter, tre behandlinger, tre såtider, felt 2011

9,6 m

| | | | | | | | | |
|------|--|-----|---|---------|---------|---------|---------|---------|
| 70 m | | | 1,6 m | | | | | |
| | | | Såtid 1 | | Såtid 2 | | Såtid 3 | |
| | | 5 m | 1 sort 1 | 2 2 | 2 3 | 1 4 | 2 5 | 1 6 |
| | | 5 m | Gras gjennom hele sesongen for å unngå overføring av smitte | | | | | |
| | | 5 m | 2 7 | 1 8 | 1 9 | 2 10 | 1 11 | 2 12 |
| | | 5 m | 1 13 | 2 14 | 2 15 | 1 16 | 2 17 | 1 18 |
| | | 5 m | Såtid 3 | | Såtid 1 | | Såtid 2 | |
| | | 5 m | 2 19 | 1 20 | 2 21 | 1 22 | 1 23 | 2 24 |
| | | 5 m | 1 25 | 2 26 | 1 27 | 2 28 | 2 29 | 1 30 |
| | | 5 m | Gras gjennom hele sesongen for å unngå overføring av smitte | | | | | |
| | | 5 m | 1 31 | 2 32 | 2 33 | 1 34 | 1 35 | 2 36 |
| | | 5 m | Såtid 2 | | Såtid 3 | | Såtid 1 | |
| | | 5 m | 2 37 | 1 38 | 1 39 | 2 40 | 2 41 | 1 42 |
| | | 5 m | Gras gjennom hele sesongen for å unngå overføring av smitte | | | | | |
| | | 5 m | 1 43 | 2 44 | 2 45 | 1 46 | 1 47 | 2 48 |
| | | 5 m | 2 49 | 1 50 | 1 51 | 2 52 | 2 53 | 1 54 |
| | | | | | | | | |

| Soppbehandling: | Såtider: | Sorter: |
|-----------------|--------------------|-----------------|
| Klosopp | 1. såtid: 10. mai | 1 = Nantes Duke |
| | 2. såtid: 6. juni | 2 = Nelson |
| Hvitflekk | 3. såtid: 27. juni | |
| | | |
| Ubehandlet | | |

Figur 6.1: dyrkningsoppsettet for forsøkene med gulrot og soppsmitte ved Apelsvoll 2011.

6.2 Høsting

Ved høstetidspunktet var det 13 uker siden modningsgrad 1 (såtid 3) ble sådd, 16 uker siden modningsgrad 2 (såtid 2) ble sådd og 20 uker siden modningsgrad 3 (såtid 1) ble sådd.

Høstingen ble gjort for hånd. Gulrotgraset ble fjernet ved å knekke det av noen centimeter over toppen av rota, og samtidig ble det utført en grov utsortering av skadde, syke eller deformerte røtter. For hver rute (figur 6.1) ble både den høstede mengden og den utsorterte mengden røtter veid. Gulrøttene ble mellomlagret frem til starten på forsøket (i cirka 20 døgn) ved 1 °C, først ved Apelsvoll forsøksgård på Østre Toten og deretter ved Vollebekk (UMB) på Ås.

6.3 Forberedelser til lagring

Kun gulrøtter fra kontrollrutene med gulrotsorten Nantes Duke ble benyttet i dette forsøket, det vil si røtter fra rute nummer 1, 4, 6, 31, 34, 35, 38, 39 og 42 (figur 6.1). Det ble plukket ut 32 tilfeldige gulrøtter fra hver rute, tilsammen 288 røtter totalt. Gulrøtter med tydelige sprekker, sår eller sykdomstegn ble ikke benyttet.

20 døgn etter høsting ble gulrøttene vasket forsiktig i puljer under rennende, lett temperert vann. Det ble benyttet vaskehansker (for grønnsaker) slik at jord og løst plantemateriale ble fjernet.

Det ble gjennomført en overflatedesinfisering av gulrøttene ved å dyppe røttene i klorbad (Natriumhypokloritt (NaOCl) og deionisert vann i forhold 1:9) i 3 minutter, før et kort opphold i deionisert vann (20-30 sekunder). I begge badene ble røttene beveget forsiktig for å sikre jevn desinfisering og for å fjerne eventuelle luftlag på overflaten. Klorvannet og skyllevannet ble byttet etter hver 96. gulrot.

6.4 Såring og smitting av gulrøtter

6.4.1 Klargjøring av boksene

Hvite plastbokser (Dynopack skål, 5 liter) med lokk ble merket med patogen (K for klosopp, G for gulrothvitfleksopp), modningsgrad på røttene (M1, M2 og M3), temperatur (t ved (0-1), 3 og 5 °C) og gjentaknummer (1, 2, 3 og 4) (tabell 6.2).

Tabell 6.2:merkingen av de ulike boksene i smitteforsøket. K står for klosopp, G for gulrothvitflekk, M for modningsgrad, t for temperatur og tall 1 til 4 for gjentaknummer.

| Gjentak ↓ | Utv. trinn: → | Modningsgrad 1 | | Modningsgrad 2 | | Modningsgrad 3 | |
|--------------|------------------|----------------|-----------------|----------------|-----------------|----------------|-----------------|
| | Patogen: → | Klosopp | Gulrothvitflekk | Klosopp | Gulrothvitflekk | Klosopp | Gulrothvitflekk |
| | Temperatur: ↓ | | | | | | |
| 1 | 1 °C | K-M1-t1-1 | G-M1-t1-1 | K-M2-t1-1 | G-M2-t1-1 | K-M3-t1-1 | G-M3-t1-1 |
| | 3 °C | K-M1-t3-1 | G-M1-t3-1 | K-M2-t3-1 | G-M2-t3-1 | K-M3-t3-1 | G-M3-t3-1 |
| | 5 °C | K-M1-t5-1 | G-M1-t5-1 | K-M2-t5-1 | G-M2-t5-1 | K-M3-t5-1 | G-M3-t5-1 |
| 2 | 1 °C | K-M1-t1-2 | G-M1-t1-2 | K-M2-t1-2 | G-M2-t1-2 | K-M3-t1-2 | G-M3-t1-2 |
| | 3 °C | K-M1-t3-2 | G-M1-t3-2 | K-M2-t3-2 | G-M2-t3-2 | K-M3-t3-2 | G-M3-t3-2 |
| | 5 °C | K-M1-t5-2 | G-M1-t5-2 | K-M2-t5-2 | G-M2-t5-2 | K-M3-t5-2 | G-M3-t5-2 |
| 3 | 1 °C | K-M1-t1-3 | G-M1-t1-3 | K-M2-t1-3 | G-M2-t1-3 | K-M3-t1-3 | G-M3-t1-3 |
| | 3 °C | K-M1-t3-3 | G-M1-t3-3 | K-M2-t3-3 | G-M2-t3-3 | K-M3-t3-3 | G-M3-t3-3 |
| | 5 °C | K-M1-t5-3 | G-M1-t5-3 | K-M2-t5-3 | G-M2-t5-3 | K-M3-t5-3 | G-M3-t5-3 |
| 4 | 1 °C | K-M1-t1-4 | G-M1-t1-4 | K-M2-t1-4 | G-M2-t1-4 | K-M3-t1-4 | G-M3-t1-4 |
| | 3 °C | K-M1-t3-4 | G-M1-t3-4 | K-M2-t3-4 | G-M2-t3-4 | K-M3-t3-4 | G-M3-t3-4 |
| | 5 °C | K-M1-t5-4 | G-M1-t5-4 | K-M2-t5-4 | G-M2-t5-4 | K-M3-t5-4 | G-M3-t5-4 |

I hver boks ble det lagt et filterpapir i bunnen, i tillegg til et sammenbrettet filterpapir per gulrot (4 per boks). De sammenbrettete filterpapirene ble merket fra 1 til 4 per boks. Filterpapirene ble fuktet med deionisert vann. Aluminiumsfolie (sammenkrøllet) ble benyttet til å lage skille og støtte mellom hver rot (figur 6.2a, b og c). Det ble benyttet 4 røtter i hver boks og 24 bokser i hver modningsgrad. Gulrøttene ble plukket ut tilfeldig fra hver modningsgrad, og fordelt i boksene.

6.4.2 Dyrking av soppen

Soppen ble dyrket på cellofan (Sigma-Aldrich cellophane sheets) før den forsiktig ble skrapet av, blandet med litt vann og homogenisert (IKA-Werk Ultra-Turrax). Dyrkingen på cellofan ble gjort ved at sirkulære cellofanbiter først ble autoklavert i vann ved 121 °C i 5 minutter og deretter forsiktig lagt ned på «Potet Dextrose Agar» (PDA) under sterile forhold. Det ble passet på at cellofanen fikk god kontakt med agaren og at alle luftlommer forsiktig ble strøket ut. En kjekskutter ble benyttet til å skjære ut små biter av en aktivt voksende koloni av det aktuelle patogenet. Hver bit ble plassert «opp-ned» i midten av cellofan- og agarskålen og inkubert til soppen begynte å dekke cellofanbiten.

Av gulrothvitflekken ble isolat *Rh* 841 benyttet, med en optisk tetthet på 1,3 ved 430 nm bølgelengde (spektrofotometer). Isolat *K* 3157 ble benyttet av klosoppen med en optisk tetthet på 1,6509 ved 430 nm bølgelengde. Hos klosoppen ble det også telt antall sporekjeder (et gjennomsnitt på 56 500 kjeder per milliliter).

6.4.3 Såring av gulrøttene

Redskapen ble desinfisert i sprit før bruk. Det ble benyttet et korkbor med indre diameter 0,9 cm og «tannreguleringsstrikk» («Black-footed ferret» størrelse 5/16") med indre diameter 0,9 cm (figur 6.2 d, e og g). 1 mm og 3 mm inn på borstanga ble merket av (figur 6.2d) og benyttet som mål til å lage 2 hull i hver rot. Nederst mot spissen ble det laget et 1 mm dypt hull, omtrent midt på rota et 3 mm dypt hull og øverst mot toppen ble det lagt en strikk, som først var blitt forsiktig dyppet i vaselin for å få feste (figur 6.2g og h). En skalpell ble benyttet til pent å skjære ut «innholdet» i hullene (figur 6.2f).

6.4.4 Tilføring av smitte

I hvert hull og innenfor hver strikk ble det pipetert en 20 µl dråpe med homogenisert smitteløsning (figur 6.2i og j). Hver rot merket med nummer 4 i hver boks var kontroll, og ble ikke tilført smitteløsning. Alle boksene ble fotografert før de ble lagt inn på lager ved 15 °C. Lagrene ble temperaturlogget.



Figur 6.2a) til 6.2j): prosessen med å gjøre gulrøttene klare til lagring, gjennom å klargjøre boksene (a, b og c), lage hull i gulrøttene (d, e og f), pålegg av strikk (g og h) og påføring av smitte (i og j).

6.5 Lagring

Innlagringen startet med en periode på 1 døgn ved 15 °C for røtter smittet med klosopp og 2 døgn ved 15 °C for røtter smittet med gulrothvitfleksopp. Denne perioden skulle gi patogenene bedre muligheter til å infisere de sårede røttene enn dersom de ble lagt direkte ved de lave lagringstemperaturene. Gulrothvitfleksopp fikk et døgn ekstra fordi den er mest seintvoksende.

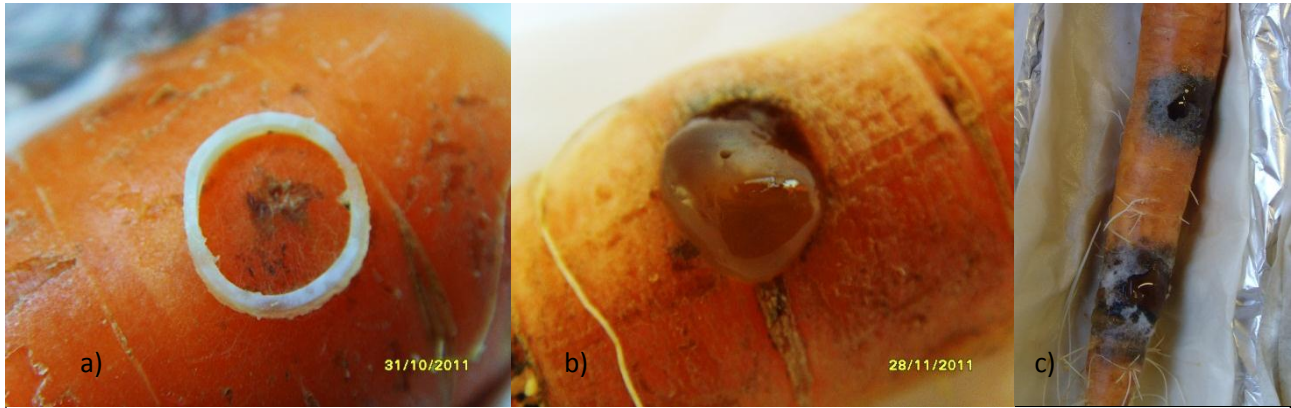
Etter henholdsvis 1 og 2 døgn ble temperaturen senket ned til de ønskede lagringstemperaturene på 0-1, 3 og 5 °C i de ulike lagerrommene.

6.6 Uttak

Gulrøttene ble observert hver annen uke gjennom hele lagringssesongen. Gulrøttene i 2 bokser smittet med klosopp og 2 bokser smittet med gulrothvitfleksopp (ved 5 °C) ble fulgt ekstra nøye opp. Det ble tatt bilder av alle sårene hos rot 2 i boks K-M2-t5-3, og enkeltbilder av alle røttene i boks K-M1-t5-2, i tillegg til oversiktsbilder av gulrøttene i hver boks (vedlegg 3a og 3b).

Første fullregistrering av sykdomsutviklingen forårsaket av de respektive soppene ble gjort etter 6 uker, og deretter hver fjerde uke. Hos gulrøttene smittet med klosopp ble den bredeste diameteren på råteflekken (figur 6.3c) målt i millimeter, eller det ble registrert om det var en antydning (A) til infeksjon, som ikke ennå var målbar (figur 6.3a), eller et tidlig stadium (T), med dråpedannelse som ikke kunne klassifiseres som en råteflekk (figur 6.3b). For gulrøttene smittet med gulrothvitfleksopp ble det kun registrert om det var tegn til myceldotter eller mycel og groper.

Det ble tilført deionisert vann i løpet av lagringssesongen for å opprettholde fuktigheten i boksene.



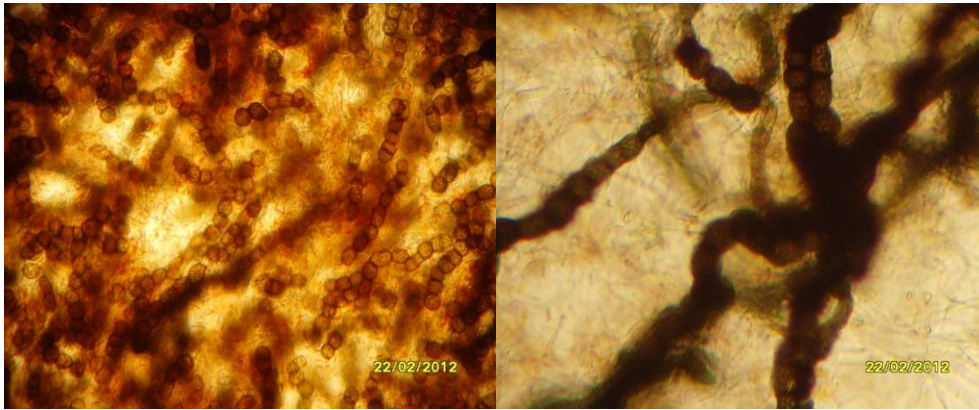
Figur 6.3: a) Til venstre vises et eksempel på det som er blitt klassifisert som A (antydning) ved registreringen av utviklingen til klosoppens råteflekk. b) I midten vises et eksempel på det som er blitt klassifisert som T (tidlig stadium) ved registreringen av råteflekk-utviklingen. c) Til høyre vises to eksempler på råteflekker ved et senere stadium av sykdomsutviklingen til klosopp.

6.7 Oppgjør av forsøket med klosopp

Etter en 18 uker lang lagringsperiode ble forsøket avsluttet for klosoppen.

I tillegg til den vanlige registreringen av diameteren til råteflekkene og oversiktsbildene av gulrøttene i hver boks, ble det her også registrert utviklingen til råteflekkene innover i gulrotvevet. Disse registreringene ble gjort ved å kutte gulrota tvers over i midten av hver flekk, og måle hvor langt ned fra sårkanten utviklingen hadde kommet. Om råteflekkens utvikling innover i vevet ikke var jevn, ble den målt på det punktet der utviklingen var kommet lengst.

Det ble isolert soppstrukturer fra enkelte av gulrøttene for undersøkelse og identifisering, eller ved behov rendyrking på laben. Dette ble gjort både for å reisolere klosoppen og oppfylle kravene til Kochs-postulat, men også for å identifisere enkelte av kontaminatorene som trolig hadde fulgt med gulrøttene inn på lageret. Prøver av det bløte og svarte vevet i råteflekkene ble undersøkt under mikroskop og identifisert som klosopp ved funn av mørke klamydosporekjeder (figur 6.4). I tilfellene der det ikke kunne identifiseres klamydosporer ble gulroten inkubert ved 15 °C sammen med isolater fra det infisert gulrotvevet dyrket på PDA. Det ble foretatt isoleringer både med og uten en kort overflatebehandling. Overflatebehandlingen skjedde ved å dyppe en gulrotbit, fra overgangen mellom sykt og tilsynelatende friskt gulrotvev, i 0,5 % NaOCl i 30 sekunder og siden skylle av denne i deionisert vann. Både PDA-skålene og gulroten ble observert hver uke til patogenet kunne bestemmes.



Figur 6.4: kjeder av klosoppens klamydosporer påvist i råteflekker fra gulrot (bildene er ikke fra samme gulrot).

6.8 Oppgjør av forsøket med gulrothvitflekk

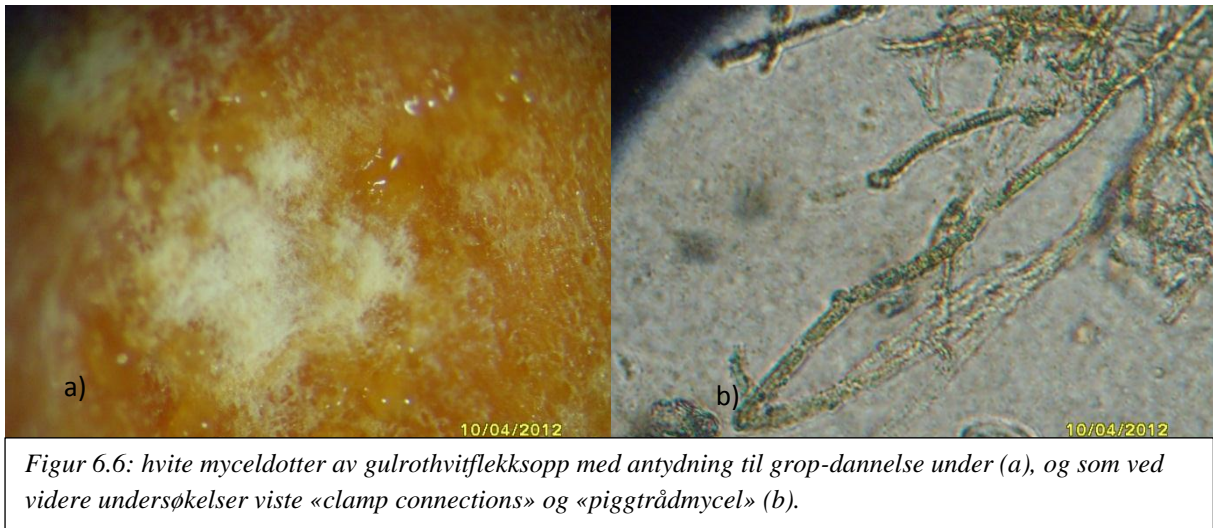
Etter 25 uker på lager ble forsøket med gulrothvitflekk avsluttet.

Det ble tatt oversiktsbilder av alle boksene, og bilder av hvert av tilfellene av sykdomsutbrudd. På grunn av at sykdomsutviklingen var kommet svært kort, ble det kun registrert om det var tilstedeværelse av myceldotter eller ikke (figur 6.5).



Figur 6.5: myceldotter av gulrothvitfleksopp med vekst både i kanten (a) og midt i sårflaten (b).

Et representativt utvalg av gulrøtter med myceldotter ble tatt med inn på laboratoriet. Myceldottene ble undersøkt under lupe og prøver av mycelet ble sett på under mikroskop for å identifisere patogenet. Sykdommen ble identifisert som gulrothvitflekk dersom de observerte myceldottene viste et luftig, hvitt mycel med antydning til grop-dannelse under (figur 6.6a) og videre undersøkelser i mikroskop avslørte «clamp-connections» og «piggrådmycel» (figur 6.6b).



Figur 6.6: hvite myceldotter av gulrothvitflekkssopp med antydning til grop-dannelse under (a), og som ved videre undersøkelser viste «clamp connections» og «piggrådmycel» (b).

6.9 Databehandling og statistikk

Dataene fra registreringene av utviklingen av klosopp ble analysert ved bruk av ANOVA (general linear model) og Tukeys test i MINITAB 16. Signifikansnivået ble satt til 0,05. Det ble benyttet Microsoft Excel til å lage tabeller og figurer for å beskrive dataene. Det ble også laget en tabell som oppsummerer gjennomsnittet innen gjentakene for de ulike parameterne (vedlegg 1).

På dataene fra registreringen av gulrothvitflekk ble det forsøkt å benytte «binary logistic regression» fra MINITAB, men trolig på grunn av få registrerte tilfeller av sykdommen kom alle resultatene tilbake med feilmeldinger. Det ble derfor besluttet å fremstille gjennomsnittet av rådataene i en enkel tabell.

7. Resultater

7.1 Klosopp

7.1.1 Utviklingen av klosopp gjennom lagringsperioden

De første 2 månedene av lagringsperioden ble det observert tydelige forskjeller i den synlige råteutviklingen av klosopp, spesielt ved forskjeller i temperatur og sår dybde. Det ble observert at utviklingsstadiene av råten ved 0-1 °C lå omtrent 2 uker etter utviklingsstadiene som kunne observeres ved 3 og 5 °C. Mellom temperaturene på 3 og 5 °C var det derimot vanskelig å skille råteutviklingen visuelt. For sår dybden ble det i begynnelsen av lagringsperioden observert tydeligst forskjell mellom inokuleringer på såret og usåret vev (vedlegg 3a). Senere i lagringsperioden ble det observert flere råteflekker der utviklingen stoppet opp ved en sår dybde på 1 millimeter enn ved en sår dybde på 3 millimeter (vedlegg 3a).

Råteutviklingen på overflaten

Overflatevevet, som var blitt inokulert med klosopp, viste til forskjell fra det sårede vevet ingen symptomer på væskeansamlinger, hverken i form av dråper eller blærer (vedlegg 3a). Det var også tydelig færre observasjoner av begynnende infeksjoner, og ingen av disse utviklet seg videre til råteflekker. Den begynnende infeksjonen viste seg ofte i form av en liten, mørk og noe nedsunken, tørr flekk i overflatevevet, som utviklet seg horisontalt og etter hvert ofte viste en ujevn stjerneform (vedlegg 3a). Denne ble aldri større enn noen millimeter, og dekket aldri hele det inokulerte området.

Råteutviklingen i sårene

Sårene ble i løpet av de første 2 ukene fylt opp av en gjennomsiktig væskedråpe, som gradvis forsvant mens vevet under utviklet seg til å bli blankt og stadig mer væskefylt (vedlegg 3a). I denne perioden kunne man observere mørke områder som spredde seg horisontalt fra sårkanten og utover i gulrotvevet. Dette mørke området ble raskt svart, mens vevet i bunnen av såret utviklet en stadig mørkere brun farge (vedlegg 3a). Fra dette stadiet gikk utviklingen noe raskere, med et stadig større område dekket av en svart og væskefylt råte. I noen tilfeller ble råten observert å dekke rundt hele diameteren på gulrota, og utviklingen viste seg alltid å

skje raskere horisontalt på rota enn vertikalt. Dette ga råteflekkene et avlangt utseende (vedlegg 3b).

I noen tilfeller, spesielt ved en sår dybde på 1 millimeter, ble det observert at væskedråpene i begynnelsen av lagringsperioden var små, og ofte i kanten på såret. I disse tilfellene, men også noen ganger ved full væskedråpeansamling, ble det observert at utviklingen av klosoppinfeksjonen stoppet opp og tørket inn (vedlegg 3a). Vevet i bunnen av såret viste da tendenser til å være væskefylt og blankt, og rundt sårkanten kunne det utvikle seg mørke områder, men i stedet for at vevet ble dekket av råten, tørket bunnen av såret opp og ble fast. Det kan se ut som om vevet i bunnen trakk seg sammen, da det ofte kunne observeres en utvidelse av avstanden mellom bunnen og kantene på såret (vedlegg 3a). Ingen videre forandring etter dette ble observert for disse tilfellene.

Råteflekkens utvikling innover i gulrotvevet

Råteflekkenes utvikling innover i gulrotvevet viste store variasjoner ved avslutningen av forsøket. Det ble observert at kraftige, svarte, bløte råter alltid gikk lengre inn i vevet enn de tørrere, mindre utviklete råteflekkene, men hvor langt inn i vevet råten gikk var uansett variabelt (vedlegg 3b). Det var en klar tendens til at utviklingen fulgte cellelagene rundt rota i stede for å vokse på tvers av dem. Dette ga et sterkt inntrykk av en avlang vokseform også i dypet på gulrotvevet (vedlegg 3b). De tørrere råteflekkene, der utviklingen av råten virket som den var i ferd med å avta eller hadde stoppet opp, strakte seg sjelden mer enn et par cellelag innover i gulrotvevet.

Generelle observasjoner

Det ble observert betydelig mer «forurensning», i form av uønskede patogener, i boksene med gulrøtter som var smittet med klosopp, sammenlignet med boksene med gulrøtter smittet med gulrothvitfleksopp. Spesielt var dette tydelig i den første halvdel av lagringsperioden, der boksene med gulrøtter smittet med gulrothvitfleksopp generelt fremstod som rene for «forurensning». Flere av «forurensningene» ble på slutten av forsøket identifisert som klosopp, og råten forårsaket av denne «forurensningen» begynte ofte i tuppen av rota og spredde seg oppover. Det ble også observert at en stor andel av gulrøttene dannet fibrøse siderøtter og groer i toppen av rota, også her mer hos gulrøttene smittet med klosopp enn hos gulrøttene smittet med gulrothvitfleksopp.

Kontrollene viste ingen tegn til utvikling av klosopp.

Identifisering av klosopp

Ved avslutningen av forsøket ble det isolert prøver fra det infiserte vevet i smittepunktene. Det ble observert en klar tendens til at større, mer fremskredne angrep av klosopp viste en større mengde sporekjeder enn råteangrep på et tidligere stadium (vedlegg 5). Fargen på det infiserte vevet og sporene varierte generelt mellom gråbrunt og varmbrunt, og det ble observert forskjell på lengden og størrelsen på sporekjedene, men ingen klare mønstre i forskjellene. I tørt gulrotvev der råteutviklingen hadde stoppet opp ble det også observert sporekjeder (vedlegg 5), men i et betydelig mindre omfang enn i de råteflekkene som var mer utviklet. I to tilfeller ble det ikke funnet sporekjeder direkte. Prøver fra disse smittepunktene ble isolert på medium, og inkubert ved romtemperatur. Sporekjeder ble senere observert i store mengder. I enkelte av råteflekkene ble det også observert nematoder. Disse ble ikke identifisert.

7.1.2 Sammenhengen mellom modningsgrad, lagringstemperatur, tid, sårdybde og bredden på råteflekken

Variansanalysen (vedlegg 2) viser på grunnlag av P-verdiene at modningsgraden, lagringstemperaturen, lagringstiden (i uker), sårdybden og de enkelte boksene (gjentakene) hadde signifikant effekt på breddeutviklingen av råteflekkene. Samspillseffekter ble også registrert mellom modningsgrad og temperatur, og mellom lagringstid og sårdybde. Av de enkle faktorene viser temperatur, tid og sårdybde en noe større signifikant betydning enn modningsgraden (tabell 7.1). Betydningen av de ulike «boksene» på resultatet vil ikke bli lagt vekt på videre, da noen forskjeller mellom gjentakene er å forvente. Modellen viste en R^2 -verdi på 80,3 % (vedlegg 2).

Av modningsgradene viste modningsgrad 2 og 3 signifikante forskjeller fra hverandre, men ingen av dem viste signifikante forskjeller fra modningsgrad 1 (tabell 7.1). Modningsgrad 3 ga de bredeste råteflekkene med en gjennomsnittlig diameter på 0,585 cm, etterfulgt av modningsgrad 1 på 0,511 cm og modningsgrad 2 på 0,502 cm (tabell 7.1).

Størst gjennomsnittlig bredde på råteflekkene ble registrert ved en temperatur på 5 °C (0,610 cm), etterfulgt av 0-1 °C (0,516 cm) og 3 °C (0,471 cm) (tabell 7.1). En temperatur på 0-1 °C og 3 °C viste ingen signifikante forskjeller fra hverandre, mens 5 °C ga signifikant større råteflekker (tabell 7.1).

Tabell 7.1: den gjennomsnittlige bredden på klosoppens råteflekker i centimeter og grupperingen fra Tukeys test for de ulike modningsgradene, temperaturene, lagringstidene og sårdybdene.

| Faktor | Gjennomsnittlig bredde på råteflekken (centimeter) | Gruppering ^α |
|--|--|-------------------------|
| Modningsgrad | | |
| M1 | 0,511 ± 0,552 | A B |
| M2 | 0,502 ± 0,530 | B |
| M3 | 0,585 ± 0,646 | A |
| Signifikansnivå: | | ** |
| Temperatur, °C | | |
| 0-1 | 0,516 ± 0,555 | B |
| 3 | 0,471 ± 0,554 | B |
| 5 | 0,610 ± 0,619 | A |
| Signifikansnivå: | | *** |
| Lagringstid | | |
| 6 | 0,195 ± 0,296 | C |
| 10 | 0,378 ± 0,411 | B |
| 14 | 0,773 ± 0,638 | A |
| 18 | 0,764 ± 0,666 | A |
| Signifikansnivå: | | *** |
| Sårdybde (millimeter) | | |
| 0 | 0,027 ± 0,122 | C |
| 1 | 0,660 ± 0,531 | B |
| 3 | 0,911 ± 0,544 | A |
| Signifikansnivå: | | *** |
| ^α ulike grupperinger for de ulike verdiene er bestemt på bakgrunn av Tukeys sammenligningstest (p<0,05). Signifikansnivå: * ≤ P(0,05), ** ≈ P(0,01), *** ≤ P(0,001). | | |

Det ble registrert en signifikant effekt av tiden gulrøttene lå på lager. Den gjennomsnittlige bredden på råteflekkene økte signifikant fra uke 6 (0,195 cm) via uke 10 (0,378 cm), og frem til 14 (0,773 cm) og 18 (0,764 cm) ukers lagringstid (tabell 7.1). Mellom 14 og 18 uker ble det ikke registrert signifikante forskjeller (tabell 7.1).

Sårdybdene viste også signifikante forskjeller. En sårdybde på 3 mm ga de signifikant bredeste råteflekkene med en gjennomsnittlig diameter på 0,911 cm, etterfulgt av en sårdybde på 1 mm med 0,660 cm bredde og en sårdybde på 0 mm med en bredde på 0,027 cm (tabell 7.1).

Samspillseffekter

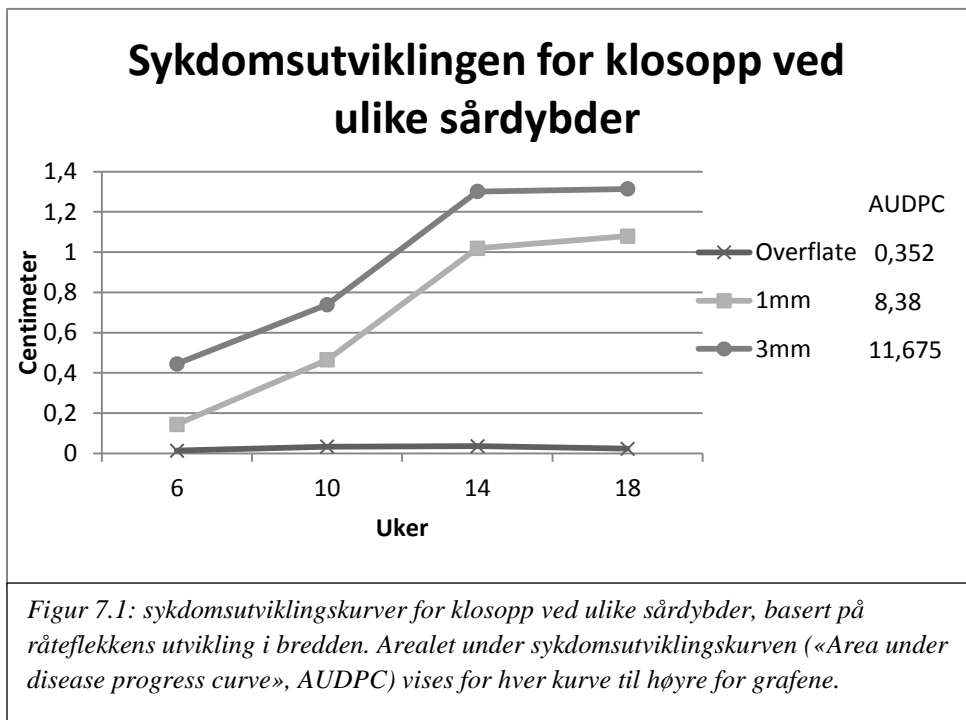
Samspillseffekten mellom modningsgrad og temperatur hadde en signifikant betydning for bredden på råteflekken ($P \leq 0,001$) (tabell 7.2). Likevel ble det kun vist små forskjeller i den gjennomsnittlige bredden på råteflekkene innen hver kombinasjon av modningsgrad og temperatur, og flere av kombinasjonene viste den samme effekten på råteflekkens bredde (tabell 7.2). Registreringene viste ingen tegn til et tydelig, signifikant mønster i utviklingen, men det ble registrert at den høyeste lagringstemperaturen lå i den øvre delen av skalaen uansett modningsgrad (tabell 7.2).

Tabell 7.2: samspillseffekten mellom modningsgraden og temperaturen på utviklingen av klosoppens råteflekker.

| Faktor | | Gjennomsnittlig bredde på råteflekken (centimeter) | Gruppering ^a |
|---|-----------------------|--|-------------------------|
| Modningsgrad | Temperatur, °C | | |
| 1 | 0-1 | 0,582 ± 0,637 | A B |
| | 3 | 0,354 ± 0,381 | C |
| | 5 | 0,588 ± 0,564 | A B |
| 2 | 0-1 | 0,439 ± 0,486 | B C |
| | 3 | 0,420 ± 0,498 | B C |
| | 5 | 0,647 ± 0,572 | A |
| 3 | 0-1 | 0,527 ± 0,520 | A B C |
| | 3 | 0,633 ± 0,689 | A |
| | 5 | 0,596 ± 0,709 | A B |
| Signifikansnivå: | | | *** |
| ^a ulike grupperinger for de ulike verdiene er bestemt på bakgrunn av Tukeys sammenligningstest ($p < 0,05$). Signifikansnivå: * $\leq P(0,05)$, ** $\approx P(0,01)$, *** $\leq P(0,001)$. | | | |

Sykdomsutvikling basert på breddeutviklingen av råteflekkene

Sykdomsutviklingskurvene (figur 7.1) viser at det er markante forskjeller mellom de ulike sårdybdene. En hel overflate ga en nesten flat kurve med en AUDPC («Area under disease progress curve») på 0,352. Kurvene for 1 mm og 3 mm sårdybde viser en lik utvikling, med kurven for 1 mm sårdybde ligger noe lavere, med en AUDPC på 8,38, enn kurven for 3 mm sårdybde, med en AUDPC på 11,675.



7.1.3 Sammenhengen mellom lagringstemperatur, sårdybde og råteflekkens utvikling innover i gulrotvevet

På grunnlag av P-verdiene i variansanalysen for råteflekkens utvikling innover i gulrotvevet (vedlegg 2), kan man se at kun temperatur og sårdybde har hatt signifikant effekt på utviklingen av råteflekkene. Modellen viste en R^2 -verdi på 57,06 % (vedlegg 2).

En temperatur på 0-1 °C og 3 °C viste signifikante forskjeller med en gjennomsnittlig råteutvikling på henholdsvis 0,205 cm og 0,109 cm (tabell 7.3) innover i vevet. En temperatur på 5 °C hadde en gjennomsnittlig utvikling innover i gulrotvevet på 0,146 cm, og viste ikke signifikante forskjeller fra noen av de andre temperaturene (tabell 7.3).

Økende sårdybde har gitt signifikant økende utvikling av råteflekkene innover i gulrotvevet (tabell 7.3). En sårdybde på 0 mm ga en gjennomsnittlig utvikling på 0,011 cm, mens en

sårddybde på 1 mm og 3 mm ga en gjennomsnittlig utvikling hos råteflekkene innover i vevet på henholdsvis 0,186 cm og 0,263 cm (tabell 7.3).

Tabell 7.3: den gjennomsnittlige utviklingen innover i gulrotvevet hos klosoppens råteflekker og grupperingene for de ulike temperaturene og sårddybdene.

| Faktor | Gjennomsnittlig utvikling hos råteflekkene innover i gulrotvevet (centimeter) | Gruppering ^α |
|---|--|--------------------------------|
| Temperatur, °C | | |
| 0-1 | 0,205 ± 0,209 | A |
| 3 | 0,109 ± 0,125 | B |
| 5 | 0,146 ± 0,126 | A B |
| Signifikansnivå: | | *** |
| Sårddybde (millimeter) | | |
| 0 | 0,011 ± 0,022 | C |
| 1 | 0,186 ± 0,172 | B |
| 3 | 0,263 ± 0,128 | A |
| Signifikansnivå: | | *** |
| <p>α ulike grupperinger for de ulike verdiene er bestemt på bakgrunn av Tukeys sammenligningstest (p<0,05).</p> <p>Signifikansnivå: * ≤ P(0,05), ** ≈ P(0,01), *** ≤ P(0,001).</p> | | |

7.2 Gulrothvitflekk

7.2.1 Utviklingen av gulrothvitflekk gjennom lagringsperioden

Det tok lang tid før angrepet av gulrothvitflekkssoppen viste seg. Først mot slutten av lagringsperioden, etter 20 uker, ble det første gang observert antydning til myceldotter. Med 2 ukers mellomrom ble det deretter registrert noen nye tilfeller, helt frem til forsøket ble avsluttet etter totalt 25 ukers lagring. Ved den første observasjonen ble det registrert flest tilfeller av symptomer ved 3 °C, deretter ved 0-1 °C, og kun ett tilfelle ved 5 °C. Da forsøket ble avsluttet var det derimot flest observasjoner av myceldotter ved 5 °C.

Noen myceldotter ble registrert på sårflaten, men de fleste satt i forbindelse med kantvevet eller ujevnheter i bunnvevet av såret (vedlegg 4). Ingen myceldotter ble registrert ved intakt periderm, og de første ukene etter den første observasjonen ble det kun registrert myceldotter i de dypeste sårene (3 millimeter).

Myceldottene var hvite, begynte som svært små (< 1 mm), og økte størrelsen sakte, men jevnt (vedlegg 4). Det ble hos de største myceldottene observert antydning til dannelsen av gropen under mycelet (vedlegg 4 og 5), og vevet i disse gropene var brun-grått av farge.

Generelle observasjoner

Det ble ikke observert noen synlige endringer i gulrotvevet i forbindelse med sårene gjennom lagringsperioden, hverken i form av væskeansamling, som for gulrøttene smittet med klosopp, eller som synlige strukturelle endringer i vevet.

Generelt ble det observert noe «forurensning» av uønskede patogener i boksene med gulrøtter smittet med gulrothvitflekkssopp, men denne «forurensningen» viste seg på et senere tidspunkt, og var sjeldnere her sammenlignet med boksene hvor gulrøttene var smittet med klosopp. «Forurensningene» som ble observert ble identifisert som klosopp og ett tilfelle av gråskimmel. Det ble også funnet en del groer i toppen av gulrota, og en del dannelsen av fibrøse siderøtter, men dette ble observert på et senere tidspunkt og i mindre omfang enn hos gulrøttene smittet med klosopp.

Ingen av kontrollene viste tegn til angrep av gulrothvitflekkssopp.

Identifisering av gulrothvitflekk

Det ble valgt ut representative myceldotter som ble undersøkt under lupe og mikroskop. Det ble observert hvitt, luftig mycel med en antydning til nedsenkning av vevet under (vedlegg 5). I kanten av mycelet ble det observert dråper av en klar væske (vedlegg 5).

Ved undersøkelser i mikroskop ble det observert både septa og «clamp-connections» på hyfene, men den hyppigste observasjonen bestod i «piggrådmycel» (vedlegg 5). Dette var hyfer med en ujevn overflate av det som så ut som små pigger eller krystaller. Disse satt løst og det ble observert mange løsnede krystaller i forbindelse med hyfene.

7.2.2 Sammenhengen mellom modningsgrad, lagringstemperatur, sårdybde og utviklingen av gulrothvitflekk under lagring

Antallet registrerte punkter med myceldotter var for få til at regresjonsanalysen ville gi et sikkert svar, så resultatene her er fremstilt i tabell 7.4 som summen av registrerte tilfeller av myceldotter innen hver kombinasjon av behandlinger. Hvert tall i tabellen er basert på registreringen av 3 gulrøtter med 4 gjentak, til sammen 12 smittepunkter. Det er også vist summen av registrerte tilfeller innen hver sårdybde, innen hver temperatur og innen hver modningsgrad for å gi et inntrykk av betydningen av de ulike faktorene.

Som man kan se av tabell 7.4, er det en tendens til en økende mengde tilfeller av angrep av gulrothvitflekk med økende sårdybde. På overflaten er det ikke registrerte symptomer, mens det ved sårdybde på 1 og 3 millimeter er registrert henholdsvis 8 og 23 tilfeller av sykdomsangrep. Det er også en tendens til økende antall tilfeller av gulrothvitflekk med økende lagringstemperatur. Ved 0-1 °C ble det registrert 8 tilfeller, ved 3 °C ble det registrert 10 tilfeller og ved 5 °C ble det registrert 13 tilfeller av sykdommen (tabell 7.4). For modningsgraden ble det registrert 8 tilfeller av gulrothvitflekk for både modningsgrad 1 og 3, med det høyeste antallet (15) registrerte tilfeller for modningsgrad 2 (tabell 7.4).

Tabell 7.4: antall registrerte tilfeller av gulrothvitflekk innen hver behandling, der hvert tall er basert på observasjoner av 12 smittepunkter (mørkt grått område). Summen av observerte tilfeller for hver sårddybde, hver temperatur og hver modningsgrad vises i kantene av tabellen (lys grått område).

| Modningsgrad | Temperatur, °C | Overflaten | 1mm | 3mm | Sum innen hver temperatur | Sum innen hver modningsgrad |
|----------------------------------|-------------------|------------|-----|-----|---------------------------------|-----------------------------------|
| M1 | 0-1 | 0 | 1 | 2 | 8 | 8 |
| M2 | | 0 | 1 | 2 | | 15 |
| M3 | | 0 | 0 | 2 | | 8 |
| M1 | 3 | 0 | 0 | 0 | 10 | |
| M2 | | 0 | 2 | 5 | | |
| M3 | | 0 | 1 | 2 | | |
| M1 | 5 | 0 | 1 | 4 | 13 | |
| M2 | | 0 | 2 | 3 | | |
| M3 | | 0 | 0 | 3 | | |
| Sum innen hver sårddybde: | | 0 | 8 | 23 | | |

8. Diskusjon

8.1 Klosopp

Den observerte utviklingen av klosopp i dette forsøket stemmer godt overens med beskrivelsene fra andre forsøk (Davies & Lewis 1980 og 1981b, Davies *et al.* 1981). Utviklingen av infeksjoner av klosopp er i tidligere forsøk registrert i form av andelen utviklede råteflekker eller andelen progressive råteflekker, til dels beskrevet i form av antall rammede cellelag. I dette forsøket er derimot råteflekkenes utvikling målt nøyaktig i centimeter både i bredden og innover i gulrotvevet.

8.1.1 Modningsgrad

Begrepet modning omfatter enten den «fysiologiske modningen» eller en «optimalisering i forhold til konsumentkravene til kvalitet» (Wills *et al.* 2007). For gulrot vil modning kreve tilfredsstillende utseende, sensorisk og næringsmessig kvalitet i kombinasjon med et godt potensiale for lagring (Suojala 2000). Det er usikkerhet om spesifikke modningsstadier finnes for gulrot. Forsøk hvor sukkerinnhold, tørrstoff og karoten er målt i forhold til modningsgrad har gitt varierende resultater. Modningsgraden er derfor foreslått å ha størst praktisk betydning for røttens form og vekt (Suojala 2000).

Tidligere forsøk har vist at modningsgraden påvirker både «kureringspotensialet» til gulrøttene og innholdet av polyacetylen, deriblant falcarindiol, som er en viktig del av gulrotas forsvar mot infeksjoner (Lewis *et al.* 1981, Kjellenberg *et al.* 2010). Ved å påvirke forsvaret til gulrota, vil modningsgraden også kunne ha en effekt på utviklingen av infeksjoner av klosopp. I dette forsøket er det vist at modningsgraden har signifikant betydning ($P=0,01$) for utviklingen av bredden på råteflekken til klosopp (tabell 7.1). Modningsgrad 2 (16 uker ved høsting) viste de laveste verdiene for råteflekkens bredde, etterfulgt av modningsgrad 1 (13 uker) og modningsgrad 3 (20 uker).

Størst utvikling av råteflekkene hos modningsgrad 3 stemmer overens med tidligere forsøk, som har vist at økende modningsgrad på gulrøttene gir økning i vekstraten av klosoppinfeksjoner og i andelen råteflekker som blir progressive (Davies & Lewis 1980 og 1981b). Dette står i kontrast til innholdet av falcarindiol som synker fra et høyt nivå i starten av vekstsesongen, før det snur og øker frem til høsting (Kjellenberg *et al.* 2010). En økning i innholdet av falcarindiol burde gitt sterkere forsvar utover i vekstsesongen og ikke økt

utvikling av infeksjonene. Det skal derimot aldri tidligere være registrert noen effekt av modningsgraden på den endelige andelen infeksjoner (Davies & Lewis 1980 og 1981b), og dette kan trolig tilskrives økningen i innholdet av falcariindiol. Mengden falcariindiol, i de ulike modningsgradene, vil vise en gradvis utjevning gjennom lagringsperioden (Kjellenberg *et al.* 2010). Dette gjør at forskjellene mellom modningsgradene etter hvert får en mindre betydning.

Effekt av modningsgrad er aldri blitt satt i direkte sammenheng med peridermens motstandskraft mot infeksjoner, men det er blitt påpekt at en indirekte påvirkning i form av endringer i sårhelingsprosessen og endringer i mottakeligheten for skader er sannsynlig (Davies & Lewis 1980 og 1981b). Gulrøttene viser uansett en motstandskraft mot sykdomsutvikling av klosopp ved høsting og tidlig i lagringsperioden, en motstand som ikke påvirkes av modningsgraden (Davies & Lewis 1980). Denne delen av forsvaret til gulrøttene ble også observert i dette forsøket, der antydninger til råteflekker først ble observert etter omtrent 4 uker ved alle modningsgradene.

Råteflekkene viste en tregere utvikling hos gulrøttene med modningsgrad 2 sammenlignet med modningsgrad 1 i dette forsøket. Dette kan indikere at gulrøttene under veksten har en periode der forsvaret deres mot infeksjoner er sterkere enn ellers. En slik effekt av gulrøttenes modningsgrad er ikke vist tidligere. Ytre påvirkninger som høstedato, lagring, sted, sort og år har under tidligere undersøkelser gitt store forskjeller i resultatene (Kjellenberg *et al.* 2010), og må medregnes som en viktig forklaringsfaktor for variasjoner mellom resultatene fra dette forsøket og tidligere forsøk. Spesielt den store nedbørsmengden i vekstsesongen 2011 skiller vekstforholdene under dette forsøket fra normale vekstforhold og trolig andre forsøk på samme område.

I følge Meteorologisk institutt (2011) var den gjennomsnittlige nedbøren for hele landet i 2011 på 130 % av det normale, mens enkelte områder opplevde så mye som 150 - 175 % av den normale nedbørsmengden. På Apelsvoll ble det registrert 132,8 % av den normale nedbørsmengden, den nest høyeste verdien siden målingene startet i 1900 (Yr.no 2012).

Det er vist at værforhold kan påvirke veksten og modningen av gulrøtter gjennom prosessene som er knyttet til fiksering og bruk av karbon (Lada *et al.* 2006). For høy vanntilgang vil kunne gi redusert avling og antall salgbare gulrøtter, redusert lengde på røttene og redusert vekt, økt fare for sprekkdannelse, misfarging og forgrening av røttene (White & Strandberg

1979, White 1992, Gutezeit 2001, Tesfaendrias *et al.* 2010). Det er også vist at de negative effektene øker med eksponeringstiden og jordtemperaturen (White & Strandberg 1979).

Det ble ved høsting observert svært mange store, sprø og lettskadelige gulrøtter med forgreninger, spesielt blant modningsgrad 3. Disse var blitt eksponert for den høye vanntilgangen over en lengre periode enn de andre modningsgradene. Både den indre og ytre kvaliteten, og gjennom dette også forsvaret til gulrøttene, kan ha blitt påvirket av den ekstreme vanntilgangen. En påvirkning på gulrøttenes forsvar under veksten vil ha betydning for utviklingsmulighetene til sopp sykdommene under lagringen, da ingen forbedring i kvaliteten eller i forsvaret til gulrøttene kan forventes etter høsting. Høy vanntilgang under vekstsesongen legger også forholdene til rette for vekst av patogener i åkeren (Tesfaendrias *et al.* 2010). For å begrense muligheten for at et eventuelt større sykdomspress i åkeren skulle skape forstyrrelser fra andre patogener under dette forsøket, ble gulrøttene desinfisert med klorin før lagringen.

Ettersom det største innholdet av polyacetylen er finnes i de ytre cellelagene til gulrota (Garrod *et al.* 1978, Garrod & Lewis 1979), vil veksten av råteflekkene innover i vevet trolig ikke påvirkes av modningsgraden i samme grad som breddeutviklingen. Modningsgraden til gulrøttene hadde i dette forsøket ingen signifikant betydning for råteflekkens utvikling innover i gulrotvevet.

8.1.2 Lagringstemperaturen

Selv om den optimale lagringstemperaturen for gulrøtter er på rundt 0 °C, blir det i praksis benyttet temperaturer mellom 0 og 2 °C. Dette gjøres for å få en optimal kombinasjon av høy kvalitet hos gulrøttene og redusert mulighet for frostskaider (Balvoll 1999, Høgetveit *et al.* 2011). I dette forsøket er det vist at lagringstemperaturen har signifikant effekt ($P \leq 0,001$) både på utviklingen av bredden og utviklingen innover i gulrotvevet av klosoppens råteflekker (tabell 7.1 og tabell 7.3). En lagringstemperatur på 5 °C ga signifikant bredere råteflekker enn lagringstemperaturene på 0-1 °C og 3 °C. For råteflekkens utvikling innover i gulrotvevet viste derimot resultatet den største verdien ved den laveste temperaturen (0-1 °C).

Breddeutviklingen hos råteflekkene i dette forsøket stemmer godt med tidligere observasjoner av at lave temperaturer både øker motstanden mot infeksjoner av klosopp tidlig i lagringsperioden, og øker tiden frem til råteflekkene blir progressive (Davies *et al.* 1981, Davies & Lewis 1981b). Resultatene fra dette forsøket antyder at mens råteflekkens

utstrekning i bredden begrenses av lave temperaturer, kan lave temperaturer være med på å føre råten lengre inn i gulrotvevet.

Det er også tidligere vist at økende lagringstemperatur gir en negativ effekt på tekstur, farge og vekt hos gulrøttene i tillegg til økt respirasjon, utviklingen av bladgroer og siderøtter (Balvoll 1999, Barbosa *et al.* 2011). I dette forsøket ble det generelt observert en høy grad av utvikling av groer og siderøtter uansett temperatur, men utviklingen ble observert å starte tidligere og utvikle seg raskere ved 5 °C enn ved 0-1 °C og 3 °C.

8.1.3 Tiden på lager

Det ble registrert en signifikant økning i råteflekkenes bredde under lagringstiden frem til 14 uker (tabell 7.1), men ingen signifikante forskjeller etter dette (signifikansnivå $P \leq 0,001$). Økningen i råteflekkenes bredde kan være en konsekvens av forsvaret til gulrøttene, som er foreslått å ha en avtagende effekt fra høsting og gjennom lagringsperioden (Davies *et al.* 1981). Synkende aktivitet gjennom lagringsperioden er tidligere også registrert for innholdsstoffer som antioksidanter (Koca & Karadeniz 2008). Fra før er det vist at forsvaret hos gulrøttene inhiberer spiringen og infeksjonsevnen til sporene av klosopp, men at inhiberingen av nytt, tilført inokulum gradvis svekkes under lagring frem til cirka 10 måneder etter starten på lagringsperioden (Davies *et al.* 1981, Davies & Lewis 1981b).

Økning i omfanget av infeksjonene opp til 14 uker etterfulgt av en nedgang i utviklingen, viser at den første perioden på lager er viktig for gulrøttenes lagringsevne. Dette ble også påpekt av Lewis *et al.* (1981), som viste at de lokale infeksjonene av klosopp alltid utviklet seg de første ukene på lager, selv om den progressive fasen først begynte mye senere. Davies *et al.* (1981) fant at infeksjonene bare var mikroskopiske den første perioden, opp til 80 dager eller cirka 11 uker. Dette tidsaspektet er ikke helt i samsvar med resultatene fra forsøket som danner grunnlaget for denne oppgaven. Hadde den progressive fasen begynt etter 11 uker, burde det trolig vært registrert en økning i utviklingen til råteflekkene også etter 14 uker og ikke kun før dette tidspunktet.

Den progressive fasen til klosopp starter med en overgang fra intercellulær vekst til intracellulær vekst for hyfene, trolig som en konsekvens av nedgang i produksjonen av sopphekkende stoffer i protoplastene til gulrotcellene (Davies *et al.* 1981). Hvor lang tid det tar før dette skjer vil variere med de fysiske forholdene på lageret (Davies *et al.* 1981). Prosenten av progressive råteflekker i arbeidet til Davies *et al.* (1981) økte kraftig frem til

cirka seks uker (40 dager), mens det ble registrert en stagnasjon i veksten fra seks uker og frem til den progressive fasen startet ved cirka 11 uker. En forklaring kan være at utflatingen, som er registrert i dette forsøket mellom 14 og 18 uker, er en slik stagnasjon før videre vekst, og at vekstkurven til klosoppen bare er noe forskjøvet. En generell stagnasjon i veksten før den progressive fasen kan også forklare den lave gjennomsnittsbredden på råteflekkene som er registrert. Klosopp er kjent for å kunne ødelegge hele røtter under lagring, men i dette forsøket ble det selv etter 18 uker kun funnet få eksempler på en slik kraftig råte. Et gjennomsnitt på under 2 cm for hvert gjentak innen hver kombinasjon av behandlinger (vedlegg 1) kan være et tegn på at det progressive stadiet hos soppen ikke var kommet i gang.

Betydningen av tiden på lager ble ikke undersøkt i forbindelse med råteflekkenes utvikling innover i gulrotvevet, da dette ville innebåret oppkutting og ødelegging av gulrøttene underveis i lagringsperioden.

8.1.4 Sår dybde

Undersøkelser av motstandskraften mot infeksjoner i ulike deler av gulrotvevet har vist en synkende gradient av motstand fra peridermen og innover i rota, der en intakt periderm veldig sjelden viser tegn til infeksjoner (Davies *et al.* 1981, Davies & Lewis 1981b). Økt mottakelighet for infeksjon og utvikling av klosopp på røtter med økende sår dybde, ble observert også i dette forsøket, der både bredden på råteflekkene og råteflekkenes utvikling innover i gulrotvevet økte signifikant ($P \leq 0,001$) med økende sår dybde (tabell 7.1 og tabell 7.3). Tidligere er det vist at den økte mottakeligheten for infeksjon med økende sår dybde er en konsekvens av at det induerte forsvaret i det dypere gulrotvevet viser en tregere respons på en infeksjon. Dette gir soppen økt sannsynlighet for en vellykket infeksjon, med en raskere spiring og utvikling (Davies *et al.* 1981, Davies & Lewis 1981b). En økt overflate på gulrøttene, i form av sår, gir også økt væsketap og økt oksidering (Lee *et al.* 2011), noe som vil være negativt for gulrøttenes holdbarhet på lager og dermed også for forsvaret mot patogenene.

Peridermens motstandskraft mot infeksjon ble også vist i dette forsøket. Ved en hel periderm ble det kun observert noen få tilfeller av begynnende infeksjoner og ingen utviklet seg videre til råteflekker. Det er tidligere vist at både spiring av sporene til klosopp og infeksjonsutviklingen blir hemmet på peridermen, men at sporene kan opprettholde levedyktigheten i hvert fall 360 dager (Davies & Lewis 1981b). Begynnende infeksjoner skjer ofte i forbindelse med mikroskopiske sprekker eller skader i peridermen (Davies *et al.* 1981),

der sporene kan spire. Trolig kan også naturlige åpninger som porer, stomata og rotøyer fungere som infeksjonsåpninger i slike sammenhenger (Korsten & Wehner 2003). Dette kan være mulige årsaker til at det i dette forsøket ble observert begynnende infeksjoner ved tilsynelatende hel periderm, der det kjemiske forsvaret i form av faltarindiol trolig har spilt en rolle i å hindre den videre utviklingen. Gulrotas forsvar, med kombinasjonen av en periderm som strukturell barriere og tilstedeværelsen av faltarindiol i de ytre lagene av gulrotvevet (Garrod & Lewis 1979, Davies & Lewis 1981a, Lewis *et al.* 1983, Raven *et al.* 2005), kan derfor være en mulig årsak til manglende infeksjoner ved intakt periderm i dette forsøket.

Også observasjonene av en gjennomsiktig væskedråpe etter såringen av gulrøttene kan trolig settes i sammenheng med gulrotas forsvar. Det er tidligere funnet at oljedråper med faltarindiol slippes ut på overflaten ved skader på gulrotvevet (Garrod *et al.* 1978, Garrod & Lewis 1980, Lewis *et al.* 1983), noe som kan forklare at dette ble observert i de tidlige stadiene etter såringen og inokuleringen av gulrøttene. Det ble ikke observert oljedråper i sårene hos kontrollrøttene, noe som kan indikere at det er inokuleringen med klosoppen som har fremkalt forsvarsresponsen i det skadete gulrotvevet. Små oljedråper er generelt samlet i de øvre lagene av gulrotvevet, og 50 % av den totale mengden faltarindiol i vevet skal eksistere i disse dråpene (Garrod & Lewis 1980).

8.1.5 Samspillseffekter

I dette forsøket ble det funnet en signifikant betydning ($P \leq 0,001$) av samspillseffekten mellom modningsgrad og temperatur på utviklingen av klosoppens råteflekker (tabell 7.2). Mellom hver kombinasjon av modningsgrad og temperatur var det likevel små forskjeller, og det har vært vanskelig å finne et mønster i utviklingen (tabell 7.2). Samspillseffekter er ikke lagt vekt på i tidligere studier, og det er kun noen få eksempler der dette er nevnt. Av disse viser ingen til en samspillseffekt mellom modningsgrad og temperatur. Mangelen på referanser til samspillseffekter gjør det vanskelig å sammenligne resultatene fra dette forsøket med tidligere resultater. Selv om det er få som har publisert resultater på samspillseffekter, kan man likevel ikke se bort fra at det kan være funnet tidligere. I dette forsøket er det uansett vist at det finnes samspillseffekter mellom modningsgrad og temperatur som har effekt på utviklingen av bredden på klosoppens råteflekk.

Samspillseffekter som er nevnt i tidligere studier er blant annet den gjensidige effekten av modningsgraden til gulrøttene og sårtybden på infeksjonen av klosopp (Davies & Lewis 1980). Det er også vist at lave temperaturer har mye å si for å begrense tap av kvalitet, og slik

forsvar mot infeksjoner, i gulrotvevet når det først er oppstått sår eller skader (Barbosa *et al.* 2011). Motstandskraften i sår er heller ikke kun avhengig av sår dybden og temperaturen, men vil også påvirkes av tiden som går fra såret oppstår og hvor eksponert såroverflaten er for omgivelsene (Davies & Lewis 1981b). Effekten som hver enkelt faktor har på råteutviklingen av klosopp bør derfor sees i sammenheng med hverandre, da betydningen av en faktor alltid vil være avhengig av omgivelsene og av andre faktorer som påvirker både patogenet og gulrota direkte eller indirekte.

8.1.6 Sykdomsutvikling

Bredden på råteflekkene viser i dette forsøket store forskjeller i utvikling over lagringsperioden (figur 7.1). Den samlede sykdomsutviklingen, illustrert av «arealet under sykdomsutviklingskurvene» (AUDPC), viser at den største forskjellen i råteutviklingen er mellom såret og usåret periderm, selv om også dypere sår gir opphav til bredere råteflekker. Dette er i samsvar med tidligere forsøk der det er vist at en intakt periderm er den viktigste parameteren for å unngå infeksjon, og at det er denne faktoren som har størst betydning for den totale sykdomsutviklingen (Davies & Lewis 1980).

8.2 Gulrothvitflekk

Symptomene på utviklingen av gulrothvitflekk på gulrot i dette forsøket stemmer overens med det som er observert tidligere. I forhold til gulrøttene smittet med klosopp var den tydeligste forskjellen, i de første ukene på lageret, mangelen på oljedråper i det sårede gulrotvevet. Oljedråper ble heller ikke observert hos gulrøttene som var såret, men ikke tilført smitteløsning (kontrollene). Dette antyder at gulrothvitflekkssoppen ikke utløser de samme forsvarsreaksjonene hos gulrøttene som klosoppen.

Gulrothvitflekkssoppen viste en svært langsom utvikling i dette forsøket, da de første observasjonene først ble gjort etter 20 uker. Tidligere forsøk har vist synlige angrep allerede etter 2 til 3 måneder (Rader 1948, Årsvoll 1968, Jensen 1969). Den videre utviklingen av gulrothvitflekk skal kunne skje raskt, og det er tidligere rapportert om total ødeleggelse av gulrøttene på 2 til 3 uker (ved 0 °C) (Rader 1948). Sykdomsutviklingen i dette forsøket viste derimot kun noen flere tilfeller av gulrothvitflekk etter 25 uker enn ved 20 uker, og ikke vesentlige endringer i symptomene eller alvorlighetsgraden. Tidligere er det rapportert om at

angrep av og tap relatert til gulrothvitflekk har variert mye mellom år og mellom steder (Rader 1948, Årsvoll 1968, Jensen 1969). Årsaken til denne variasjonen i angrepsevnen til patogenet er det til nå ikke fremsatt noen teorier om, noe som kanskje henger sammen med at kravene til alle vekstfaktorene heller ikke er kartlagt ennå.

8.2.1 Modningsgrad, lagringstemperatur og sår dybde

Forholdet mellom angrep av gulrothvitflekkssopp og modningsgraden til gulrøttene har til nå ikke vært kartlagt. På grunn av en lav grad av etablering og en treg utvikling av gulrothvitflekkssoppen i dette forsøket er registreringene for få til å være signifikant sikre (tabell 7.4). Tendensen i forsøket har likevel vært at gulrøttene med modningsgrad 2, og en alder på 16 uker ved høsting, har vært noe mer utsatt for angrep av gulrothvitflekkssopp enn modningsgrad 1 og 3 etter 25 uker på lager. På grunn av en sein utvikling av soppen er det mulig at dette resultatet ville sett annerledes ut om forsøket hadde hatt mulighet til å fortsette over lengre tid.

Det er funnet at etableringen av gulrothvitflekk som lagersykdom er helt avhengig av en lav lagertemperatur og høy luftfuktighet (Jensen 1969). Tidligere er det vist at infeksjonsraten er høyere ved 0, 1 og 3 °C enn ved 5 og 6 °C (Årsvoll 1968, Jensen 1969). Dette står i kontrast til resultatene fra dette forsøket som viste en tendens til et synkende antall tilfeller av myceldotter (tabell 7.4) fra 5 °C via 3 °C til 0-1 °C. Det vanskelig å trekke noen klare konklusjoner fra forsøket fordi det ikke har vært mulig å kjøre regresjonsanalyse på resultatene.

Tilfeller av gulrothvitflekk på lagret gulrot skal først kunne observeres i forbindelse med mekaniske skader, men skader skal ikke være nødvendig for etableringen av soppen (Årsvoll 1968, Jensen 1969, Punja 1987). I dette tilfellet stemmer resultatene i dette forsøket overens med tidligere resultater, da en tendens til et økende antall myceldotter med økende sår dybde ble observert.

8.3 Andre faktorerers potensielle påvirkning på sykdomsutviklingen av klosopp og gulrothvitflekk i dette forsøket

Det er mulig at behandlingen av gulrøttene under og etter vekstsesongen kan ha påvirket resultatene. For eksempel ble gulrøttene i dette tilfellet fraktet langt mellom åkrene på Apelsvoll og lagerrommene på Ås. Risting under frakt kan stresse gulrøttene, øke etylenproduksjonen og respirasjon, noe som vil kunne senke både kvaliteten og forsvaret mot eventuelle patogener (Seljåsen *et al.* 2001). Det ble ikke gjort målinger for denne faktoren, slik at det ikke er grunnlag for å trekke noen konklusjon med hensyn på betydningen av stress i dette forsøket.

En viktig faktor i sammenheng med behandlingen av gulrøttene kan ha vært desinfiseringen av gulrøttene under forberedelsene til lagringen. Etersom størstedelen av lager-patogenene er tilpasset å overleve i jord (Korsten & Wehner 2003), ble gulrøttene vasket og desinfisert for å hindre «forurensninger» av andre sopp og bakterier og forstyrrelsen dette kunne ha utgjort for forsøket. Jord og plantemateriale blir ofte funnet sammen med gulrøtter på lager, og dette kan fungere som næringskilde til patogenet under infeksjonen (Davies *et al.* 1981). Infeksjonene av klosopp og gulrothvitflekkssopp som blir observert hos produsentene vil derfor være et resultat av inokulum med lett næringstilgang. I dette forsøket ble denne næringstilgangen fjernet, og det bør kanskje vurderes om det ved lignende forsøk i fremtiden bør tilføres næringsløsning sammen med smitten på gulrøttene. Tidligere studier har vist at inokulum av klosopp som kun har vært tilsatt vann har mindre infeksjonsevne enn inokulum tilsatt næringsløsning (Davies *et al.* 1981). For gulrothvitflekk ble det allerede ved den første beskrivelsen av soppen foreslått at den trenger en ekstern næringskilde for etablering før penetreringen av gulrotvevet (Rader 1948). Under forsøket til Rader (1948) viste nemlig kun uvaskede gulrøtter med jordrester samt desinfiserte gulrøtter, hvor smitten var blandet med næring, de typiske symptomene på angrep av gulrothvitflekkssopp.

Bruken av klor til desinfisering av gulrøttene kan potensielt ha påvirket resultatene, da det er vist at behandling med klorin kan forårsake etseskader på peridermen til gulrøttene (Seyoum *et al.* 2011). Den antimikrobielle effekten av klorin i denne sammenhengen skal være best ved lave lagertemperaturer fordi dette begrenser den etsende effekten (Seyoum *et al.* 2011). Det ble i dette forsøket observert et tynt, noe inntørket ytre lag på gulrøttene med en grå-hvit farge (vedlegg 4 og 5) som stemmer overens med etseskadene beskrevet av Seyoum *et al.* (2011). Klorin er benyttet til desinfisering av gulrøtter i tidligere forsøk (Punja 1987), og den

benyttede konsentrasjonen med klorin er tidligere nevnt som standard behandling for gulrøtter ved behov for desinfisering (Ricker & Punja 1991). En lavere konsentrasjon på klorbadet kan likevel være en mulig løsning for å oppnå god desinfisering uten at det oppstår en negativ effekt på gulrøttene.

Før lagring ble gulrøttene holdt ved 15 °C i ett døgn for gulrøttene smittet med klosopp og i to døgn for gulrøttene smittet med gulrothvitflekkssopp. Dette ble gjort for å gi patogenene bedre mulighet for vekst og infeksjon før lagring. Det er mulig at det kan ha skjedd en «kurering» av sårflatene hos gulrøttene i denne perioden. «Kurering» ved høye temperaturer (15 og 25 °C) og høy relativ luftfuktighet øker sårhelingen og reduserer både etableringen av klosoppinfeksjoner og andelen som blir progressive (Lewis *et al.* 1981, Korsten & Wehner 2003). Selv en «kurering» i kun 6 timer skal i denne sammenhengen ha positiv effekt, mens maksimal effekt skal kunne oppnås etter 5 dager (Lewis *et al.* 1981). Liknende studier for gulrothvitflekk er ikke gjennomført, men man vet at såret vev øker inntrengningsraten for soppen (Punja 1987). Punja (1987) studerte gulrothvitflekk på lagret gulrot og benyttet en «forlagring» ved 20 °C i 10 dager uten at det er nevnt noen negative effekter av dette på resultatene. Selv om en viss begrensning på infeksjonen av gulrothvitflekk må medregnes, får trolig en eventuell «kurering» større betydning for klosoppen da den, som beskrevet tidligere, er et sårpatogen.

«Kurering» fremkaller like nivåer av motstandskraft mot klosopp i gulrotvevet uansett sårddybde (Lewis *et al.* 1981). Ved maksimal effekt vil hastigheten på infeksjonen begrenses med omtrent samme effekt som ved en hel periderm. Ett og to døgn ved 15 °C kan derfor ha vært nok til å begrense infeksjonene, og er en mulig forklaring til at den registrerte vekstraten til patogenene var lav og at få av klosoppens råteflekker ble progressive. Forskjellen mellom «kurererte» og «ukurererte» gulrøtter skal være tydelig selv etter flere måneders lagring (Lewis *et al.* 1981). «Kureringspotensialet» til gulrøttene er størst for yngre gulrøtter (Lewis *et al.* 1981). Et større «kureringspotensiale» hos gulrøttene i modningsgrad 1 gir mulighet for at de målte verdiene for denne gruppen er lavere enn de ville vært om den «kurerende» effekten var lik for alle modningsgradene. Hadde verdiene for modningsgrad 1 vært noe høyere ville det ha forsterket effekten av at det er en periode under utviklingen hos gulrøttene hvor forsvaret mot infeksjoner er høyere enn ellers.

Både temperaturen og den relative luftfuktigheten under lagring påvirker aktiviteten av sopp på overflaten av grønnsaker (Korsten & Wehner 2003). Høy temperatur gir økt metabolisme i

soppen, men krever tilgang på fuktighet i form av fritt vann (Korsten & Wehner 2003). Både en lav temperatur og lite fuktighet virker begrensende på soppens metabolisme (Korsten & Wehner 2003). For ikke å få negative effekter på gulrøttene, holdes fuktighetsnivået ofte rett under duggpunktet. Fuktigheten ble forsøkt opprettholdt under dette forsøket ved å holde filterpapirene i boksene fuktig, men ingen målinger ble tatt og betydningen av lavt fuktighetsnivå som en eventuell begrensende faktor på utviklingen av patogenene er derfor ukjent.

Ovenfor luftfuktigheten er gulrothvitflekkssoppen den mest følsomme av patogenene. Metoden med fuktet filterpapir har tidligere gitt gode resultater ved lagring av gulrøtter smittet med gulrothvitflekk (Punja 1987). Fuktet filterpapir bør derfor i utgangspunktet også gitt tilstrekkelig fuktighet for infeksjon og vekst av begge patogenene under dette forsøket. I forsøket til Punja (1987) kan det ha hatt betydning at både gulrøttene og filterpapirene ble sprayet med sterilt vann før lagring. Dette vil ha gitt patogenet tilgang til fritt vann under infeksjonsprosessen, og denne metoden bør kanskje vurderes ved lignende forsøk i fremtiden.

Selv om fordelingen av gulrøttene i dette forsøket var tilfeldig, ble det likevel funnet mer «forurensende» patogener blant gulrøttene smittet med klosopp enn blant gulrøttene smittet med gulrothvitflekkssopp. Det er mulig at små dråper med smitte kan ha rent ned fra smittepunktene til det fuktige filterpapiret og blitt spredd videre når boksene er blitt flyttet på. Det viste seg ved nærmere undersøkelser at de fleste «forurensende» patogenene var klosopp, som har vist en bedre vekst enn gulrothvitflekkssoppen i dette forsøket. Tuppen av gulrota var ofte i kontakt med filterpapiret eller veggen på boksen, og ettersom det var her den «forurensende» råten ofte ble sett gir det grunn til å tro at dette var smitteveien.

Mulige feilkilder som kan forklare hvorfor resultatene for gulrothvitflekkssoppen til dels er manglende, og resultatene for klosoppen (effekten av modningsgraden) er noe avvikende fra tidligere antatte teorier, bør også bli sett i sammenheng med påvirkningen mellom ulike faktorer. For eksempel er det mulig at en eventuell «kurerende» effekt av den korte lagringsperioden ved 15 °C ville blitt mindre viktig om patogenene hadde tilgang på lett tilgjengelig næring. Spesielt for gulrothvitflekkssoppen er det også et spørsmål om den på grunn av manglende start-næring etablerte seg saktere enn vanlig, slik at økt lagringstid kunne gitt forsøket flere resultater.

8.4 Om å forutsi lagringsevnen til et gulrotparti

8.4.1 Klosopp

Klarer man å forutsi angrepet av klosopp på ulike partier med gulrot under lagringen, kan man benytte denne kunnskapen til å begrense tapet av avlingen gjennom å planlegge omsettingen av de ulike partiene (Hermansen & Amundsen 1995). Partier med gulrot med stor fare for angrep av klosopp omsettes da før partier med mindre sannsynlighet for et omfattende angrep. Fra før er det benyttet estimering av klosoppangrep på bladene til gulrotplanten gjennom vekstsesongen, og målinger av forekomsten av råte på gulrotprøver til å forutsi smittepresset og lagringsevnen til gulrøttene (Hermansen & Amundsen 1995). Dessverre er det knyttet usikkerhet til begge metodene. Tolkningen av klosoppangrepet på bladene krever blant annet kjennskap til meteorologiske data og benyttelsen av trent personell, mens uttak av gulrotprøver til dyrking tar lang tid (Hermansen & Amundsen 1995, Hermansen *et al.* 2000). Dette gjør at avgjørelsen i forhold til partiene tidligst kan tas flere uker etter at gulrøttene er lagt inn på lageret.

Resultatene fra forsøk med vurdering av smittepress av klosopp i jordprøver ved hjelp av PCR har vært lovende (Hermansen *et al.* 2012). Sikrere og tidligere svar veier opp for behovet for et mer avansert utstyr (Hermansen *et al.* 2012). Resultatene viser at vurdering av smittepress er en viktig faktor ved estimering av lagringsevnen (Hermansen *et al.* 2012).

I dette forsøket er det vist at andre faktorer har potensiale til å kunne benyttes som grunnlag for en tidligere estimering av lagringsevnen. Modningsgraden til gulrøttene og sår dybden viser i dette forsøket potensiale til å være slike faktorer. I denne sammenhengen kan sår dybde være et mål på hvor «pent» gulrøttene har vært behandlet. Det er også viktig at vurderingen av lagringsevnen gjøres i betraktning av ønsket lagringstid og lagringstemperatur. Dette forskningsområdet viser stort potensiale for gulrotindustrien, men flere forsøk er nødvendig for å kartlegge eventuelle andre viktige faktorer som kan være av betydning og bekrefte funnene i dette forsøket.

8.4.2 Gulrothvitflekk

For gulrothvitflekk er det til nå gjort få forsøk for å avdekke faktorer som kan legges til grunn for en estimering av lagringsevnen, og siden resultatene i dette forsøket dessverre ikke var tilstrekkelig for regresjonsanalysen er det vanskelig å trekke en konklusjon på dette området. Tidligere undersøkelser har vist at gulrothvitflekk får en økt utbruddsfrekvens ved sår og

skader i peridermen på gulrota (Jensen 1969), og på bakgrunn av dette kan man fremsette en teori om at denne faktoren vil være av betydning for lagringsevnen. Også lagringstemperaturen og lagringstiden kan nok, til tross for svake resultater i dette forsøket, nevnes som betydelige faktorer i denne sammenhengen.

For gulrothvitfleck kan faktorer for å forutsi lagringsevnen til gulrotpartiet også inkludere høstetidspunktet til gulrøttene og beliggenheten til gulrotåkeren. Om funnene av det kjønnede stadiet til *R. carotae*/*F. carotae* av Adams & Kropp (1996) blir bekreftet kan en sein høsting medføre økt smittepress fra basidiosporer som følger med løv, og plasseringen av gulrotåkeren i forhold til skog vil medføre betydning for hvor stor smittefaren er. Det har ikke vært mulig å vurdere smittepresset av gulrothvitfleksopp i jordprøver gjennom vekstsesongen, noe som kan tyde på at det endelige sykdomsnivået er avhengig av smitten tilført mot slutten av vekstsesongen (Hermansen *et al.* 2012).

8.4.3 Hvordan man kan vurdere lagringsevnen i praksis

For å vurdere lagringsevnen til et gulrotparti med tanke på modningsgrad og sårddybde er det nødvendig med et prognoseverktøy. Modningsgraden til gulrøttene er ofte kjent gjennom antall vekstdøgn, og kan eventuelt bekreftes ved å vurdere «modningen» til et representativt utvalg røtter. Vurderingen av sår kan være mer avansert. I praksis omfatter denne faktoren dybden på sårene, antall sår og hvor omfattende skaden er totalt sett. I dette forsøket er det vist at problemene med patogenene øker med økende sårddybde, men tidligere studier har vist at betydningen av mindre skader kan elimineres ved «kurering» (Lewis *et al.* 1981). En gradering av alvorlighetsgraden av sårene er mulig, men tidkrevende. En tilnærming kan være å vurdere prosentvis andel sår og skader hos et utvalg gulrøtter ved starten på lagringsperioden. En bevisstgjøring ovenfor betydningen av en mer varsom behandling av gulrøttene gir mulighet for en optimalisering av behandlingslinjene hos produsent.

8.5 Konklusjon

Resultatene fra forsøket indikerer at både modningsgraden, lagringstemperaturen, tiden gulrøttene oppbevares på lager og sårdybden har signifikant betydning for utviklingen av bredden på klosoppens råteflekker. Dette er i samsvar med flere tidligere forsøk. Utviklingen til råteflekkene innover i gulrotvevet ble i dette forsøket kun signifikant påvirket av temperaturen og sårdybden.

Med tanke på gulrothvitflekk var indikasjonen fra resultatet en tendens til økt angrep med økende temperatur og økende sårdybde, og en betydning av gulrøttenes modningsgrad på sykdomsutviklingen. Ytre faktorer kan ha påvirket resultatet, da tidligere forsøk har vist økt angrep av gulrothvitflekkssopp med lavere temperaturer. Økt angrep med økende sårdybde er i samsvar med resultatene fra tidligere forsøk. Modningsgradens påvirkning på sykdomsutviklingen er tidligere ikke undersøkt. Få registreringer i dette forsøket gjør det aktuelt med flere forsøk for å avdekke den faktiske betydningen av faktorene for utviklingen av gulrothvitflekk.

For klosoppen viste modningsgraden til gulrøttene og sårdybden potensiale som grunnlag for en tidlig estimering av lagringsevnen til et gulrotparti. For gulrothvitflekk kan man ved å basere seg på tidligere forsøk trekke frem faktorer som sår, beliggenheten til gulrotåkeren og høstetidspunkt som aktuelle faktorer for å bedømme lagringsevnen. For begge sykdommene bør faktorene bli sett i sammenheng med ønsket lagringstemperatur og lagringstid.

9. Litteraturliste

- Aasen, I. 1997. Mangelsjukdomar og andre ernæringsforstyrningar hos kulturplanter. 2 utg. Landbruksforlaget, Oslo.
- Adams, G. C. & Kropp, B. R. 1996. *Athelia arachnoidea*, the sexual state of *Rhizoctonia carotae*, a pathogen of carrot in cold storage. **Mycologica**, 88 (3); 459-472.
- Adams, G., Kropp, B & Grogan, R. G. 1984. *Athelia arachnoidea* (Berk.) Julich, The sexual state of *Rhizoctonia carotae* Rader. The American Phytopathological Society. Pacific division, annual meeting abstracts. **Phytopathology**, 74 (9); 1135.
- Balvoll, G. 1999. Grønsakdyrking på friland. 6. utg. Landbruksforlaget, Oslo.
- Barbosa, L. dN., Amboni, R. D. dM. C. & Monteiro, A. R. 2011. Influence of temperature and edible coating on the physical and chemical parameters and sensory acceptance of fresh-cut organic carrots. **CyTA - Journal of Food**, 9 (1); 31-36.
- Berge, T. W., Ficke, A., Netland, J., Klingen, I. & Rafoss, T. 2011. Plantervern for et endra klima – Forskingen må starte nå. Bioforsk-konferansen 2011, Sarpsborg. **Bioforsk FOKUS**, 6 (2); 132.
- Bradeen, J. M. & Simon, P. W. 2007. Carrot. I: Kole, C. (Ed.). **Genome mapping and molecular breeding in plants; Vegetables**, 5: 161-184.
- Davies, W. P. & Lewis, B. G. 1980. The inter-relationship between the age of carrot roots at harvest and infection by *Mycocentrospora acerina* in storage. **Annals of Applied Biology**, 95; 11-17.
- Davies, W. P. & Lewis, B. G. 1981a. Antifungal activity in carrot roots in relation to storage infection by *Mycocentrospora acerina* (Hartig) Deighton. **New Phytologist**, 88; 109-119.
- Davies, W. P. & Lewis, B. G. 1981 b. Behavior of *Mycocentrospora acerina* on periderm and wounded tissues of carrot roots. **Transactions of the British Mycological Society**, 77 (2); 369-374.

- Davies, W. P., Lewis, B. G. & Day, J. R. 1981. Observations on infection of stored carrot roots by *Mycocentrospora acerina*. **Transactions of the British Mycological Society**, 77 (1); 139-151.
- Deacon, J. 2006. Fungal biology. 4. utg. Blackwell Publishing. Oxford.
- Derbyshire, D. M. & Crisp, A. F. 1978. Studies on treatments to prolong the storage life of carrots. **Experimental horticulture**, 30; 23-28.
- FAO (Food and agriculture organization of the United Nations). 2008. Climate-related transboundary pests and diseases. Technical background document from the expert consultation. Rome.
- FAO (Food and agriculture organization of the United Nations). 2012. Faostat, production crops. <http://faostat.fao.org/site/567/DesktopDefault.aspx?PageID=567#ancor> (hentet fra internett den 23.02.2012).
- Gajewski, M., Szymczak, P. & Radzanowska, J. 2010. Sensory quality of orange, purple and yellow carrots stored under controlled atmosphere. **Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca**, 38 (3); 169-176.
- Garrod, B. & Lewis, B. G. 1979. Location of the antifungal compound faltarindiol in carrot root tissue. **Transactions of the British Mycological Society**, 72 (3); 515-517.
- Garrod, B. & Lewis, B. G. 1980. Probable role of oil ducts in carrot root tissue. **Transactions of the British Mycological Society**, 75 (1); 166-169.
- Garrod, B., Lewis, B. G. & Coxon, D. T. 1978. Cis-heptadeca-1,9-diene-4,6-diyne-3,8-diol, an antifungal polyacetylene from carrot root tissue. **Physiological Plant Pathology**, 13; 241-246.
- González, M. V., Sadras, V. O., Equiza, M. A. & Tognetti, J. A. 2009. Suboptimal temperature favors reserve formation in biennial carrot (*Daucus carota*) plants. **Physiologia Plantarum**, 137; 10-21.
- GPS (Grøntprodusentenes samarbeidsråd). 2012. Markeds- og prisinfo for Gulrot. <http://grontprodusentene.no/prisinfo> (hentet fra internett den 1.4.2012).

- Gutezeit, B. 2001. Yield and quality of carrots as affected by soil moisture and N-fertilization. **Journal of horticultural science & biotechnology**, 76 (6); 732-738.
- Hermansen, A. 1992. Weeds as host of *Mycocentrospora acerina*. **Annals of Applied Biology**, 121; 679-686.
- Hermansen, A. 2008. Sjukdommer i grønnsaker. I: Meadow, R., Brandsæter, L. O., Birkenes, S. M. & Hermansen, A. (Eds.). *Plantevern og plantehelse i økologisk landbruk*. Bind 2 - Grønnsaker og potet. 2. oppl. **Bioforsk Fokus**, 3 (10); 47-78.
- Hermansen, A. & Amundsen, T. 1995. Two methods for the prediction of *Mycocentrospora acerina* infection on stored carrots. **Annals of Applied Biology**, 126; 217-233.
- Hermansen, A. & Amundsen, T. 2000. Records of airborne *Mycocentrospora acerina* conidia in and near carrot plots. **Acta Agriculturae Scandinavica**. Sect. B, Soil and Plant Science, 49; 258-264.
- Hermansen, A., Amundsen, T., Taksdal, G., Dragland, S., Synnevåg, G., Flønes, M. & Sundheim, L. 2000. Variations in Infection by *Mycocentrospora acerina* in carrot monoculture plots at four sites during 1985-1995. **Acta Agriculturae Scandinavica**. Sect. B, Soil and Plant Science, 49; 248-257.
- Hermansen, A., Wanner, L., Nærstad, R. & Klemsdal, S. S. 2012. Detection and prediction of post harvest carrot diseases. **European Journal of Plant Pathology**, 133 (1): 211-228.
- Hogstad, S. 1992. Produktkvalitet i gulrot - sammenheng mellom ulike kvalitetskriterier, avlingsnivå og dyrkningsfaktorer. Informasjonsmøte i grønnsaker 1992, Statens fagtjeneste for landbruket (SFFL). **FAGINFO**, 12; 46-50.
- Hogstad, S., Risvik, E. & Steinsholt, K. 1997. Sensory Quality and Chemical Composition in Carrots: A Multivariate Study. **Acta Agriculturae Scandinavica**. Sect. B, Soil and Plant Science, 47; 253-264.
- Hussain, S.I., Hadley, P. & Pearson, S. 2008. A validated mechanistic model of carrot (*Daucus carota* L.) growth. **Scientia Horticulturae**, 117; 26-31.

Høgetveit, L-A., Tajet, T., Malmer, A.L. & Auli, M. 2011. Nytt om grønnsaker. Informasjonsskriv nr. 20. Norsk landbruksrådgiving Viken. <http://viken.lr.no/media/ring/1212/Lars-Arne%20Høgetveit/Nytt%20om%20Grønnsaker%20NR%2020%2015.09.2011.pdf> (hentet fra internett den 22.5.2012).

Jensen, A. 1969. *Rhizoctonia carotae* Rader - a new and important pathogen to carrots in Denmark. **Friesia**, 9 (1-2); 84-92.

Kjellenberg, L., Johansson, E., Gustavsson, K-E. & Olsson, M. E. 2010. Effects of harvesting date and storage on the amounts of polyacetylenes in carrots, *Daucus carota*. **Journal of agricultural and food chemistry**, 58; 11703-11708.

Koca, N. & Karadeniz, F. 2008. Changes of bioactive compounds and anti-oxidant activity during cold storage of carrots. **International journal of food science and technology**, 43; 2019-2025.

Korsten, L. & Wehner, F.C. 2003. Fungi. I: Bartz, J. A. & Brecht, J. K. (eds.) Postharvest physiology and pathology of vegetables. 2. utg. Marcel Dekker, New York. 533-567.

Kurosaki, F. & Nishi, A. 1983. Isolation and antimicrobial activity of the phytoalexin 6-methoxymellein from cultured carrot cells. **Phytochemistry**, 22 (3); 669-672.

Kurt, S., Soyulu, E. M., Soyulu, S. & Tok, F. M. 2005. First report of crater rot caused by *Rhizoctonia carotae* on carrots (*Daucus carota*) in Turkey. **Plant Pathology**, 54; 251.

Lada, R., Adams, A. & Thiagarajan, A. 2006. Maturity, yield and quality modeling for processing carrots. Oral session Abstracts. 103rd Annual International Conference of the American Society for Horticultural Science. **HortScience**, 41 (4); 988.

Le Cam, B., Rouxel, F. & Villeneuve, F. 1993. Postharvest pathogens on cold stored carrots - *Mycocentrospora-acerina* (Deighton), the major spoilage fungus. **Agronomie**, 13 (2); 125-133.

Lee, E. J., Yoo, K. S. & Patil, B. S. 2011. Total carotenoid, anthocyanin and sugar contents in sliced or whole purple (cv. BetaSweet) and orange carrots during 4-week cold storage. **Horticulture, Environment and Biotechnology**, 52 (4); 402-407.

Lewis, B. G., Davies, W. P. & Garrod, B. 1981. Woundhealing in carrot roots in relation to infection by *Mycocentrospora acerina*. **Annals of Applied Biology**, 99; 35-42.

Lewis, B. G., Garrod, B. & Sullivan, C. 1983. Accumulation of antifungal compounds on wound surfaces of carrot root tissue. **Transactions of the British Mycological Society**, 80 (1); 183-184.

Meteorologisk institutt. 2011. Været i Norge. Klimatologisk oversikt. Året 2011. met.no info Nr.13.

http://met.no/Klima/Klimastatistikk/Varet_i_Norge/2011/Aret_2011/filestore/20112.pdf
(hentet fra internett den 14.6.2012).

Mikschofsky, H., Mann, G. & Broer, I. 2009. Soil adaptation of transgenic in vitro carrot plantlets. **Journal of Agricultural Science**, 147; 43-49.

Mossberg, B. & Stenberg, L. 2007. Gyldendals store nordiske flora. 2. utg. Gyldendal, Oslo.

Mycobank. 2012. *Mycocentrospora acerina*. Fungal databases - Nomenclature and species bank. The International Mycological Association. http://www.mycobank.org/Biolomics.aspx?Table=Mycobank&MycoBankNr_=318047 (hentet fra internett den 6.4.2012).

Mycobank. 2012. *Rhizoctonia carotae*. Fungal databases - Nomenclature and species bank. The International Mycological Association. <http://www.mycobank.org/BioloMICS.aspx?Table=Mycobank&Rec=24088&Fields=All> (hentet fra internett den 8.4.2012).

Netland, J., Hofsvang, T. & Hermansen, A. 1993. Plantevern i gulrot. Småskrift 1/93. Statens fagtjeneste for landbruket (SFFL).

Onsrud, M. 2012. Gjødslingshåndbok; grønnsaker. Bioforsk Apelsvoll. http://www.bioforsk.no/ikbViewer/page/prosjekt/tema/artikkel?p_dimension_id=19190&p_menm_id=19211&p_sub_id=19191&p_document_id=47256&p_dim2=19603 (hentet fra internett den 31.3.2012)

Punja, Z. K. 1987. Mycelial growth and pathogenesis by *Rhizoctonia carotae* on carrot. **Canadian journal of plant pathology**, 9; 24-31.

Rader, W. E. 1948. *Rhizoctonia carotae* n. sp. and *Gliocladium aureum* n. sp., two new root pathogens of carrots in cold storage. **Phytopathology**, 38; 440-452.

Raven, P. H., Evert, R. F. & Eichhorn, S. E. 2005. Biology of plants. 7. utg. W. H. Freeman and company, USA.

- Ricker, M. D. & Punja, Z. K. 1991. Influence of fungicide and chemical salt dip treatment on crater rot caused by *Rhizoctonia carotae* in long-term storage. **Plant Disease**, 75 (5); 470-474.
- Rodney, P. R. 1980. The effect of soil type, organic matter, N-source and water potential on growth and micronutrient content of carrot and tomato. **American Society for Horticultural Science**, 15 (3); 281.
- Rosenfeld, H. J., Dalen, K. S. & Haffner, K. 2002. The growth and development of carrot roots. **Gartenbauwissenschaft**, 67 (1); 11-16.
- Schumann, G. L. & D`Arcy, C. J. 2010. Essential plant pathology. 2. utg. The American Phytopathological Society, Minnesota.
- Seljåsen, R., Bengtsson, G. B., Hoftun, H. & Vogt, G. 2001. Sensory and chemical changes in five varieties of carrot (*Daucus carota* L) in response to mechanical stress at harvest and post-harvest. **Journal of the science of food and agriculture**, 81 (4); 436-447.
- Seyoum, T., Osthoff, G., Steyn, M. S., Engelbrecht, G. M. & Pretorius, J. C. 2011. The effect of preharvest treatment, disinfection and storage environment on quality of carrots. **Journal of food processing and preservation**, 35; 331-341.
- Small, E. 1978. A numerical taxonomic analysis of the *Daucus carota* complex. **Canadian Journal of Botany**, 56 (3); 248-276.
- Solberg, S. u.å. Gulrot. Agropub, nettside for økologisk landbruk. BIOFORSK. <http://www.agropub.no/id/2380?hidemenu=true&kap=kap5> (hentet fra internett den 27.2.2012).
- Statistisk sentralbyrå. 2011. Hagebruksavlinger: 1 Avling av ymse hagebruksvekstar 2010. <http://www.ssb.no/hagebruk/tab-2011-12-13-01.html> (hentet fra internett 22.5.2012).
- Statistisk sentralbyrå. 2012. Avling av ymse hagebruksvekstar. http://statbank.ssb.no/statistikkbanken/Default_FR.asp?PXSid=0&nvl=true&PLanguage=0&tilside=selectvarval/define.asp&Tabellid=06046 (hentet fra internett den 22.5.2012).
- Suojala, T. 2000. Pre- and postharvest development of carrot yield and quality. Department of plant production, section of horticulture. University of Helsinki, 37.

- Tesfaendrias, M. T., McDonald, M. R. & Warland, J. 2010. Consistency of long-term marketable yield of carrot and onion cultivars in muck (organic) soil in relation to seasonal weather. **Canadian Journal of Plant Science**, 90 (5); 755-765.
- de Vries, R. P., de Lange, E. S., Wösten, H. A. B. & Stalpers, J. A. 2008. Control and possible applications of a novel carrot-spoilage basidiomycete, *Fibulorhizoctonia psychrophila*. **Antonie van Leeuwenhoek**, 93: 407-413.
- Wall, C. J. & Lewis, B. G. 1978. Quantitative studies on survival of *Mycocentrospora acerina* conidia in soil. **Transactions of the British Mycological Society**, 71 (1); 143-146.
- Wall, C. J. & Lewis, B. G. 1980a. Survival of chlamydospores and subsequent development of *Mycocentrospora acerina* in soil. **Transactions of the British Mycological Society**, 75 (2); 207-211.
- Wall, C. J. & Lewis, B. G. 1980b. Infection of carrot plants by *Mycocentrospora acerina*. **Transactions of the British Mycological Society**, 74 (3); 587-593.
- Westerveld, S. M., McKeown, A. W. & McDonald, M. R. 2006. Distribution of nitrogen uptake, fibrous roots and nitrogen in the soil profile for fresh-market and processing carrots. **Canadian Journal of Plant Science**, 86; 1227–1237.
- White, J.M. 1992. Carrot Yield when Grown under Three Soil Water Concentrations. **Hortscience**, 27 (2); 105-106.
- White, J.M. & Strandberg, J.O. 1979. Physical factors affecting carrot root growth: water saturation of soil. **Journal of the American society for horticultural science**, 104 (3); 414-416.
- Wills, R., McGlasson, B., Graham, D. & Joyce, D. 2007. Postharvest: an introduction to the physiology and handling of fruit, vegetables and ornamentals. 5.utg. CAB International, Wallingford.
- Yara, 2011. Yrkeshagebruk. YARA-Norge. http://www.yara.no/fertilizer/crop_advice/horticulture/carrot.aspx (hentet fra internett den 31.3.2012).

YR.no. 2012. Vêret som var (klima). Apelsvoll, Østre Toten (Oppland). Klimastatistikk for Austlandet.

http://nrktest.nrk.no/stad/Noreg/Oppland/%C3%98stre_Toten/Apelsvoll/klima.html#år
(hentet fra internett den 8.8.2012)

Yurchenko, E. O. & Golubkov, V. V. 2003. The morphology, biology, and geography of a necrotrophic basidiomycete *Athelia arachnoidea* in Belarus. **Mycological Progress**, 2 (4); 275-284.

Årsvoll, K. 1968. Gulrotkvitfleck, ein ny lagringssjukdom. Særtrykk. **Gartneryrket**, 19.

Årsvoll, K. 1971. Important storage diseases of carrots in Norway. Symposium on Vegetable Storage. **Acta Horticulturae**, 20; 130-130.

Vedlegg 1: Resultater. Gjennomsnittlig registrerte verdier for klosopp.

Gjennomsnittlig bredde på klosoppens råteflekker innen hvert gjentak for de ulike kombinasjonene av modningsgrad, temperatur og sårdybde. Verdiene (mørk grått felt) er målt i centimeter.

| Modningsgrad | Temperatur, °C | 28.11.2011 | | | 27.12.2011 | | | 24.01.2012 | | | 20.02.2012 | | |
|--------------|----------------|------------|-------|-------|------------|-------|-------|------------|-------|-------|------------|-------|-------|
| | | Sårdybde: | | | Sårdybde: | | | Sårdybde: | | | Sårdybde: | | |
| | | overflate | 1mm | 3mm | overflate | 1mm | 3mm | overflate | 1mm | 3mm | overflate | 1mm | 3mm |
| M1 | 0-1 | 0,000 | 0,142 | 0,575 | 0,000 | 0,342 | 0,975 | 0,000 | 0,858 | 1,300 | 0,000 | 1,183 | 1,608 |
| M2 | | 0,000 | 0,000 | 0,242 | 0,000 | 0,492 | 0,525 | 0,000 | 0,842 | 1,008 | 0,000 | 1,025 | 1,133 |
| M3 | | 0,000 | 0,092 | 0,258 | 0,100 | 0,608 | 0,892 | 0,058 | 0,933 | 1,733 | 0,075 | 0,775 | 1,808 |
| M1 | 3 | 0,000 | 0,122 | 0,500 | 0,000 | 0,278 | 0,622 | 0,000 | 0,656 | 0,956 | 0,000 | 0,806 | 0,967 |
| M2 | | 0,000 | 0,000 | 0,133 | 0,000 | 0,542 | 0,242 | 0,000 | 1,075 | 1,200 | 0,000 | 0,925 | 0,925 |
| M3 | | 0,000 | 0,200 | 0,492 | 0,000 | 0,500 | 0,642 | 0,000 | 1,350 | 1,433 | 0,000 | 1,350 | 1,625 |
| M1 | 5 | 0,000 | 0,525 | 0,667 | 0,000 | 0,600 | 0,800 | 0,000 | 1,283 | 1,146 | 0,000 | 1,271 | 1,171 |
| M2 | | 0,125 | 0,092 | 0,583 | 0,200 | 0,500 | 1,092 | 0,225 | 1,092 | 1,558 | 0,133 | 0,992 | 1,171 |
| M3 | | 0,000 | 0,125 | 0,550 | 0,000 | 0,317 | 0,858 | 0,042 | 1,083 | 1,375 | 0,000 | 1,383 | 1,417 |

Gjennomsnittlig utvikling av klosoppens råteflekker innover i gulrotvevet for de ulike kombinasjonene av modningsgrad, temperatur og sårdybde ved avslutningen av forsøket. Verdiene (mørk grått felt) er målt i centimeter.

| Modningsgrad | Temperatur, °C | Sårdybde: | | |
|--------------|----------------|-----------|-------|-------|
| | | overflate | 1 mm | 3 mm |
| M1 | 0-1 | 0,008 | 0,345 | 0,417 |
| M2 | | 0,004 | 0,204 | 0,321 |
| M3 | | 0,013 | 0,205 | 0,309 |
| M1 | 3 | 0,013 | 0,050 | 0,117 |
| M2 | | 0,000 | 0,100 | 0,208 |
| M3 | | 0,000 | 0,246 | 0,375 |
| M1 | 5 | 0,008 | 0,204 | 0,367 |
| M2 | | 0,042 | 0,136 | 0,218 |
| M3 | | 0,008 | 0,132 | 0,183 |

Vedlegg 2: Resultater.

Variansanalyse for bredden på råteflekkene:

Variansanalyse for bredden på klosoppens råteflekker. Faktorene som ikke har signifikant betydning i følge P-verdien er satt i kursiv.

| Source | DF | Seq SS | Adj SS | Adj MS | F | P |
|---------------------------------------|-----------|---------------|---------------|---------------|-------------|--------------|
| Modningsgrad | 2 | 0,5984 | 0,6129 | 0,3065 | 3,91 | 0,021 |
| Temperatur | 2 | 1,4450 | 1,4586 | 0,7293 | 9,30 | 0,000 |
| Uker | 3 | 25,7941 | 25,3087 | 8,4362 | 107,52 | 0,000 |
| Såringsdybde | 2 | 59,4351 | 59,6998 | 29,8499 | 380,45 | 0,000 |
| Modningsgrad*Temperatur | 4 | 1,8603 | 1,9563 | 0,4891 | 6,23 | 0,000 |
| <i>Modningsgrad*Uker</i> | 6 | <i>0,8856</i> | <i>0,9319</i> | <i>0,1553</i> | <i>1,98</i> | <i>0,068</i> |
| <i>Modningsgrad*Såringsdybde</i> | 4 | <i>0,6471</i> | <i>0,6462</i> | <i>0,1615</i> | <i>2,06</i> | <i>0,086</i> |
| <i>Temperatur*Uker</i> | 6 | <i>0,5703</i> | <i>0,5347</i> | <i>0,0891</i> | <i>1,14</i> | <i>0,341</i> |
| <i>Temperatur*Såringsdybde</i> | 4 | <i>0,6414</i> | <i>0,6213</i> | <i>0,1553</i> | <i>1,98</i> | <i>0,097</i> |
| Uker*Såringsdybde | 6 | 12,4530 | 12,4530 | 2,0755 | 26,45 | 0,000 |
| Boks (Modningsgrad Temperatur) | 27 | 11,4378 | 11,4378 | 0,4236 | 5,40 | 0,000 |
| Error | 362 | 28,4026 | 28,4026 | 0,0785 | | |
| Total | 428 | 144,1708 | | | | |

S = 0,280108 **R-Sq = 80,30%** R-Sq(adj) = 76,71%

Variansanalyse for utviklingen til råteflekkene innover i gulrotvevet:

| <i>Variansanalyse for klosopp-råteflekkenes utvikling innover i gulrotvevet.</i> | | | | | | |
|--|-----------|---------------|---------------|---------------|----------|--------------|
| Source | DF | Seq SS | Adj SS | Adj MS | F | P |
| <i>Modningsgrad</i> | 2 | 0,05672 | 0,05672 | 0,02836 | 2,04 | 0,136 |
| Temperatur | 2 | 0,17074 | 0,17074 | 0,08537 | 6,15 | 0,003 |
| Såringsdybde | 2 | 1,20482 | 1,20482 | 0,60241 | 43,38 | 0,000 |
| <i>Modningsgrad*Temperatur</i> | 4 | 0,04686 | 0,04686 | 0,01172 | 0,84 | 0,501 |
| <i>Modningsgrad*Såringsdybde</i> | 4 | 0,05935 | 0,05935 | 0,01484 | 1,07 | 0,377 |
| <i>Temperatur*Såringsdybde</i> | 4 | 0,10392 | 0,10392 | 0,02598 | 1,87 | 0,123 |
| Error | 89 | 1,23590 | 1,23590 | 0,01389 | | |
| Total | 107 | 2,87832 | | | | |

S = 0,117841 **R-Sq = 57,06%** R-Sq(adj) = 48,38%

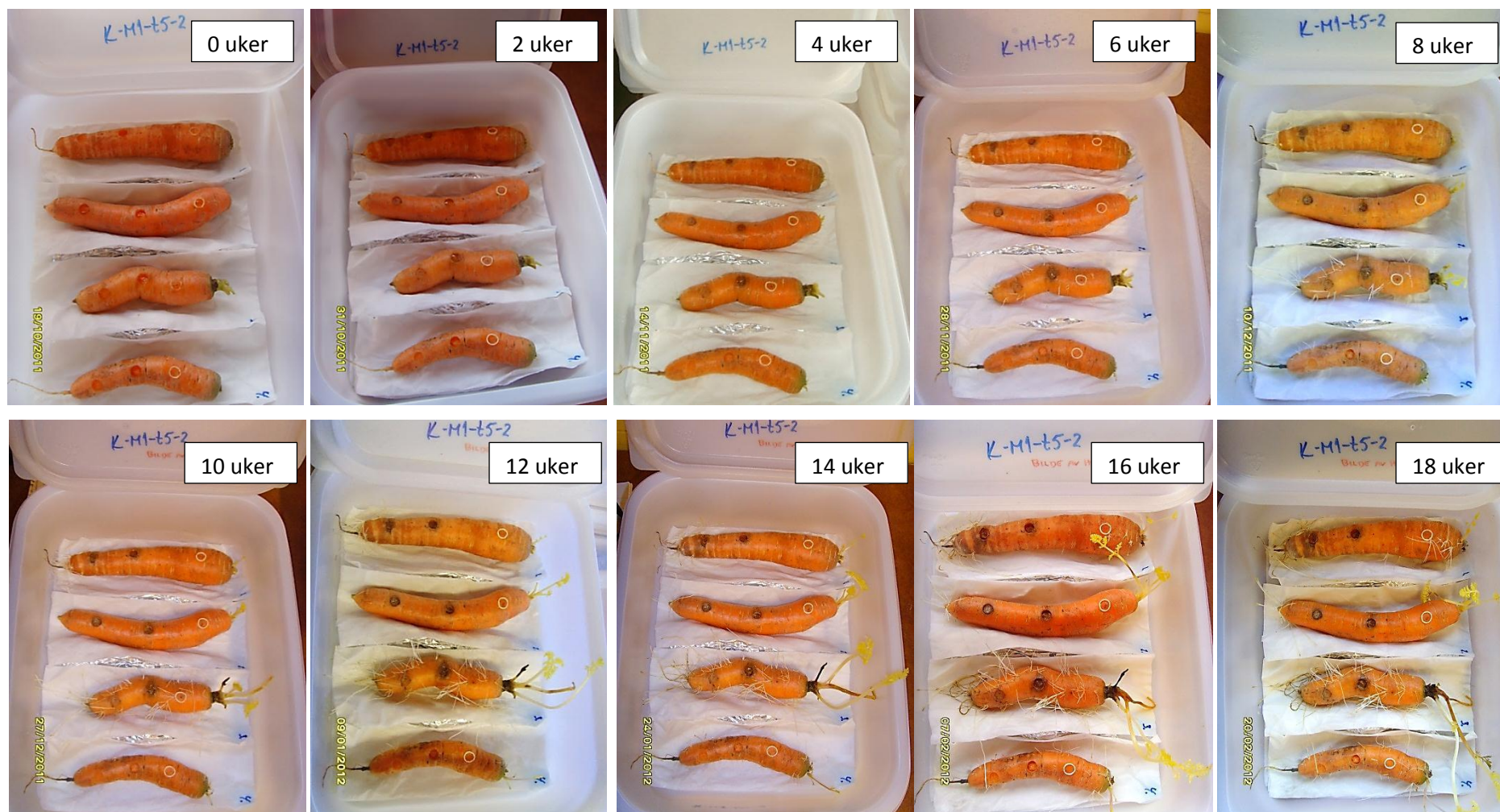
Vedlegg 3: Bilder av den observerte utviklingen til klosopp

3a: Bilder av bredde-utviklingen til råteflekken over 18 uker. Serie 1 viser utviklingen av råteflekkene hos røttene i gjentak 2, med modningsgrad 1 og lagringstemperatur 5 °C. Serie 2 viser utviklingen av råteflekkene hos røttene i gjentak 3, med modningsgrad 2 og lagringstemperatur 5 °C.

3b: Bilder av utviklingen til klosopp over 18 uker. Her vises kraftige symptomer på klosoppråte og hvordan utviklingen av råteflekkene kan se ut innover i gulrotvevet.

Vedlegg 3a:

Serie 1: Utviklingen fra 19.10.2011 til 20.02.2012 (0-18 uker) hos klosopp ved modningsgrad 1 og temperatur 5 °C (gjentak 2)



Sykdomsutvikling:

2 uker 4 uker 6 uker 8 uker 10 uker 12 uker 14 uker 16 uker 18 uker

Rot 1:



Rot 2:



2 uker 4 uker 6 uker 8 uker 10 uker 12 uker 14 uker 16 uker 18 uker

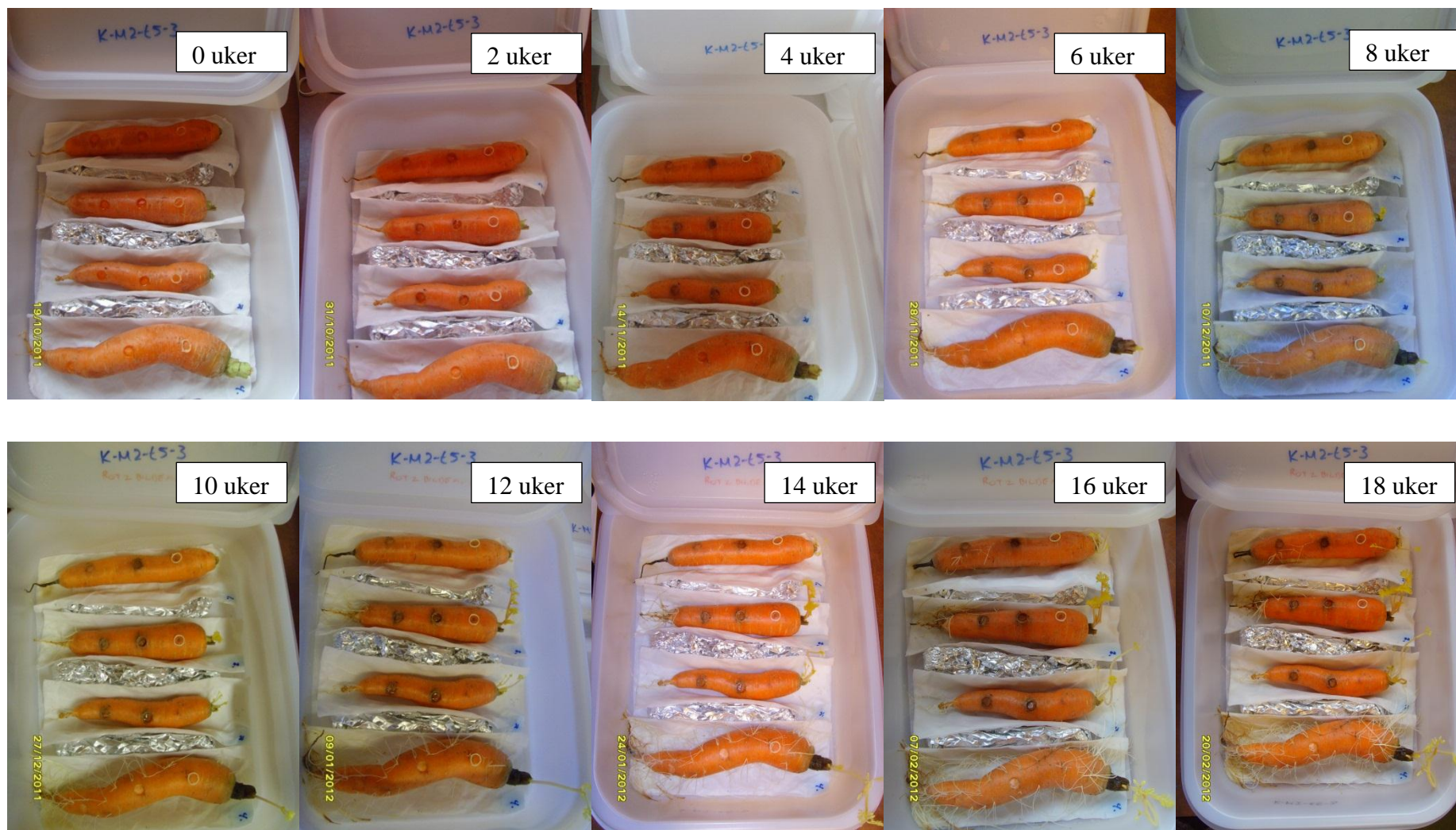
Rot 3:



Rot 4 (kontroll):



Serie 2: Utviklingen fra 19.10.2011 til 20.02.2012 (0-18 uker) hos klosopp ved modningsgrad 2 og temperatur 5 °C (gjentak 3)



Sykdomsutvikling gulrot 2:

2 uker 4 uker 6 uker 8 uker 10 uker 12 uker 14 uker 16 uker 18 uker

0 mm hull:



1 mm hull:



3 mm hull:

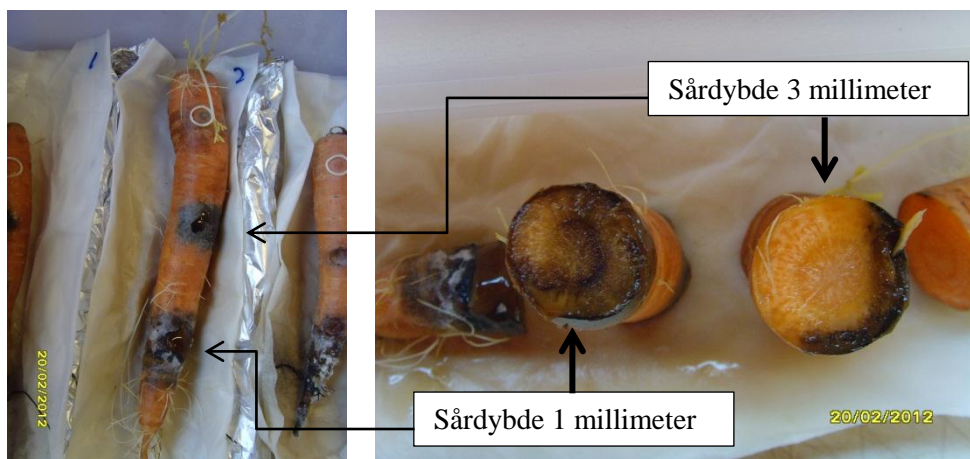


Vedlegg 3b:

Klosopp i gulrøtter med modningsgrad 3 og lagring ved 5 °C.



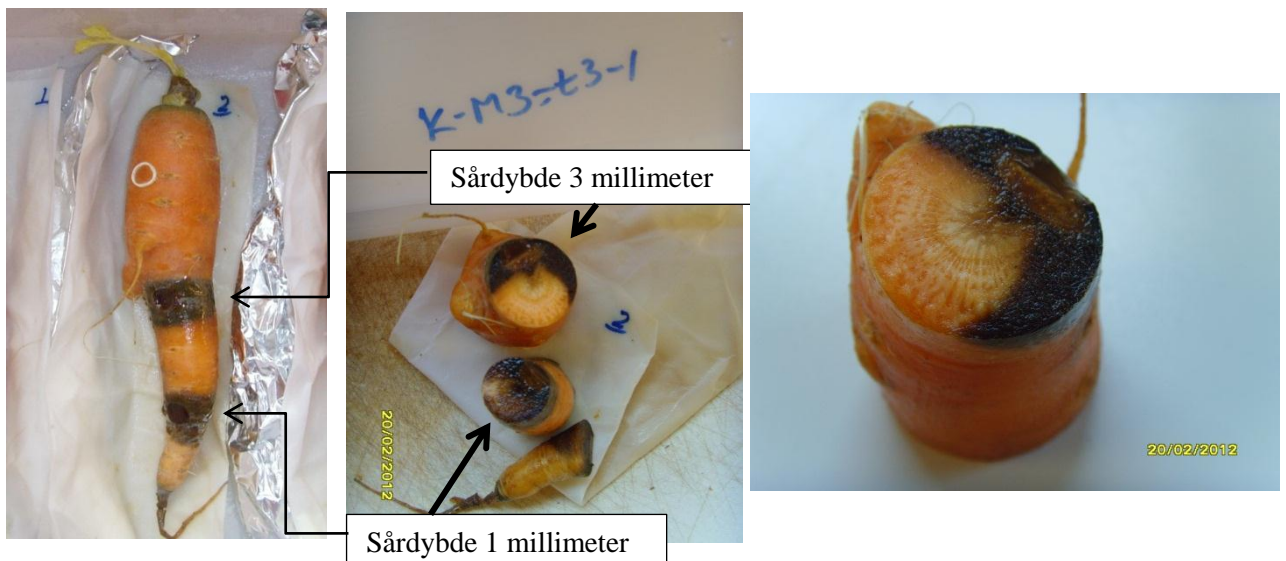
Utviklingen til råteflekkene innover i gulrotvevet for rot 2 etter 18 uker:



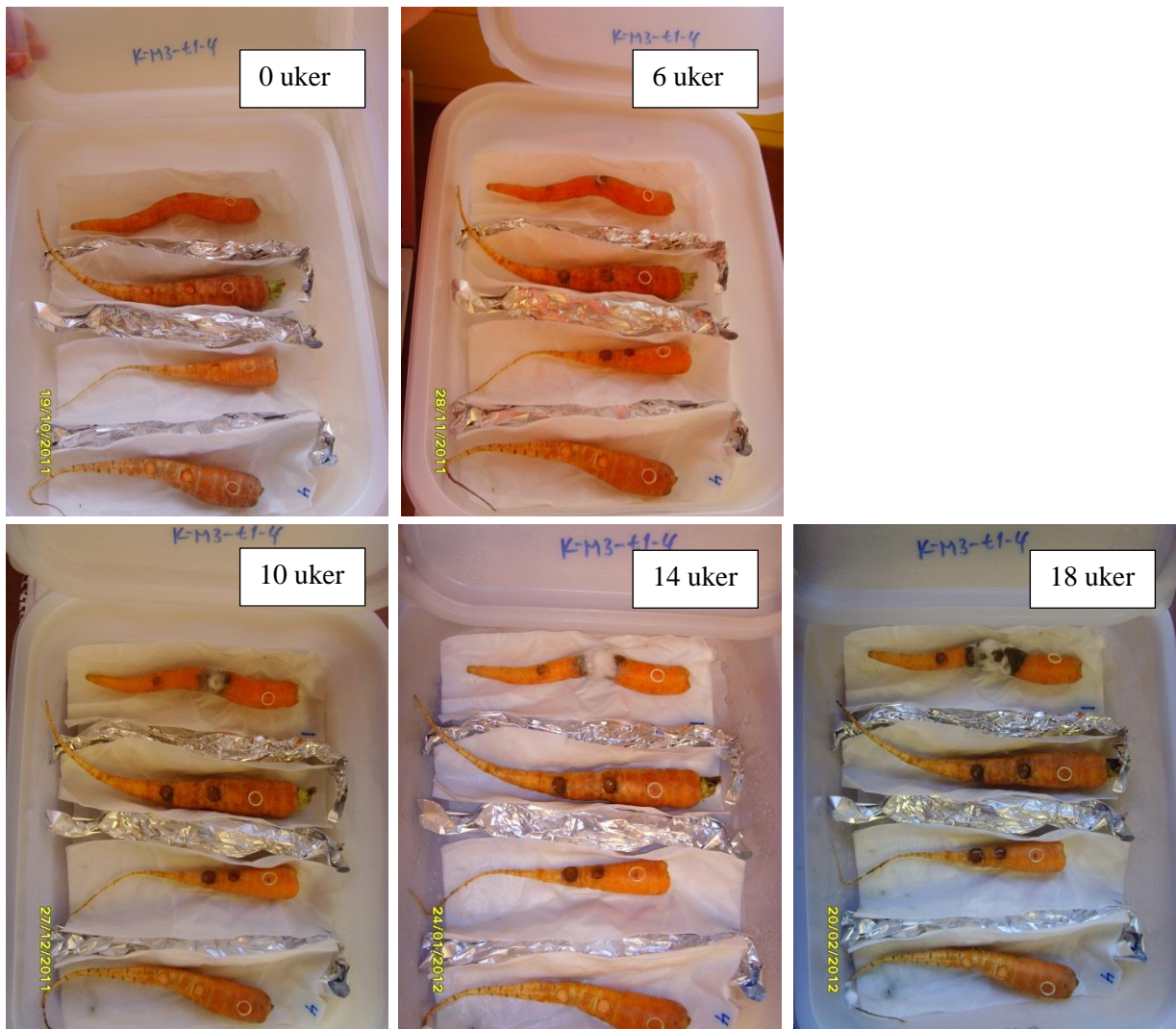
Klosopp i gulrøtter med modningsgrad 3 og lagring ved 3 °C.



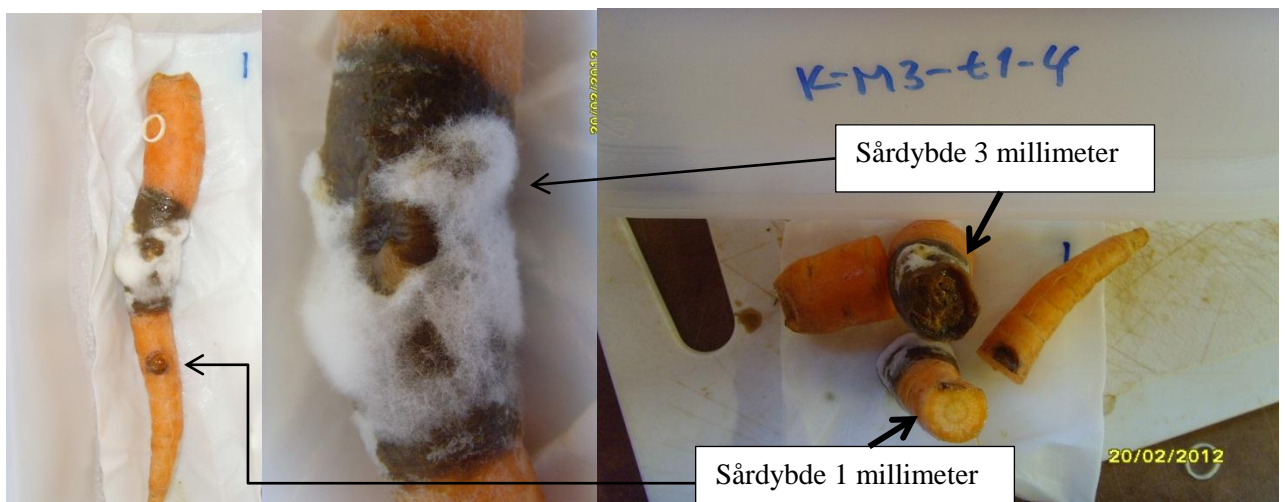
Utviklingen til råteflekkene innover i gulrotvevet for rot 2 etter 18 uker



Klosopp i gulrøtter med modningsgrad 3 og lagring ved 0-1 °C.



Utviklingen til råteflekkene innover i gulrotvevet for rot 1 etter 18 uker



Andre bilder av utviklingen til råteflekkene innover i gulrotvevet:



Vedlegg 4:

Bilder av observerte tilfeller av gulrothvitflekk ved 20 og 25 uker.

20 uker:

25 uker:



20 uker:

25 uker:



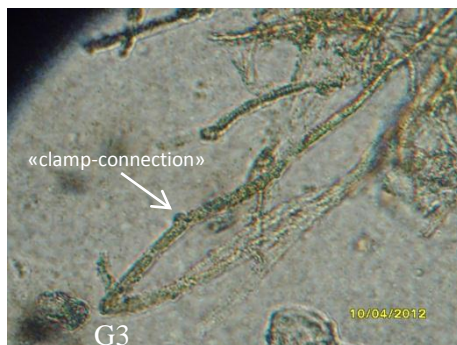
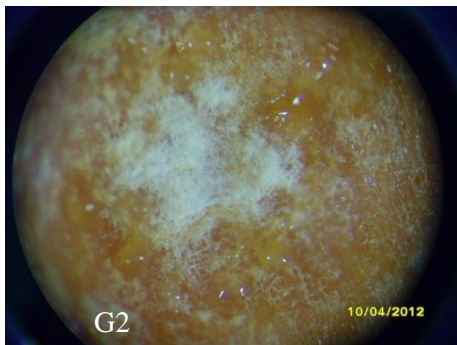
Andre registrerte tilfeller:



Vedlegg 5:

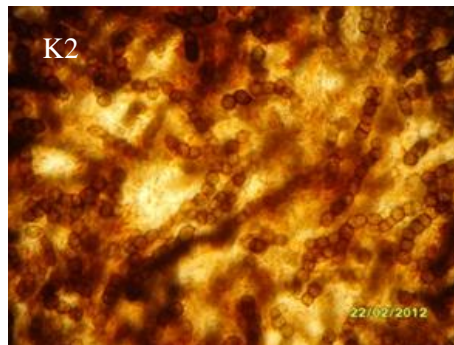
Identifisering av patogenene under mikroskop

Gulrothvitflekk (G1-G3):

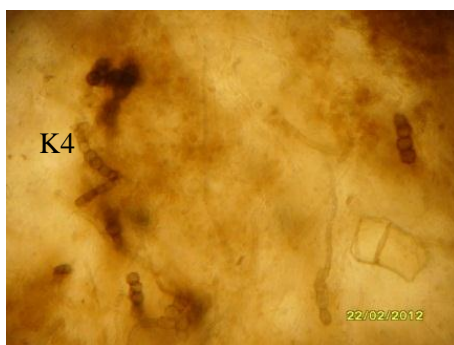


Klosopp (K1-K2, K3-K4 og K5-K6):

Bløt, fremskreden råte:



Råteflekk på et tidligere stadium:



Inntørket, stoppet råte:

