

Bachelorprojekt:

*Visnesyge i Dansk kartoffelproduktion*  
*Wilting diseaes in Danish potatoproduction*

*Professionsbachelor i Jordbrug - Erhvervsakademi Aarhus*

*Christina Ranzau Jensen*

*Natur og Miljø PBM18*

*Vejleder: Jens Brøgger*

*Afleveringsdato 11-12-2019*

*Anslag: 84.169*

*Med Hjælp fra HLB B.V. & BJ-Agro*

## 1 Resume Dansk og Engelsk

Visnesyge i kartofler, i Danmark, er et overset problem, og et område hvor vi ikke ved ret meget fra danske undersøgelser. Vi ved hvilke svampe, der kan forårsage visnesyge, men det er ikke klart, hvilke der for alvor forårsager problemerne i den danske kartoffelproduktion. Problemerne opstår, når der pludselig og uventet er visnesyge i en mark, hvor det ikke var forventet. Det tyder på, at vi ikke ved nok om det, til at forudsige og forebygge angrebene. Derfor vil dette projekt belyse emnet så grundigt som muligt. Der er udvalgt tre svampesygdomme, som er kendt for at være skyld i langt de fleste visnesygetilfælde i udlandet, og som vi forventer også er skyld i angrebene i Danmark. Metoden vil primært fokusere på litteraturstudier, men nogle få danske angreb, vil blive analyseret og testet, for hvilke svamp der er skyld i angrebet. Den faglige gennemgang er sat op som følgende:

- Indledning
- Visnesyge – De forskellige svampe
  - Verticillium ssp.
  - Fusarium ssp.
  - Colletotrichum Coccodes
- Forebyggelse
- Case: Angreb i Danmark
- Diskussion
- Konklusion

Projektet vil som udgangspunkt ikke arbejde med økonomiske beregninger, men selvfølgelig medtage økonomiske perspektiver i forhold til udbyttetab og prislejer på forebyggende eller bekæmpende tiltag. Projektet vil kun i det omfang, hvor der allerede findes relevant materiale på området, arbejde med underarter af de tre overordnede visnesygesvampe.

Visnesyge er et problem i Danmark og måske et større problem, end det er anerkendt som. Svampene tilpasser sig nye forhold med forskellige smitteracer, og der kan derfor være forskel på patogenitet indenfor samme underart. Alle 3 svampe har mulighed for at overvintre i Danmark, og kan yderligere tilføres med læggemateriale fra udlandet. De tre svampe kan generelt forveksles med hinanden, særligt i marken, hvor symptomer ikke altid er helt efter bogen, som resultat af forskellige klimatiske påvirkninger. Temperatur og fugt har stor betydning for smittetryk og patogenitet af alle 3 svampe. Noget tyder på, at de varmere somre er en fordel for svampene. Svampene kan til dels bekæmpes kemisk, men generelt er forebyggelse den bedste måde, at mindske udbyttetab. Fælles for de 3 svampe er, at et godt sædskifte er en god hjælp til at undgå kraftig opformering af svampene. Sundt læggemateriale, både ved egen opformering og indkøb af læggemateriale, er alt afgørende, ligesom sunde plante uden stress klarer sig væsentligt bedre imod skadegørere generelt.

## Abstract

Wilting disease in potatoes in Denmark is a somewhat missed problem. We don't know a lot about the problem from local trials. We know which fungi is the cause of the wilting symptoms, but it is not clear, which of these is the real cause of the problems in the Danish potato production. The issue is realized, when symptoms of wilting diseases appears in fields, where they are not expected. That suggests that the knowledge about the issue in Denmark is not enough to predict and prevent attacks. Therefore this paper will find as many answers to the problem as possible. Three fungi have been picked, based on known pathology in other countries, and therefore is expected to be the main reasons in Denmark as well. The method will primarily be the study of literature, but attacks in Denmark, will be used as a case in this paper. Attacks will be analysed to find which fungi is the reason of the wilting. The paper will contain the following chapters and subchapters.

- Introduction
- Wilting disease – *Verticillium* ssp., *Fusarium* ssp. & *C. Coccodes*
  - *Verticillium* ssp.
  - *Fusarium* ssp.
  - *Colletotrichum Coccodes*
  - Summary, the 3 wilting diseases
- Prevention of attacks
- Case: Attacks in Denmark
- Discussion
- Conclusion

This paper will in general not address the subject of economic calculations, but of course still have some economical perspectives in comparison to yield loss and methods of prevention.

Wilting disease is a problem in Denmark and may be a bigger problem than it is recognized to be. The fungi adapt new conditions with different vegetative compatibility groups, and because of that, the pathogenicity it not necessarily the same for all subspecies. All 3 fungi are able to survive the winter in Denmark and is furthermore brought to the country from seedpotatoes from other countries. The 3 fungi can generally be confused with each other, especially in the field, where symptoms not always are completely as the theory describes, due to climatic effects. Temperature and moist have an important influence on the infection pressure and pathogenicity of the 3 fungi. It seems like the warm summers have been an advantage for the fungi. The fungi can partly be fought off with chemical products, but in general it is better to prevent attacks. The 3 fungi can generally be kept under control with a healthy crop-rotation. Healthy seedpotatoes, both in case of own propagation and in buying seedpotatoes, is crucial, just like a healthy and non-stressed plant is much less susceptible to pathogens in general.

## 2 Forord

Dette projekt er skrevet som afslutning på professionsbacheloren i jordbrug: Natur og Miljø på Erhvervsakademi Aarhus. Projektet er skrevet delvist i forbindelse med de 10 ugers praktikforløb, som blev afviklet fra 8/7-19 til 13/9-19 hos HLB i Holland. Praktikken blev arrangeret med hjælp fra BJ-Agro og støttet økonomisk af Fruervadgaards Mindelegat. Derudover tak til Dr. Ir. L.J. Turkensteen og Cand. Jan Spoler for hjælp med diagnosticering af bladprøverne og Agronom Søren Schnipper for at finde og samle bladprøverne.



10-12-2019

### 3 Indholdsfortegnelse

1	Resume Dansk og Engelsk.....	1
2	Forord.....	3
3	Indholdsfortegnelse.....	4
4	Indledning.....	5
5	Paradigme og Metodologi .....	6
6	Visnesyge – Verticillium ssp., Fusarium ssp. & C. Coccodes.....	7
6.1	Verticillium ssp. ....	8
6.1.1	Symptomer.....	8
6.1.2	Udseende - Mikroskopisk.....	9
6.1.3	Livscyklus .....	9
6.1.4	Patologi.....	11
6.2	Fusarium ssp.....	13
6.2.1	Symptomer.....	13
6.2.2	Sporer.....	14
6.2.3	Livscyklus .....	15
6.2.4	Patologi.....	16
6.3	Colletotrichum Coccodes .....	17
6.3.1	Symptomer.....	17
6.3.2	Sporer.....	18
6.3.3	Livscyklus .....	18
6.3.4	Patologi.....	19
6.4	Opsummering, de 3 visnesygdomme.....	21
7	Forebyggelse.....	22
7.1	Verticillium .....	22
7.2	Fusarium.....	24
7.3	Colletotrichum .....	25
8	Angreb, undersøgelser og løsning. ....	25
9	Diskussion.....	27
10	Konklusion.....	30
11	Litteraturliste .....	31
12	Bilag.....	32
12.1	Bilag 1 .....	32

## 4 Indledning

Dette projekt vil, med fokus på den danske produktion af kartofler, undersøge visnesyge, som skadegører i marken. Visnesyge er i ordets egentlige betydning, en meget bred og generel betegnelse for utidig nedvisning af afgrøder, som følge af sygdom eller anden stress. Visnesyge er både en meget konkret og diffus betegnelse i kartofler, som bruges om angreb af svampen *Verticillium*, men også om symptomer der minder om, hvor kartoffelplanter visner for tidligt på sæsonen. Det betyder i praksis, at visnesyge også bruges som benævnelse for andre svampe end *Verticillium*. I dette projekt vil 3 af disse blive undersøgt. Helt konkret er det svampene *Verticillium*, *Fusarium* og *Colletotrichum*, der vil blive arbejdet med. Visnesyge har i mange år haft et større fokus i udlandet, end det har haft i Danmark. Det skyldes formentlig, at visnesyge ikke har været kendt som årsag til de helt store problemer. Det virker som om, det nu er ved at ændre sig med løbende fund af flere af visnesygdommene rundt omkring i landet. Den danske kartoffel- og landbrugsproduktion har generelt haft en sådan retning, at de sygdomsproblemer, der har været, er blevet løst løbende, derfor skal vi også i gang med visnesygdommene i rette tid, så det ikke tager overhånd.

Visnesyge, kan i alvorligere tilfælde, give udbyttetab på op til 50% (Salman et al., 2014), men det kan være meget sorts afhængigt, ligesom markens og afgrødens generelle sundhed selvfølgelig også spiller en stor rolle for udbyttetab. Visnesyge er først og fremmest et problem udbyttmæssigt, men også kvalitetsmæssigt og kan i nogle tilfælde skabe problemer i spise-kartofler. Spisekartofler dækker både nye små kartofler, skrælle-, pomfrit-, chips-kartofler og flere andre variationer. Årsagen til at alt omkring visnesyge er så usikkert, er at der i dag, ikke er ret meget konkret viden om visnesyge under danske forhold, da meget er baseret, på hvad der forventes, men kun meget lidt er baseret på reelle undersøgelser og forsøg.

### Problemformulering

Hvad definerer de tre visnesygesvampe, hvordan kan de skelnes, både i marken og ved hjælp af diagnostik, hvordan og hvorfor skal visnesyge forebygges og bekæmpes?

### Afgrænsning

Projektet vil have fokus på problemer i marken, særligt med fokus på udbyttetab. Men vil ikke gå i dybden med de mere økonomiske aspekter i hverken udbyttetab eller løsninger. Projektet vil holde den faglige viden om svampene og forebyggelsen/bekæmpelsen af disse for øje, og derfor vil politiske, samfunds- og lovmæssige aspekter ikke få det store fokus, selvom det selvfølgelig er en vigtig del i forbindelse med produktionen af fødevarer.

### Målgruppe

Målgruppen for projektet er fagpersoner indenfor feltet og andre med ekstra interesse for kartoffelproduktion, på et mere teoretisk niveau. Den vil formentlig være tung at læse for praktikere, men mine medstuderende burde fagligt ikke få problemer, med undtagelse af mere interne udtryk fra kartoffelfagligheden.

## 5 Paradigme og Metodologi

Afsnittet er opdelt i hhv. paradigme og metodologi. Paradigmevalget redegør for forståelsesgrundlaget i projektet, mens metodevalget redegør for metoden og litteraturvalget i projektet. Metoden vil blive diskuteret i diskussionen.

### Paradigme

For at have et sikkert forståelsesgrundlag for projektet, redegøres der for videnskabsteoriene bag projektet, og i den forbindelse også for de ontologiske og epistemologiske antagelser. Videnskabsteoriene er vigtige, for at redegøre for projektets videnskabelighed og den videnskabelige kontekst. Helt kort bygger projektet på de naturvidenskabelige grundantagelser. Ontologisk arbejdes der med et realistisk og positivistisk virkelighedssyn, og deraf er den epistemologiske vinkel hovedsageligt materialistisk og objektivistisk.

Projektet bygger altså primært på den positivistiske holdning, hvor videnskaben skal kunne bevise sine teorier via observationer. Videre arbejdes der også ud fra Poppers holdning til hvordan videnskaben arbejder, at der først dannes en teori, som bliver til en hypotese, der kan undersøges empirisk og evt. modbevises. I forlængelse af positivismen og Popper, arbejder projektet ontologisk ud fra materialismen og dermed med realismen, i og med at projektet forudsætter at virkeligheden eksisterer uafhængigt af vores erkendelse af den.

Dermed arbejder projektet Epistemologisk med objektivismen, eller så objektivt som muligt ud fra Kuhns teori, om at det ikke er muligt at være fuldstændig objektiv, som følge af, at alle mennesker har fordomme, som et resultat af deres liv og kultur.

I Kapitel 9 vil objektivismen, bevidst være reduceret, for at kunne diskutere fordele og ulemper ved metodevalget, og for at kunne diskutere projektet generelt.

### Metodologi

Metodemæssigt er projektet baseret på litteraturstudier af kvantitative undersøgelser og tendenserne i disse, ligesom de bliver suppleret med egne kvantitative undersøgelser af prøver fra danske angreb.

Kapitel 6 indeholder hele den redegørende og dele af den analyserende del af projektet, hvor dele af data præsenteres og bearbejdes. Afsnit 6.1, 6.2 og 6.3 arbejder hhv. med *Verticillium* ssp., *Fusarium* ssp. som svampe og definerer dem.

Afsnit 6.4 indeholder et overblik over fokuspunkter for de 3 svampe, som en kort opsummering af hele kapitel 6. Kapitel 7 handler om forebyggelsen og bekæmpelsen af de 3 svampesygdomme, med fokus på praktiske løsninger. Kapitel 8 indeholder diagnoseresultaterne fra nogle danske prøver, der er sat op som en case, med konkrete løsningsforslag til ejeren af markerne. Kapitel 9 er diskussion af hele projektet fra emne- og metodevalg, til data og resultater. Kapitel 10 indeholder konklusionen.

Der vil være analyserende elementer i Kapitel 6, 7 og 8. De redegørende elementer er koncentreret om dele af kapitel 6 og 7. Diskussion er som udgangspunkt afgrænset til diskussionsafsnittet og det er fravalgt at diskutere ret meget, sideløbende med projektet.

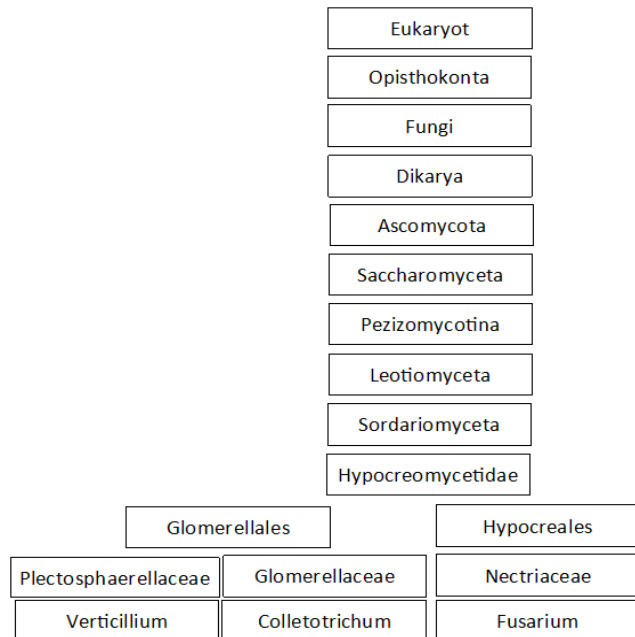
Litteraturen er faglitteratur, alle analyserende data er hentet fra primærkilder, men mere af den redegørende information har krævet sekundære kilder i form af fagbøger.

## 6 Visnesyge – *Verticillium* ssp., *Fusarium* ssp. & *C. Coccodes*

Indledningsvist vil dette kapitel introducere de 3 svampe og nogle af de mere generelle ting, de har til fælles. Det er både for at mindske gentagelser senere i kapitlet, men også for at give en introduktion til emnet, og en ide om hvordan de 3 svampe placerer sig i forhold til hinanden i en taxonomisk sammenhæng. Efter den generelle introduktion, vil hver svamp blive behandlet for sig selv, i hvert sit underkapitel med tilhørende afsnit. For hver svamp vil der være afsnit om: lidt generelt, symptomer, sporerens udseende, livscyklus og patologi. Til sidst i dette kapitel, vil der være en opsamling på de 3 svampe, så de lettere kan sammenlignes med hinanden.

Visnesyge er, som nævnt, en meget bred betegnelse, som kan dække mange typer af visnesymptomer på enkelte planter eller områder i en mark. Årsagen til visnesymptomerne kan være mange og der kan være flere ting, der påvirker den enkelte plante, enten primært eller sekundært. Derfor kan det også være svært at skelne de forskellige svampe. I dette afsnit vil tre af de arter, som ofte vil være involveret i de mere problematiske tilfælde, blive beskrevet med både symptomer og kendetegn, livscyklus og krav til miljøet. På samme måde vil svampene blive beskrevet mikrobiologisk, med fokus på diagnosticering, sådan at svampene kan skelnes via mikroskop.

De tre svampesygdomme, *Verticillium*, *Fusarium* og *Colletotrichum* tilhører alle svamperækken Ascomycota, på dansk: sæksvampe, se Figur 1. Fælles for medlemmer af Ascomycota rækken er, at de er Dikaryoter (se Figur 2) og myceliet er septeret. Generelt for Ascomycota er alle de filamentøst voksende svampe, med en enkelt undtagelse, placeret i underækken Pezizomycotina. Generelt har Ascomyceter perforerede septa i hyferne, det gør at cytoplasmaet kan bevæge sig mellem cellerne, som regel uden at lade kernen bevæge sig rundt med cytoplasmaet. Ascomyceter kan både være hetero- og homothalliske og det kan være svært at konkludere, hvad det konkrete tilfælde er. Det mest almindelige er, at den aseksuelle formering foregår ved dannelse af konidier, der som regel er multinukleare. Konidierne er dannet af de konidiebærende celler, som dannes på spidsen af modificerede hyfer, også kaldet konidioforer (Evert and Eichhorn, 2013). Derudover hører alle 3 svampe til i underækken Saccharomyceta, gærsvampe. Det gærsvampene har til fælles er formering ved knopskydning, at de spredes ved hjælp af vand og at de ikke danner frugtlegemer. For disse tre svampe gælder det også, at de er nekrotrofe parasitter. Derudover hører både *Verticillium* og *Colletotrichum* ind under ordenen Glomerellales, og er dermed tættere beslægtede med hinanden end med *Fusarium*.

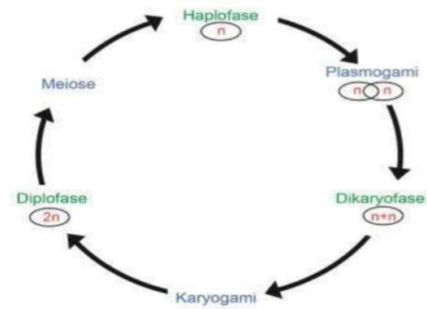


Figur 1 Fylogenetisk træ for *Verticillium*, *Colletotrichum* og *Fusarium*, egen tilvirkning med materiale fra: [Taxonomybrowser.com](http://Taxonomybrowser.com)



Angrebene kan som regel inddeles i 3 faser, første fase er hvilefasen, herefter er der en parasitisk fase hvor planten stadig lever, men svampen snylter på den. Den sidste fase er den rene Saprotrofe fase, hvor svampen indgår i nedbrydningen af planten (Evert and Eichhorn, 2013).

Derudover er alle tre svampe slægter også Deuteromyceter eller Fungi Imperfecti. Det vil sige, at de kun kendes på det ukønnede stadie eller ikke passer fuldstændigt ind en kasse, men som udgangspunkt er disse netop placeret i riget Ascomycota. Som regel har disse svampe ikke kønnet forering, det kønnede stadie er ikke kendt eller, at det ikke bruges til at klassificere svampen (Evert and Eichhorn, 2013; Gomez-Alpizar, 2001).



Figur 2 Oversigt over kernefaserne i en Dikaryotisk forering.

## 6.1 Verticillium ssp.

Dette underkapitel vil arbejde med Verticillium. Først vil der, som før nævnt, være lidt generelt, inden symptomerne på både planten og knoldene vil blive beskrevet, så bliver sporer og mycelie beskrevet, inden der bliver redegjort for livscyklus og patologien bliver analyseret.

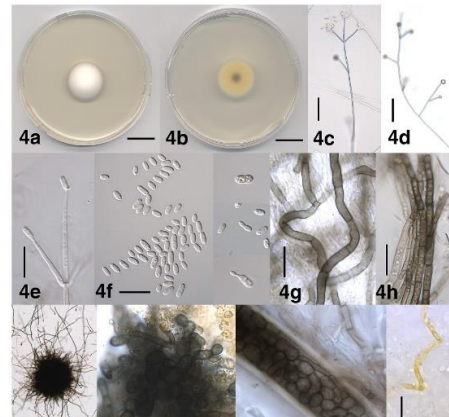
Der findes over 30 værter for Verticillium, både træer og urter. Verticillium findes i hele verdenen, men særligt i de tempererede egne. Svampen kan isoleres fra både planter og jord (Gomez-Alpizar, 2001). Verticillium er ikke bare en svamp, men en slægt som inddeles i arter og underarter. I dette tilfælde er det underarterne V. Dahlia og V. Albo-Atrum, som vil være i fokus. V. Dahlia og V. Albo-Atrum vil som udgangspunkt begge betegnes som saprotrofe parasitter, men som regel vil begge have flere faser i deres angreb. Herefter henvises der til V. Dahlia og V. Albo-Atrum, når der skrives Verticillium, medmindre andet er anført.

### 6.1.1 Symptomer

Symptomerne for Verticillium kan variere meget i tydelighed, men forårsager for tidlig nedvisning og ses normalt i pletter i marken. De første visnesymptomer kan som regel ses på de nedre blade, hvor den ene side af bladenes småblade, eller enkelte af dem, visner tydeligt før den anden side (Mulder and Turkensteen, 2005, p. 70). Det ses specielt i varme og tørre perioder eller hvor jorden er tør. På visnede stængler, afskåret ved jorden, vil der kunne ses en mørk misfarvning af det vaskulære væv (Howard et al., 1994). De tidligste symptomer ses som gule områder imellem bladnerverne, der senere bliver brune. Der kan til tider ses en opfriskning hos planterne i løbet af natten og de tidlige morgentimer, derfor vil angrebene være lettest at se senere på dagen. Kølige og fugtige perioder i vækstsæsonen, vil også forbedre planternes tilstand og derfor vil angreb måske være svære at spotte i de perioder, uden at det betyder at angrebet er overstået (Howard et al., 1994). Ud over bladenes visnesymptomer kan man også se efter misfarvning af stængelbasen, som bliver gyldengul til brungul. Efterhånden som infektionen spreder sig i stænglen, vil hele det vaskulære system blive misfarvet, i nogle sorter kan det være meget tydeligt, at det ikke er hele stænglen, men kun de vaskulære strenge, der er inficeret og misfarvningerne vil lægge sig i striber inden i stænglen. Hvis en mark angribes relativt tæt på modenhed, vil der kunne opstå misfarvninger af udløbere og i navleenden på døtreknoldene, særligt i de vaskulære ringe (Howard et al., 1994; Mulder and Turkensteen, 2005, p. 70). Angrebene ses oftest tydeligere i tiden lige omkring blomstring, særligt Verticillium Albo-Atrum angriber lige før blomstring, hvor Verticillium Dahlia angriber efter blomstring men før modning og derfor kan være noget sværere at genkende (Radtko et al., 2000, p. 33).

Når stænglerne er helt nedvisnet på grund af *Verticillium*, vil stænglerne få et blått til blygråt skær, som skyldes sclerotiernes farve. Der er en tendens til, at *Verticillium* ses oftere på lidt lettere jordtyper (Mulder and Turkensteen, 2005, p. 70).

Til forskel fra *V. Dahlia*, er *V. Albo-Atrum* årsag til akut nedvisning af den angrebne stængel. I nogle tilfælde vil der i tiden før den akutte nedvisning, ses en periode uden strækningsvækst, hvor der dannes røde eller gule misfarvninger og rosetlignende bladplacering. De inficerede stængler bliver sorte, på grund af sorte, tykvæggede hyfer, som *V. Dahlia* ikke danner, se Figur 3. På bladene dannes der nekroser, med lysegrønne ringe omkring. Modsat *V. Dahlia*, kan *V. Albo-Atrum* lettere inficere og sprede sig i en afgrøde, der ikke er tørre eller varmestresset (Mulder and Turkensteen, 2005, p. 70).

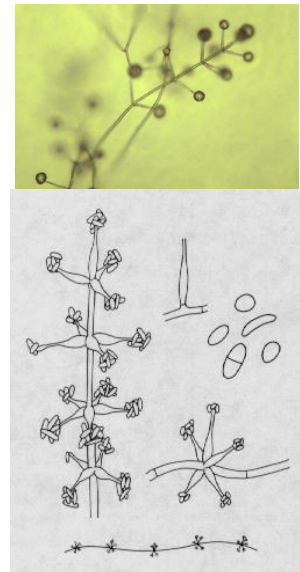


Figur 3 *V. Albo-Atrum* Forskellige stadier af vækst på agarplade ([https://plos.figshare.com/articles/Morphological\\_features\\_of\\_Verticillium\\_albo\\_atrum\\_/376156](https://plos.figshare.com/articles/Morphological_features_of_Verticillium_albo_atrum_/376156))

Sygdommen forstyrrer plantens vandhusholdning og kan forveksles med *Colletotrichum*, men denne forstyrrer rødderne, hvilket *Verticillium* normalt ikke gør. Det kan dog være umuligt at se forskel på *F. Oxysporum* og *Verticillium* i marken (Radtke et al., 2000, p. 33).

#### 6.1.2 Udseende - Mikroskopisk

*V. Dahlia* danner ovale, enkeltcellede konidier på enden af phialider, Figur 4. Phialiderne er arrangerede i ringe på konidioforerne som er septeret. Phialiderne er ofte dannet inde i xylemet på værten. Det vegetative mycelium er gennemsigtigt, septeret og multinuklear. Kernen er haploid i kultur. Konidierne er ovale eller elliptiske og som regel enkeltcellede. De er dannet på phialiderne, som er specialiserede hyfe-ender. Hver phialid bærer mange konidier. Svampen danner mikrosclerotier på det døende væv, mikrosclerotierne består af melaniserede hyfer (Gomez-Alpizar, 2001). Hvilket er en del af forklaringen på den hurtige systematiske spredning af svampen i planten. Der dannes små, tykvæggede, forskelligt formede brune til sorte mikrosclerotier. De dannes inden i eller på den inficerede plante og frigives senere til jorden. Modsat *V. Dahlia* danner *V. Albo-Atrum*, et septeret mørkt hvile mycelium på plantens stængler og konidierne er en smule større end *V. Dahlia* (Howard et al., 1994). Den næsten sorte stængel, som angreb fra *Albo-Atrum* kan forårsage, kan blive næsten hvid når svampen begynder at sporulerer, hvilket den kan forsætte med efter plantens død (Mulder and Turkensteen, 2005, p. 70). Begge smitte racer vokser relativt langsomt i kultur. Myceliet er fnugget hvid til gråhvid, kompakt og af og til septeret (Howard et al., 1994).

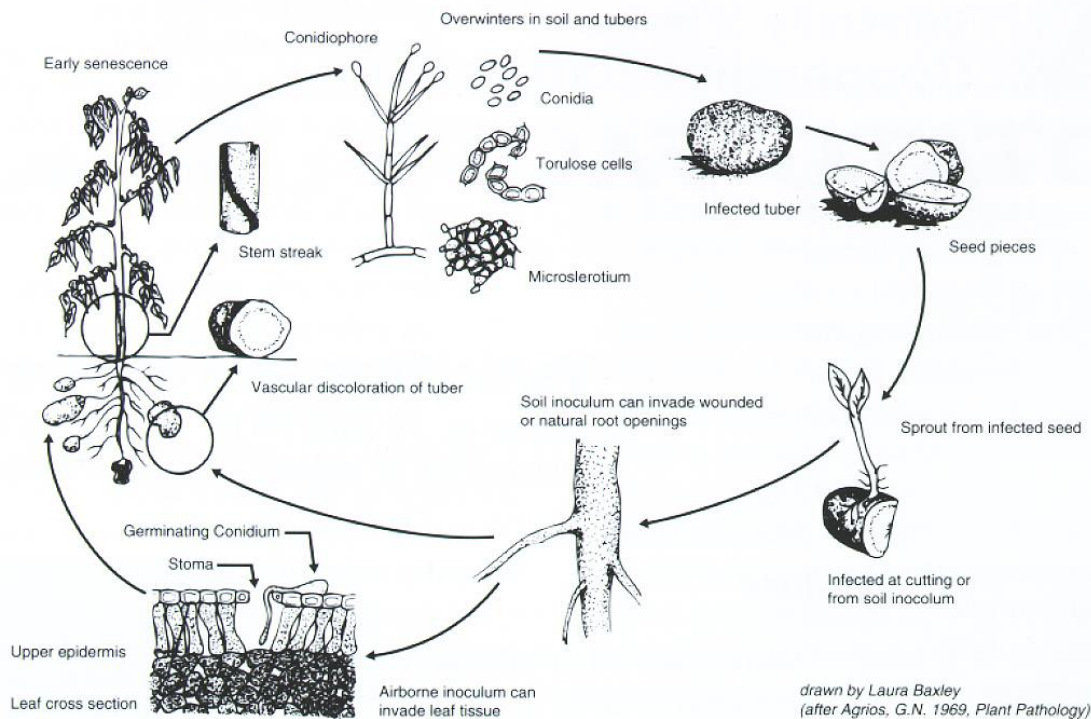


Figur 4 *V. Dahlia*, Konidier og Konidioforer billede og illustreret (<https://projects.ncsu.edu/cals/course/pp728/Verticillium/Vertifin.htm>)

#### 6.1.3 Livscyklus

*Verticillium* er en anamorf svamp, og hører som nævnt til i underriget Dikarya og har derfor en dikaryofase i forbindelse med formeringen, derudover hører *Verticillium*, som nævnt, også til en ekstra gruppe ved navn Deuteromycetes /Fungi Imperfecti.

*Verticillium Dahlia* overlever i jorden, som mikrosclerotier på planterester fra kartofler eller på andre værter, som også kan være ukrudtsplanterne i marken. *Verticillium Albo-Atrum* overlever som fortykkede mycelier på planterester og knolde, men dør når vævet dør og overvintre derfor kun, i et vist omfang, i jorden (Mulder and Turkensteen, 2005, p. 70). Men da jorden ikke alle steder er i en sådan tilstand, at den kan omsætte planteresterne på et år, er der alligevel en risiko for overvintring. Mikrosclerotierne fra *V. Dahlia* kan overleve over 7 år i jorden, uden kartoffelvært, men da der er mange forskellige værter for *Verticillium*, kan det være svært at vide præcis hvor længe den kan overleve i en mark, uden kartofler (Mulder and Turkensteen, 2005, p. 70). *Verticillium*s overlevelse på knolde kan varieres meget, men *V. Dahlia* overvintre som regel ikke på knoldene, modsat *V. Albo-Atrum*, som overvintre på knoldene (Radtke et al., 2000, p. 33). Mikrosclerotierne dannes af konidioforer og hyfestrukturer på knolde og stængler og er svampens hvilestadie (Klimes et al., 2008). Det forventes at kartoffelplantens rodexudater kan aktivere mikrosclerotierne, så de begynder at spirer og inficerer kartoffelplantens rødder. *V. Albo-Atrum* har inficeringsoptimum ved temperaturer mellem 16 til 20°C, hvor *V. Dahlia* har inficeringsoptimum ved 24-28 °C (Radtke et al., 2000, p. 33). Ifølge andre kilder er det temperaturer fra 16- 27 °C der giver gode forhold for *V. Albo-Atrum* og 22-27°C der giver gode forhold for *V. Dahlia* (Howard et al., 1994). Fælles for kilderne er at *V. Dahlia* foretrækker lidt højere temperaturer end *V. Albo-Atrum*.



Figur 5 Livscyklus for *Verticillium* ("Bulletin #5041, *Verticillium Wilt of Potatoes* - Cooperative Extension Publications - University of Maine Cooperative Extension," n.d.)

*Verticillium* angriber, som udgangspunkt, planten via rødderne og særligt via rodhårene (Radtke et al., 2000, p. 33), se Figur 5. *Verticillium*s mycelium gror igennem rodhårenes xylem og blokerer vandtransporten (Howard et al., 1994). *Verticillium* spreder sig, som regel, i planten ved hjælp af de vaskulære dele af planten, men primært via xylemet, hvilket se ved, at inficerede planter har kollapsede celler omkring xylemet. De kollapsede celler vil, som regel, være vesikler, som bliver fyldt med mycelie og affaldsstoffer, som fører til celledød (Isaac and Harrison, 1968). Derudover kan cortical og parenkym celler også brunfarves.

Så helt konkret, *Verticillium* angriber planterne fra hvilestadiet enten i jorden eller på læggematerialet. Hvilestadiet brydes og planten inficeres, ofte ved at gro ind i cellerne på rødder og udløbere, hvor svampen via det vaskulære væv spreder sig op i planten. Når svampen er veletableret begynder den at danne konidioforer, som agerer fundament for phialiderne, hvor konidierne siden dannes og modnes, inden de spredes med vind eller vand til naboplanten. Senere på sæsonen dannes hvilestadiet af svampen, så den kan overleve vinteren.

#### 6.1.4 Patologi

Det er generelt *V. Dahlia*, der er den mest udbredte underart, modsat er det *V. Albo-Atrum*, der er den mest tabsgivende/ patogene (Mulder and Turkensteen, 2005, p. 70). Selvom *V. Albo-Atrum* generelt er den mest patogene, har klimatiske forhold, sort og andre årsvariationer, stor betydning for angrebets udvikling. Angreb af begge underarter på samme plante forekommer også (Howard et al., 1994).

Så selvom *V. Albo-Atrum* er den mest patogene, er *V. Dahlia* stadig en betydende skadegører. Det har et Hollandsk forsøg undersøgt. Forsøget blev foretaget i 1985 og 1986, og er dermed ikke helt nyt og der skal selvfølgelig tages højde for nye smitteracer og eksisterende smitteraces tilpasninger. Samme forsøg har også forsøgt at finde svar på forskellige krydseffekter af *V. Dahlia*, *Meloidogyne* spp. og *R. Solani*. Forsøget er lavet med naturlige smitekilder, som er opformeret og rendyrket til forsøget. Forsøg 1 er udført i lys sandjord med 2,5% organisk materiale og pH-KCl var 5,2 og forsøg 2 er udført i en marin lerjord med 6,7% organisk materiale, 30% ler partikler og en pH-KCl på 7,4.

I Tabel 1 er resultaterne fra begge år samlet. Her er resultaterne målt på vækstperiodens længde, altså hvor meget de forskellige skadegørere reducerede vækstperioden. Vækstperiodens længde bliver generelt sammenkædet med udbyttet og derfor bliver vækstsæsonen her brugt, som et udtryk af tabt udbyttepotentiale.

Sammenlignet med

*Meloidogyne* og *R. Solani*,

har *V. Dahlia* en større

betydning for

vækstperioden på

sandjorden (forsøg 1), som

forkortes med hele 15 dage,

sammenlignet med 7 og 4

dage for de to andre

skadegørere på sandjorden.

Forsøget på lerjord har generelt haft en kortere vækstperiode end på sandjorden, hvilket i sig selv er værd at bemærke. Forskellen imellem behandlingernes vækstperioder er ikke så store på lerjorden som på sandjorden, hvilket på mange måder er mere forventeligt. Der er kun en dag til forskel mellem de tre skadegørere og kun 4-5 dage imellem kontrollens vækstperiode og parcellerne med skadegørerne hver for sig. Resultaterne viser at tilstedeværelsen af både *Meloidogyne* og *V. Dahlia* på sandjorden, ikke forkorter vækstperioden mere end *V. Dahlia* gør for sig selv. På lerjorden ser det til gengæld ud som om, vækstperioden bliver forkortet en del, når begge disse to skadegørere er til stede, sammenlignet med vækstperioden for hver af skadegørerne. Vækstsæsonen bliver forkortet med 3 til 4 dage når både *R. Solani* og *V. Dahlia* er til stede sammenlignet med de to skadegørere alene. Det er samme resultat på sandjorden, men dog ikke så kraftigt. Når alle 3 skadegørere er til stede i samme parcel, ser det ud til at det kan forkorte vækstsæsonen en smule mere på lerjorden, sammenlignet med alle de andre parceller, men vækstsæsonen på sandjorden, hvor vækstsæsonen ikke bliver kortere af at der også er nematoder i parcellen, sammen med de to andre skadegørere. Konklusionen fra forsøget var at *V. Dahlia* reducere udbyttet signifikant, når alene den er til stede i marken og at der er en synergetisk effekt imellem *V. Dahlia* og *R. Solani*, når de begge er til stede. Synergien kan netop ses ved,

Tabel 1 Forskellige smitteracer af *V. Dahlia* (Scholte et al. 1989) Vækstperiodens varighed, målt i antal dage, som et gennemsnit af 1985 og 1986. For eksperiment 1 og

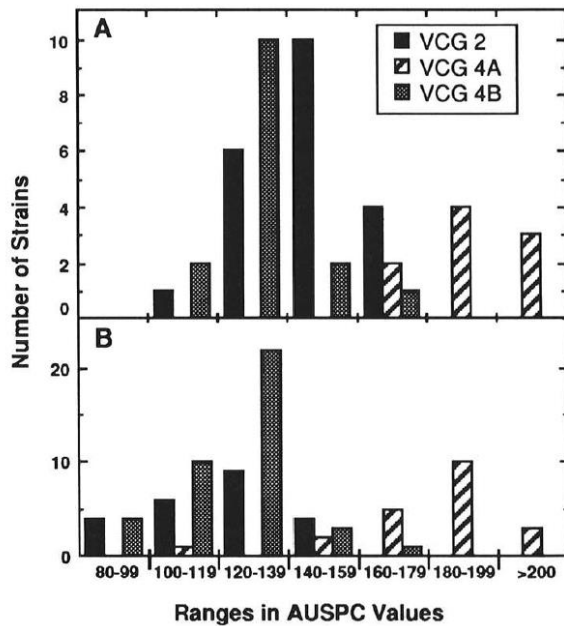
Experiment	Treatment <sup>a</sup>							
	C	N	R	V	NR	NV	RV	NRV
1	137	130	133	122	134	122	121	121
2	132	128	126	127	129	122	123	121

<sup>a</sup> C = control, N = nematodes: *Meloidogyne* spp. in Exp. 1 and *P. neglectus* in Exp. 2; R = *R. solani*; V = *V. dahliae*.

The growing period was significantly shortened by the nematodes ( $P \leq 0.05$ ) and *V. dahliae* ( $P \leq 0.001$ ) in both experiments, and by *R. solani* ( $P \leq 0.01$ ) in Experiment 2.

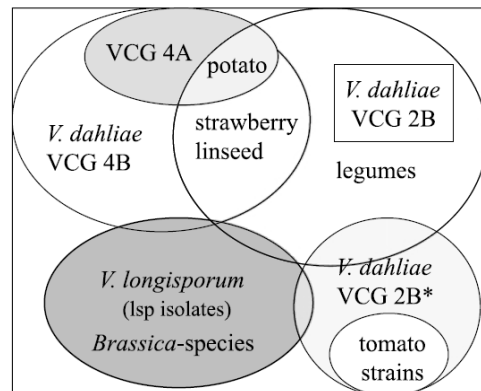
at de to skadegørere forkorte vækstsæsonen mere, når de begge er tilstede, end når de angriber planten hver for sig (Scholte, 1989).

I forbindelse med undersøgelser over patogenitet hos *V. Dahlia*, og alle andre patogener, er det vigtigt at tage højde for forskellige smitteracer. De forskellige smitteracer kan være så forskellige, at en smitterace kan betyde fuldstændig nedvisning i en type afgrøder, og ingenting i en anden type afgrøder. En undersøgelse fra 1991, Ohio State University, har undersøgt forskellige smitteracer af *V. Dahlia* og deres patogenitet. Resultaterne er registreret som AUSPC (area under senecen progress curve/ areal under nedvisnings kurve). De forskellige smitteracer blev indsamlet, rendyrket og inddelt i tre forskellige VCG (vegetative compatibility groups). Forsøg A er udført ved temperaturer fra 17,9 til 27,3°C og forsøg B er udført ved temperaturer fra 19,3 til 27,4°C. Figuren viser, at resultaterne af de to forsøg, A og B, ikke ligner hinanden fuldstændig. Figur 7 viser antallet af forskellige smitteracer inden for de 3 VCG's, hvor der er en fælles tendens til, at VCG 4A er den der opnår de højeste AUSPC og dermed er den der spreder sig mest aggressivt. Figuren viser også, at det er de to andre VCG's, der er de mest almindeligt forekomne, altså der er flere smitteracer i de mindre aggressive VCG's. Forsøget konkluderede, at der var signifikant forskel på patogeniteten i kartofler for VCG 4A og dermed er der grundlag for, at denne skulle kategoriseres under art af *V. Dahlia* (Joaquim, 1991).



Figur 6 Viser Resultater fra undersøgelser af betydningen af *V. Dahlia* angreb, sammenlignet med og i kombination med andre skadegørere i kartofler (Joaquim, 1991)

På samme måde er det undersøgt hvilke smitteracer af *V. Dahlia*, der er mest problematiske i kartofler. Undersøgelsen er lavet på Göttingen Universitet i 2001. Figur 7 viser hvordan de forskellige VCG's fordeler sig på primære værter. *V. Dahlia* angriber, som nævnt, flere forskellige planter, men som figuren viser, har særligt VCG 4A tilpasset sig kartofler, som understøtter den ovenstående undersøgelse, som også konkluderede at VCG 4A er meget patogen i kartofler. Hvor VCG 4B og VCG 2B både angriber kartofler, jordbær og bælgplanter, men ikke er lige så afgørende i kartofler (Zeise and Tiedemann, 2002). Figuren illustrerer generelt *Verticillium*'s evne til at tilpasse sig forholdene, og de værter der er til rådighed, da der både er specialiserede arter af *Verticillium* slægten indenfor hver afgrøde, men at disse specialiserede arter også har underarter, der også er effektive patogener i andre afgrøder, er ret imponerende.



Figur 7 *Verticillium* Smitteracer, værts spredning for de forskellige VCG's (Zeise & Tiedemann, 2002).

## 6.2 Fusarium ssp.

Dette underkapitel vil arbejde med Fusarium. Først vil der være lidt generelt, så vil der blive redegjort for symptomerne både på planten og på knolden. Derefter vil sporenes udseende og sygdommens livscyklus blive behandlet, inden Fusariums patogenitet vil blive analyseret.

Fusarium er måske en af de mest udbredte svampeslægter. Medlemmer af den kan findes i næsten alt: jord, planter, dyr og mennesker. De kan både være harmløse og patogene, og kan, indenfor kartofler, isoleres fra både jorden, planterester og kartoffelknolde. Der vil i dette afsnit være fokus på de af underarterne, som giver visnesymptomer i kartofler og dermed agerer patogen i kartoffelplanten. De visnesygefremkaldende underarter er: *F. Avaneceum*, *F. Coeruleum*, *F. Oxysporum*, *F. Solani Eumartii* og *F. Sulphureum* (Howard et al., 1994; Mulder and Turkensteen, 2005, p. 32; Radtke et al., 2000, p. 32). Det skal dog nævnes, at *F. Avaneceum* primært er et problem i tørre klima, og kan blive et problem med varmere og mere tørre somre, men burde ellers ikke være relevant. *F. S. Eumartii* er heller ikke normalt et problem i Europa (Mulder and Turkensteen, 2005, p. 32). For at gøre det følgende mere overskueligt, vil der, i nogle afsnit, kun blive skrevet Fusarium, i stedet for at nævne alle disse underarter. Fusarium er på mange måder en lagersygdom, som også er knoldbåren. Alligevel kan den som regel også isoleres fra jorden, selv mange år efter, at der har været en vært og er på den måde også jordbåren (Mulder and Turkensteen, 2005, p. 32). *F. Solani Eumartii* er kun fundet i kartofler, de øvrige underarter har mange forskellige værter.

### 6.2.1 Symptomer

Fusarium, som visnesyge generelt, ses ofte som nedvisning af én stængel ad gangen pr. plante. Stænglen vil blive brunlig, ligesom bladene vil blive misfarvet, få kloroser og blive bronzeagtige i farven. I den nedre del af stænglen og i rødder vil man ved angreb kunne se vaskulær og cortical råd. Dertil kommer lillafarvning og ændret vækst af overjordiske skud. I nogle tilfælde kan stænglen også begynde at danne knolde i bladhjørnerne. Fusarium angrebene spreder sig generelt til hele stænglens tværsnit, hvilket til dels er karakteristisk for fusarium (Howard et al., 1994).

Selvom der er nogle generelle træk for Fusarium visnesyge, så er der også så meget forskel på underarterne at deres symptomer behøver en beskrivelse hver for sig, som følger herefter:

*F. S. Eumartii* er kun synlig hen mod slutningen af vækstsæsonen, hvor symptomerne opstår først på de yngre blade. Symptomerne ses som gulfarvning af bladpladen mellem bladvenerne, hvilket giver grønne pletter på en gul baggrund. I tørre områder bliver bladene gul-bronzeagtige, hvorefter de vil visne og tørre ud. De døde blade vil ikke falde af den døde stængel. Ved gennemskæring vil marven/centrum af stænglen ved bladfæstet ofte være mørk i det vaskulære system. Det vaskulære væv i både stængel og bladstilk vil blive mørkebrunt. I senere stadier af sygdommen vil de underjordiske dele af stænglen også begynde at dø (Mulder and Turkensteen, 2005, p. 32).

*F. Oxysporum* er, som regel, synlig midtvejs i vækstsæsonen. Blade, der er påvirket, visner meget hurtigt og planten nedvisner for tidligt. Gulfarvningen starter i de nedre blade. Misfarvningen af det vaskulære væv i stænglen, er begrænset til delene lige over eller lige under jorden (Mulder and Turkensteen, 2005, p. 32).

*F. Avaneceum*, danner som regel symptomer fra midten af vækstsæsonen, til sent på vækstsæsonen. Under tørre og varme forhold vil visnesymptomerne opstå meget hurtigt, og føre til total kollaps af planten. Under mindre ekstreme forhold, vil det yderste af de nedre blade begynde at få kloroser. De nedre dele af stænglen, op til ca. 15 cm over jorden, kan også blive misfarvet i det vaskulære væv. Da transporten af karbohydrater går i stå, vil der ske en ophobning af dette i de øvre dele af planten, og det medfører dannelsen af luftknolde, knolde dannet i bladenes bladhjørner (Mulder and Turkensteen, 2005, p. 32).



*F. Solani* er karakteriseret ved gulfarvning og nedvisning af bladene. Der dannes råd i rodsystemet, de nedre og underjordiske dele af stænglen og i stænglens centrum/ marven. Modsat de ovennævnte smitteracer angriber *F. Solani* ikke kun det vaskulære system, det giver bare omfattende råd i hele planten (Mulder and Turkensteen, 2005, p. 32).

Udbyttetab som følge af visnesyge af *Fusarium* infektioner, ses mest ved varme og tørre forhold. Det gælder både *F. Avenaceum*, *F. Oxysporum*, *F. Solani* og *F. Solani F. sp. Eumartii*. Knoldenes overflade vil få skader, hvor den ikke har den rette farve og der vil være sket en nedbrydning. Vaskulær og kortical råd er, som regel, synlig i de nedre dele af stængler og i rødder. Symptomerne kan forveksles med *Verticillium*, men stængelangreb hos *Fusarium* spreder sig, generelt, til hele stænglens tværsnit, hvor *Verticillium* kun angriber det vaskulære system. Det er lettest at isolere visnesyge *Fusarium* angreb fra rødder og nedre stængeldele hos angrebne planter. Kun meget sjældent kan *Eumartii* og *Oxysporum* isoleres fra misfarvede knolde. *Fusarium* kan, som nævnt, overleve mange år i jorden og overføres med inficeret læggemateriale. Derfor er 4 års sædskifte formentlig ikke nok, ved kraftige angreb. Varme og tørre vækstbetingelser, der kan stresser planten, giver særligt gode forhold for *Fusarium* visnesyge. Rod infektioner kan ske ved temperaturer under 20 grader, men visnesyge symptomerne ses mest ved højere temperaturer (Howard et al., 1994).

Udover over de overjordiske symptomer, dannes der også symptomer på knoldene. Disse symptomer er til dels specialiseret alt efter den *Fusarium* underart, der forårsager den.

*F. Oxysporum* og *F. Eumartii* giver i starten misfarvninger af den vaskulære ring inde i knolden, senere bliver denne ring mørk. Angreb kan ikke ses på knoldens overflade, men kun ses ved gennemskæring. *F. Avenaceum* ses som en brunfarvning i navleenden og i den vaskulære ring. *F. Solani* giver ingen specifikke knoldsymptomer (Mulder and Turkensteen, 2005, p. 32).

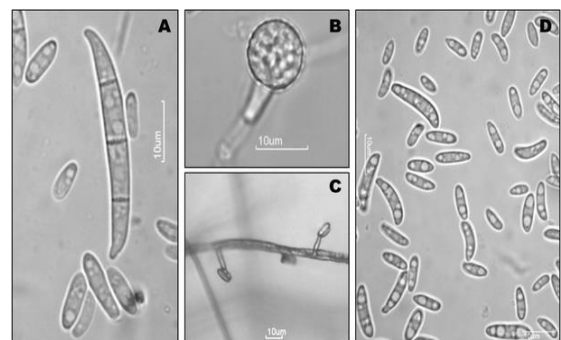
De påvirker det vaskulære system i planten. *F. Solani Eumartii* er den mest frygtede, da den danner symptomer indvendigt i knoldene så de ikke længere kan sælges som spisekartofler. *F. Solani Eumartii* er ikke umiddelbart normal i Europa (Mulder and Turkensteen, 2005, p. 32).

Der vil i forbindelse med et angreb som regel ses råd i moderknolden, men som nævnt kan det spredes til planter med sunde moderknolde, her kan man være sikker på at det er enten *D. Avenaceum*, *F. Solani Eumartii* eller *F. Oxysporum* (Mulder and Turkensteen, 2005, p. 32).

### 6.2.2 Sporer

*F. S. Eumartii* danner kun små mængder mycelium og lysebrune sporodochias. Makrokonidierne har 3 til 4 septa, er næsten helt lige i den nedre halvdel og mere buet i den øvre del. Der dannes mikrokonidier, men kun lejlighedsvist, Figur 8 (Howard et al., 1994).

*F. Oxysporum* danner mycelium, som først er hvidt, men som siden bliver vinfarvet, lilla til lys lilla, se Figur 9. Mikrokonidierne er elliptiske, og der dannes mange af dem, generelt med 0 til 1 septa, kun sjældent 2 septa. De dannes på simple phialider, som vokser lateralt på hyferne eller fra korte meget lidt forgrenede konidioforer. Makrokonidierne har generelt 3 til 5 septa og er spidse i begge ender. Der dannes ofte mange klamydosporer, de kan både have glatte og ru vægge, de kan ses i par eller i kæder, og de kan både være placeret i en ende eller i mellem andre celler (Howard et al., 1994).



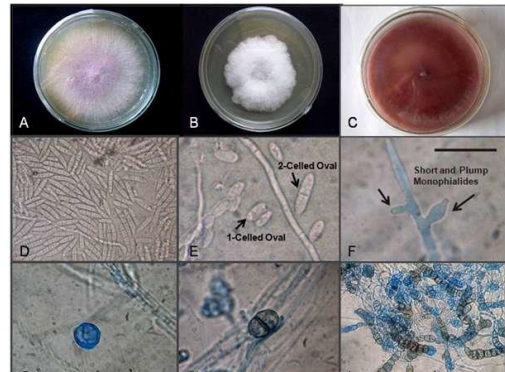
Figur 8 Sporer fra *Fusarium Ssp.* (Callaghan et al. 2016)

F. Avenaceum danner tæt luft mycelium, som kan variere i farve fra gulbrun til rødbrun, se Figur 9.

Makrokonidierne er meget lange, smalle og tyndvægget med en aflang apikal celle. Mikrokonidier er sjældne og der dannes ikke klamydosporer(Howard et al., 1994).

F. Solani danner et tykt lag hvidt mycelium, som med tiden kan få et blåt, blågrøn eller lilla farve.

Makrokonidierne er buttede, tykvæggede og cylindriske. Mikrokonidierne er ovale eller nyreformede, det samme gælder klamydosporer i kultur(Howard et al., 1994).



Figur 9 Farver på *Fusarium* hyfer og mycelium på Agarplader (researchgate)

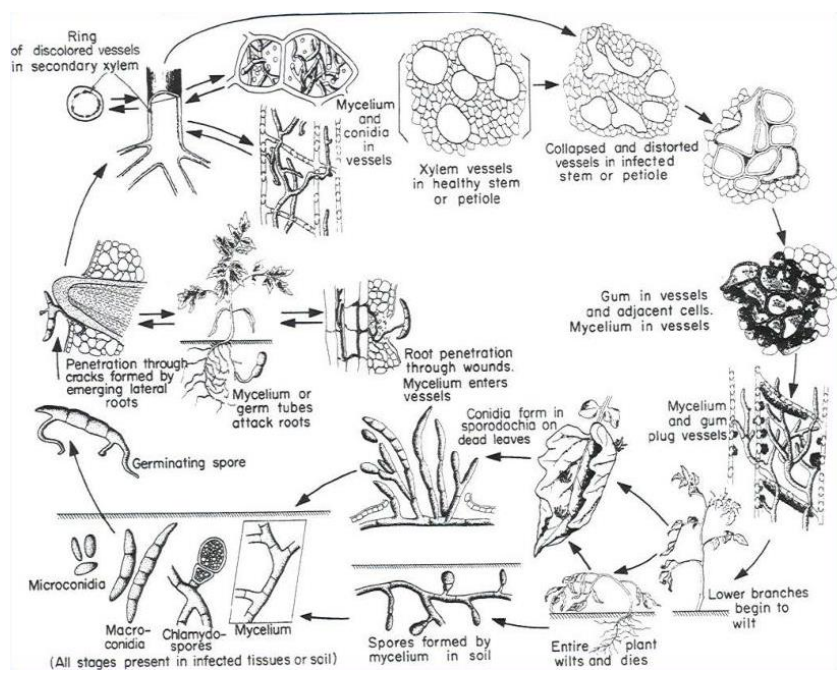
### 6.2.3 Livscyklus

*Fusarium* er en anamorf svamp, og hører, som nævnt, til i underriket Dikarya og har altså en dikaryofase i forbindelse med formeringen. Derudover hører *Fusarium* også til en ekstra gruppe ved navn Deuteromycetes /Fungi Imperfecti. *Fusarium* er en jordlevende svamp og her kan den overleve i mange år, også uden værter(Mulder and Turkensteen, 2005, p. 32; Radtke et al., 2000, p. 32). *Fusarium* danner klamydosporer som ligger i jorden, det er bevist at klamydosporerne fra *F. Oxysporum* kan overleve op til 17 år uden næring, ved konstante temperaturer på 3 til 4 grader(R. Gordon, 2017). *Fusarium* overføres, som regel, med inficeret læggemateriale, eller materiel der er brugt i inficerede marker eller til inficerede knolde(Mulder and Turkensteen, 2005, p. 32). Selvom det kun er *F. Avaneceum*, der ikke kan klarer sig uden tørt og varmt vejr, så gælder det for de resterende visnesyge fremkaldende underarter af *Fusarium*, at de klarer sig bedst i tørt og varmt vejr og dermed er en stærkere og mere dominerende patogen i varme og tørre somre(Radtke et al., 2000, p. 32).

Altså er livscyklusen individuel, men selvfølgelig er der mange fælles træk, se Figur 10. I hovedtræk kan man uddrage at *Fusarium* spreder sig ved at danne mycelium og sporer, sådan at myceliet vokser inde i plantens celler, hvor større og større dele af planten bliver inficeret. Myceliet kan så vokse ud af rødder og udløbere for at inficerer rødder og stængler på naboplanter. Fra den inficerede plantes blade spredes der sporer, der

er dannet på sporodocium. Sporene kan med vind eller vandplask, flyttes til bladene på en ny vært og hermed er smitten spredt videre i marken. Helt præcist hvornår, der dannes klamydosporer er lidt usikkert, men for nogle af *Fusarium* underarterne, er det løbende igennem infektionen, mens det for andre først er når værten begynder at visne for alvor.

Som regel vil *Fusarium* angribe planten via rødderne og derefter sprede angrebet til stænglen, hvor den forårsager visnesymptomerne. Herefter spredes den til udløberne der



Figur 10 Livscyklus for *Fusarium Oxysporum* (ukendt kilde)



fører svampen til døtreknoldene og dermed sikre svampens overlevelse ved at blive spredt med døtreknoldene (Mulder and Turkensteen, 2005, p. 32). Det er særligt stressede planter der angribes, da de ikke er helt så velbeskyttet og ikke helt så let kan stå imod et angreb. Derudover kan lenticeller, øjne og udløbere også være adgangsvæj for angreb fra *F. Oxysporum*, da smitten også spredes i marken, fra plante til plante ved hjælp af løs jord og vand (Mulder and Turkensteen, 2005, p. 32).

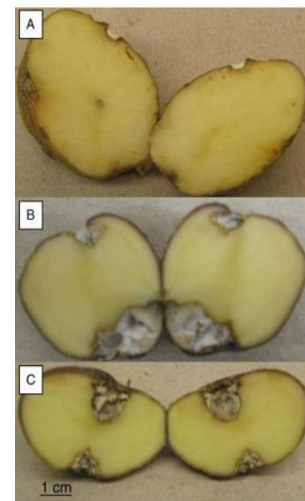
#### 6.2.4 Patologi

Et italiensk forsøg af Manici og Cerato i 1994, har undersøgt patogeniteten i flere forskellige isolater af både *F. Oxysporum* og *F. Solani*. Forsøgene er udført ved kunstig smitte, men isolaterne er isoleret fra marker og kartoffellagre. Forsøgene forsøger at belyse dele af kompleksiteten imellem mange forskellige patogenitets-forsøg med netop disse arter af *Fusarium*. Der findes eksempler på resultater der både viser at *F. Oxysporum* er årsag til visnesyge, råd i løberne og tørråd i knoldene, imens andre forsøg har vist at *F. Oxysporum* udelukkende give tørråd i knoldene. Dette forsøg når frem til, at det hele afhænger af den konkrete smitterace, og at forskellige smitteracer af de enkelte *Fusarium* arter, kan have vidt forskellig patogenitet. Forsøget blev udført på to forskellige sorter, der var 8 forskellige isolater af *F. Oxysporum*. Samtidig blev inokuleringsmetoderne også undersøgt, så der var 8 forsøg i en sort, der blev inokuleret via jorden og 8 i samme sort, der blev inokuleret via bladene. Det samme blev gentaget for sort nr. 2. I forsøget med jord inokulering, på kryds af begge sorter, var den laveste angrebsprocent 4,2% og den højeste angrebsprocent var 58,2%. Da der ingen signifikant forskel var imellem sorterens angrebsprocenter, er resultaterne ikke angivet for hver sort, men samlet for forsøget med jord inokulering.

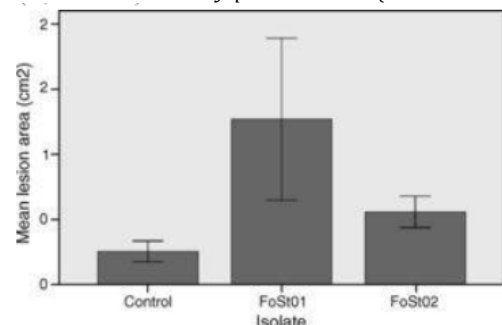
Hvilket betyder, at der ikke er signifikant forskel på de to sorters modtagelighed overfor angreb fra jorden. I forsøget med blad inokulering var den laveste angrebsprocent 4,2% og den højeste angrebsprocent var 33,3%. I forsøget med blad inokulering, var der signifikant forskel imellem de to sorter, hvor den ene sort nåede en angrebsprocent på 30,2%, og den anden kun nåede op på en angrebsprocent på 11,4%. Der var altså tydelig forskel på de to sorters modtagelighed overfor bladangreb af *F. Oxysporum* (Manici and Cerato, 1994).

I et andet forsøg, udført i Colombia, blev *Fusarium Oxysporum* isoleret fra en enkelt kartoffel der viste tegn på tørråd. Begge isolater blev undersøgt, makro- og mikroskopisk, derudover blev de undersøgt genetisk, for at se hvor de genetisk placerede sig i forhold til andre kendte smitteracer med *F. Oxysporum*. Resultatet af den genetiske undersøgelse viste at isolaterne var tættest beslægtede med en smitterace der angriber rødkløver.

Undersøgelserne viste, at der ud over genetisk forskel også var synlig forskel i symptomer og sporenes udseende. Efter de indledende undersøgelser blev der også lavet en patogenitets test af de to smitteracer. Den viste, med signifikant sikkerhed, at de to smitteracer også på dette punkt skilte sig ud fra hinanden. Begge blev vurderet til at være moderat patogener i kartofler. Det blev undersøgt ved at inokulerer sunde kartoffelknolde med en af de to smitteracer. Det ene isolat dannede i gennemsnit skader over et areal på 1,5 cm<sup>2</sup> i knolden, hvor det andet isolat dannede skader på cirka 0,2 cm<sup>2</sup> i knolden gennemsnitligt. Det viser hvor stor betydning alene smitteracen kan have, for hvordan et angreb udviklet sig og hvor stor en betydning det vil have for udbyttet, se Figur 11 og Figur 12 (García Bayona et al., 2011).



Figur 11 Billede af angrebsspredning i knoldangreb af forskellige *F. Oxysporum* isolater (García Bayona et al., 2011).



Figur 12 Grafisk fremstilling af forskellige på *F. Oxysporum* isolaters spredning i kartoffelknolde (García Bayona et al., 2011).

### 6.3 Colletotrichum Coccodes

Dette underkapitel vil arbejde med *Colletotrichum Coccodes*. Først vil der være et mere generelt afsnit, inden symptomer på planten og på knoldene vil blive behandlet. Så vil der blive redegjort for sporenes udseende og svampens livscyklus inden svampens patogenitet vil blive analyseret.

*Colletotrichum Coccodes*, eller Black Dot, som sygdommen kaldes i mere daglig tale, kan angribe medlemmer af både Cucurbitacea, Leguminosae/Fabaceae og Solanaceae familierne (Termorshuizen, 2007). *C. Coccodes* kan ramme alle medlemmer af Solanaceae familien, hvor den kun angriber nogle af medlemmer af de to andre familier. I Solanaceae familien er det primært kartofler, tomater og peber at angrebene har økonomisk betydning (Pasche et al., 2010). *C. Coccodes* er en art i sig selv og inddeles, som det ser ud nu, ikke i underarter, men inddeles meget naturligt stadig i smitteracer. *C. Coccodes* kan isoleres fra inficerede knolde og stængler. I dette afsnit vil der som udgangspunkt kun blive arbejdet med de smitteracer som angriber kartoffelplanten. *C. Coccodes* eller Black Dot er primært et problem som knoldinfektion, hvor den kan gøre hele partier af lægge- og spisekartofler usælgelige (Mulder and Turkensteen, 2005, p. 86).

Vokser bedst ved temperaturer omkring 28-30°C, og ses dermed oftest under varme og tørre forhold. Vurderes som en svækkelsesparasit, hvor forhold der svækker planten ofte fører til en infektion (Radtke et al., 2000, p. 35). Udbyttetab op til 30%, også selvom der ikke er synlige symptomer (Pasche et al., 2010)

#### 6.3.1 Symptomer

*C. Coccodes* angreb på stængler, rødder og udløbere er tydelige, når de først har dannet symptomer. Symptomerne på plantes overjordiske dele, dannes primært i slutningen af vækstsæsonen. Ifølge Pasche et al. Kan der forventes udbyttetab på op til 30%, selvom der ikke har været synlige visnesymptomer i marken (Pasche et al., 2010). *C. Coccodes* ses typisk i varme vækstsæsoner hvor temperaturen ligger mellem 25 og 28°C. Hvis temperaturerne er lavere, kan der gå helt op til 12 uger fra infektion, til der dannes symptomer på stænglerne (Radtke et al., 2000, p. 35).

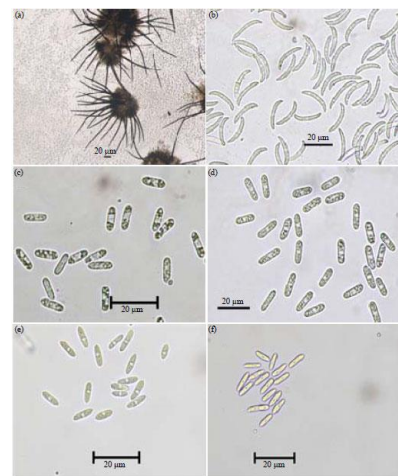
Ved angreb på planten, farves de nedre blade gule (Mulder and Turkensteen, 2005, p. 86; Radtke et al., 2000, p. 35) og de øvre bladrande begynder at rulle (Mulder and Turkensteen, 2005, p. 86). Planten ser, som regel, grøn ud længe, da det ofte kun er dele af plantens blade eller kun dele af hvert blads småblade som visner, og de visne blade vil hænge nedenfor de grønne blade og dermed blive dækket, af de endnu grønne blade. Resten af planten kan, ifølge Radtke et al. stå grøn indtil almindeligt nedvisningstidspunkt, samtidig med resten af marken. Hvorimod planten ifølge Mulder and Turkensteen, vil nedvisne før tid, at begge på sin vis kan have ret, skyldes både vækstforhold, angrebsvej og smitteracer, som bliver behandlet i afsnittet om patologi. Det er typisk for *C. Coccodes*, at planter med synlige symptomer, kan findes spredt ud over hele marken. En del af de planter, der umiddelbart ser symptomløse ud over jorden, kan have tydelige symptomer under jorden, hvor udløberne kan dø, få dage efter angrebet (Radtke et al., 2000, p. 35). De visne stængler føles læderagtige og får revner på langs. Senere løsner overhuden/cortex sig fra stængelens kerne/det vaskulære væv. Et meget typisk fænomen er, at den inficerede stængels udløbere ikke umiddelbart slipper knoldene og der ofte sidder et stykke af udløberen tilbage på knolden (Mulder and Turkensteen, 2005, p. 86; Radtke et al., 2000, p. 35). Under mere gunstige forhold for *C. Coccodes*, vil der opstå nekroser og rådpletter på kartoffelplantens overjordiske dele, disse pletter vil være mørke og indsinkne og de nekrotiske læsioner vil kunne findes på blade og stængler (Radtke et al., 2000, p. 35).

De første symptomer der dannes på knoldene, er gråbrun pletter, som kan minde meget om sølvskurv, men dog er mere grå en sammenhængende plamage, modsat mange små. Disse læsioner udvikler senere små sorte mikrosclerotier, som er meget karakteristisk for *C. Coccodes*. I modtagelige sorter

går infektionen ind i det corticale væv. Under lagring vil knoldens skind i de angrebne pletter blive lidt indsunke og sort/mørk farvet (Mulder and Turkensteen, 2005, p. 86). På knoldene fører det til tidlige lager problemer, med indtørrede knolde, med områder med råd. Knolde fra plante med visnesymptomer er ofte gummiagtige og de skrumper, mumificerer eller rådner. Under varme og meget luftige lagerforhold dannes der flere gummiknolde. Knolde fra inficerede planter, kan være indfalden, dog uden, at der er nekroser under (Radtke et al., 2000, p. 35). Der kan dannes grå til gråbrune, uregelmæssige pletter på knolden. Dertil kan der dannes skarpt afgrænset udbulinger, under disse kan råd udvikle sig. Disse udbulinger, vil ofte være jævnt fordelt over hele knoldens overflade, hvilket kan forveksles med frostbuler og phoma angreb. De mere kraftige knoldsymptomer ses kun hos nogle sorter, og som regel kun når de har været udsat for kraftige temperaturudsving. Temperaturudsvingene kan både være under væksten, høsten eller lagringen, f.eks. et hurtigt skift fra 0 til 10 grader eller omvendt under lagring (Radtke et al., 2000, p. 35).

### 6.3.2 Sporer

*C. Coccodes* danner diskformede mikrosclerotier, med sorte spidse konidioforer, se Figur 13 (Mulder and Turkensteen, 2005, p. 86). Mikrosclerotierne er kraftigt melaniserede, for at øge deres overlevelse i jorden (Pasche et al., 2010). Mikrosclerotierne dannes af acervuli, som egentlig er de sorte prikker i den første tid, hvor der kan observeres sorte prikker på knoldene. Det er netop disse sorte prikker på knoldene og stængelen, som er karakteristisk for *C. Coccodes*. Siden dannes de spidse konidioforer, hvorfra der spredes sporer, eller hele strukturen melaniseres og der dannes sclerotier (Radtke et al., 2000, p. 35). Sporerne af aflange og spredes fra sclerotierne i foråret, særligt under fugtige forhold, ligesom vand og vind er med til at sprede sporerne (Radtke et al., 2000, p. 35).



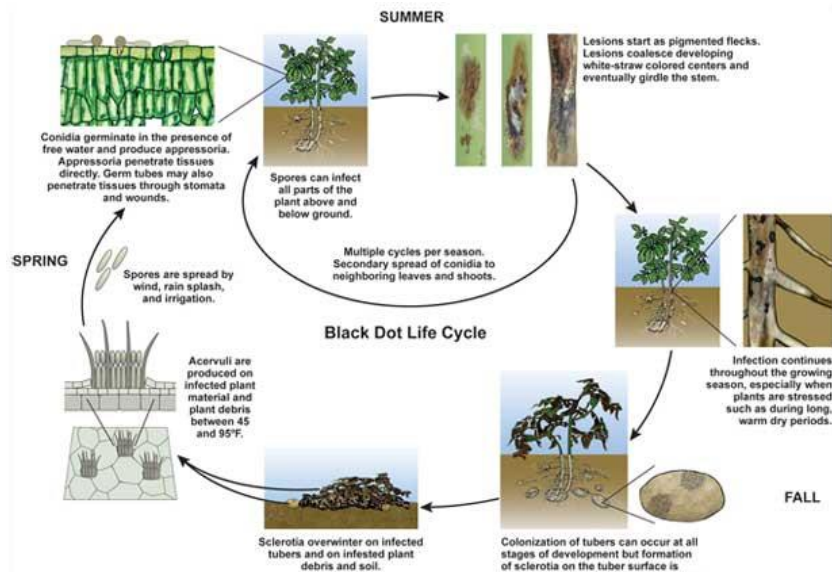
Figur 13 *C. Coccodes* under mikroskop (science alert)

### 6.3.3 Livscyklus

Som de to ovenforstående svampe slægter er *C. Coccodes*, en dikaryot og har dermed en dikaryotisk fase i formering. Derudover er *C. Coccodes*, som de andre, en anamorfsvamp og en deuteromycet. *C. Coccodes* overvintrer som mikrosclerotier på knolde på lageret og planterester i jorden. Knoldene bliver inficeret i marken, enten ved direkte inficering af knolden, eller via angreb på blade, stængel, rødder eller udløbere (Pasche et al., 2010). Svampen spredes under fugtige, varme forhold og under opbevaring. Svampen spreder sig primært ved at udvide eksisterende angreb (Mulder and Turkensteen, 2005, p. 86) og angriber, som regel, knoldene, men kan også angribe stængler og rødder. Fører til tidlig nedvisning og misfarvede knolde efterfulgt af udbyttetab. *C. Coccodes* kan angribe alle racer af Solanaceus familien, heriblandt sortnatskygge, som også bliver brugt til overvintring. Høje temperaturer og dårlig dræning giver gode forhold for *C. Coccodes*. Derudover dannes der ved stængelangreb, en stor mængde mycelie masse inden der dannes sclerotier og dermed bliver stængelangreb næsten hvidlige områder med sorte prikker (De Silva et al., 2017).

Der findes eksempler på 5 til 13 års overlevelse i jorden, uden kartoffel værter. Angrebene spredes via knolden, jorden eller med vindspredning. Det er særligt vind der pisker jordpartikler op og som kan såre planterne, kan give infektioner, da sårene kan være adgangsvej. Stænglerne bliver hurtigere inficeret, end knolde og udløbere (Pasche et al., 2010).

Primær angrebet i marken, se Figur 14, sker via sclerotier på læggekartofflen eller planterester i jorden. Sclerotiet spirer og *C. Coccodes* spreder sig fra knolden, ud på de nydannede stængler og rødder. De nye knolde vil formentlig også blive inficeret. Ved angreb fra jorden vil sporerne angribe enten via stængler, rødder eller udløbere, hvorfra det kan sprede sig i det vaskulære væv. Efterhånden som svampen spreder sig til hele planten, begynder den at danne konidier hvorfra der spredes sporer fra en plante til en anden og knoldene så kan blive inficeret. Dannelsen af konidier og sporer sker løbende i hele sæsonen. Opformeringen går hurtigere når temperaturerne er høje og når temperaturerne er lavere og der er tørt går opformeringen langsommere.



Figur 14 Livscyklus for *C. Coccodes* (Michigan state university – Plant Pathology)

### 6.3.4 Patologi

En Amerikansk undersøgelse fra 2003 og 2004, undersøgte sammenhængen mellem smittens oprindelse/infektionsvej, smitterace og lokation. Undersøgelsen var motiveret af en mistanke om, at udbyttetabene ved angreb af *C. Coccodes* uden synlige symptomer var større end der ellers bliver regnet med. Det er vigtigt at nævne, at kontrolparcellerne også viste symptomer på angreb, men dog ikke i samme omfang, som de inokulerede parceller, derfor vil resultaterne selvfølgelig skille sig mere ud, hvis kontrollen rent faktisk var en helt sund kontrol. I Tabel 2 ses resultaterne for den procentvise kolonisering af de

Tabel 2 Procentvis kolonisering af forskellige plantedele (Pasche et al., 2010)

Site of inoculation and/or infestation	North Dakota		Minnesota	
	2003	2004	2003	2004
No inoculation and infestation	0.10 f	0.20 f	0.57 bc	0.22 d
Seed tuber inoculation	0.11 ef	0.25 bc	0.59 ab	0.25 bcd
Soil infestation	0.12 de	0.21 ef	0.57 bc	0.24 cd
Foliar inoculation	0.15 bc	0.22 de	0.58 b	0.27 bc
Soil infestation + seed tuber inoculation	0.14 bc	0.27 ab	0.59 ab	0.26 bc
Seed tuber + foliar inoculation	0.16 bc	0.28 a	0.62 a	0.31 a
Soil infestation + foliar inoculation	0.13 cd	0.24 cd	0.57 bc	0.28 ab
Soil infestation + seed tuber + foliar inoculation	0.19 a	0.28 a	0.55 c	0.31 a
P value	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001

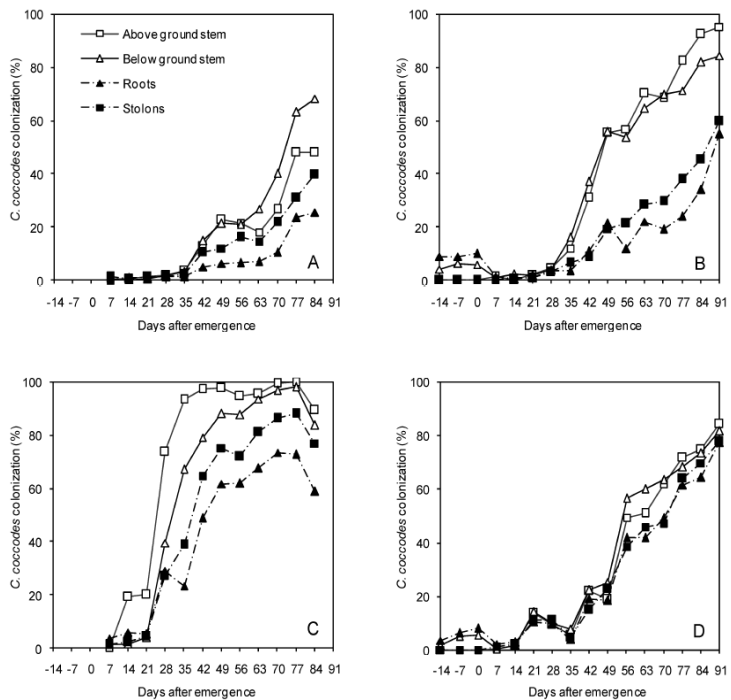
<sup>z</sup> Values in a column followed by the same letter are not statistically different based on Fisher's protected least significant difference ( $\alpha = 0.05$ ). P value represents the probability of observing a greater value in the F test.

forskellige plantedele på de to lokationer. Figur 15, Graf A og B er fra North Dakota og C og D er fra Minnesota. A og C er resultaterne fra 2003 og B og D er resultaterne fra 2004. Det generelle for alle 4 grafer er, at det er stænglerne, både

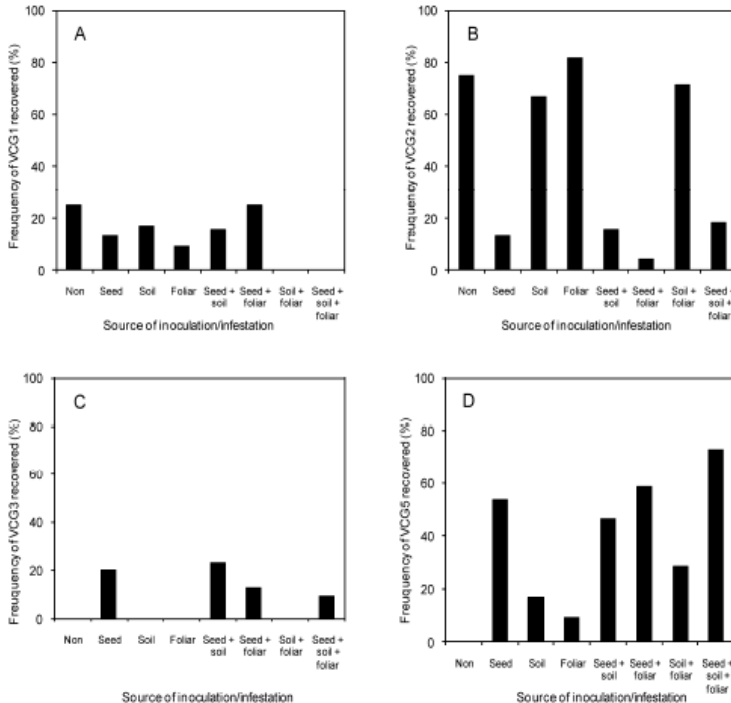
over og under jorden, der bliver koloniseret mest og som udgangspunkt er det rødderne der bliver koloniseret mindst. Generelt ser det også ud til at under de pågældende forhold, tog koloniseringen først rigtig fart, fra 35 dage efter fremspiring. Men det er også tydeligt at se, at faktorer som jordens sammensætning og vejret har stor betydning for koloniseringen med *C. Coccodes*, da der er tydelige forskelle imellem de to år, og imellem de to lokationer. Det skal nævnes, at graferne er lavet ud fra den gennemsnitlige kolonisering af planterne i alle parceller inklusiv kontrollen, som også blev angrebet (Pasche et al., 2010).

I Figur 15, ses resultaterne af det relative areal under *C. Coccodes* koloniseringskurve for alle parceller i forsøget. Forsøgsparcellen i North Dakota 2003 var jomfrujord, og i 2004 var det 3 år siden der havde været kartofler. I Minnesota lagde forsøget i et kartoffelområde og smitten i jorden forventedes at være høj. Det passer meget godt med resultaterne i tabellen, hvor arealet under kolonisering i 2003 var væsentligt lavere i North Dakota end i Minnesota. Som forventet er koloniseringsgraden højere i 2004, hvor der tidligere har været kartofler i jorden i forsøget i North Dakota, hvor koloniseringen i Minnesota modsat er faldet. Hvis der kun kigges på de store linjer i tabellen, kan det hurtigt konstateres, at infektion fra kun en kilde, ikke er nok til at konkurrere med den naturlige smitte fra andre kilder. Det kan vurderes ud fra det faktum, at kontrolparcellen også var koloniseret, og da kontrollen var uden inokulering, må smitten samme fra naturlige smitekilder. Men når en parcel bliver angrebet både fra jorden, læggeknolden og på bladene, har det i flere tilfælde en signifikant forskel på koloniseringsgraden.

Forsøget undersøgte, som før nævnt, også forekomsten af forskellige smitteracer. Det blev udført, ved at der i inokulum var 4 forskellige smitteracer tilstede, VCG1, VCG2, VCG3 og VCG5. I løbet af sæsonen, blev forekomsten af de forskellige smitteracer så undersøgt, for at se hvilken der klarede sig bedst og om der var forskel på hvor smitteracerne dominerer på planten, se Figur 16. Generelt viste VCG2 og VCG5 sig at være dem, der var lettest at genfinde og i større mængder end de to andre smitteracer. VCG1 og VCG2 var dog de eneste smitteracer, der blev fundet i kontrolparcellerne, hvilket tyder på, at de har en fordel i enten sprednings radius eller andre værter. Hvor VCG1 til sammenligning, er mindre kritisk at få ind i en mark, er VCG2 langt mere aggressiv. VCG2 ser generelt ud til at være en dominerende patogen på blade/stængler og i jorden. Hvor VCG5 tydeligt dominere når læggeknolden er inficeret.



Figur 15 Grafer over den procentvise kolonisering (Pasche et al., 2010)


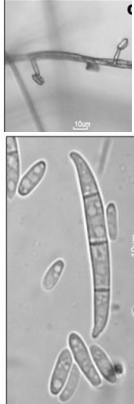
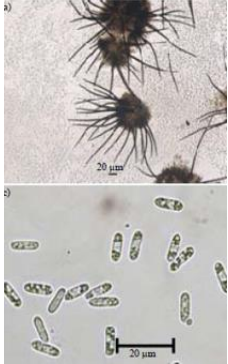


Figur 16 Hyppigheden af de 4 smitteracer, når forsøgene blev gjort op (Pasche et al., 2010)



#### 6.4 Opsummering, de 3 visnesygdomme

De ovenstående afsnit indeholder rigtig mange data og meget information. Så for at give et overblik og en mulighed for at se hvor de 3 svampe ligner hinanden og hvor de adskiller sig, er der her samlet nogle af informationerne i en tabel.

	Verticillium	Fusarium	Colletotrichum
Potentielt udbyttetab	50%	30-50%	30-50%
Temperaturoptimum	16-28°C	>20°C	25-28°C
Infektionstidspunkt	Fra umiddelbart før blomstring til umiddelbart efter blomstring.	Fra ca. midt i vækstsæsonen.	Op til 12 uger før der er synlige symptomer, formentlig midt i vækstsæsonen.
Infektionsmetode	Via rødder	Via Udløbere, rødder og knolde	Via blade, stængler, rødder, udløbere og knolde.
Sporer	Konidiesporer – ascosporer	Konidiesporer – ascosporer	Konidiesporer – ascosporer
Spore spredning	Knolde og jord.	Knolde og jord.	Jord, vand, knolde og vind.
Overvintring	Mikrosclerotier og mycelium. Op til 7 år.	Mikro-, Makro- og klamydosporer. Op til 17 år.	Mikrosclerotier, planterester. Op til 13 år.
Angriber via	Det Vaskulære system	Det vaskulære og corticale system.	Det vaskulære og corticale system.
Symptomer	Halvsidig visning af blade. Misfarvning af det vaskulære system.	Nedvisning af en stængel af gangen. Bronze agtigt skær på nekroser. Generelt råd på tværs af stænglen.	Nedhængende småblade. Angrebne planter spredt over marken. Sorte platter på nedvisnede stængler.
Knoldsymptomer	Misfarvning af navleender og i de vaskulære ringe.	Brunfarvning af navleenden og de vaskulære ringe.	Mørkfarvede plamager på skindet, enten med eller uden sorte prikker, alt efter tidspunkt.
Sporer			

## 7 Forebyggelse

Efter at der, i Kapitel 6, er blevet redegjort og analyseret på hvor, hvornår og hvordan de tre visnesygesvampe kan skabe problemer i kartoffelproduktionen i Danmark, er det afgørende, at det udmønter sig i nogle mere konkrete metoder til at forebygge disse angreb i marken. Hvordan kan svampene helt undgås i sunde marker, hvor svampene endnu ikke er set som et problem og hvordan kan planterne holdes sunde og raske? Der vil uvægerligt være en smule gentagelser fra de tidligere afsnit, ligesom forebyggelsesmetoderne i flere henseender vil minde om hinanden for de tre svampe, da forebyggelse ofte bygger på de samme principper uanset hvilke sygdomme der er tale om. En vigtig fællesnævner for alle skadegørere generelt, er at en sund plante, som er velforsynet med både næringsstoffer og vand, og som ikke er presset af skadegørere i forvejen, altid vil være mere modstandsdygtige overfor angreb af nye skadegørere (Howard et al., 1994; Mulder and Turkensteen, 2005).

Et sundt sædskifte er meget naturligt også et stærkt redskab til at holde smittetrykket nede, ligesom god jord og gode vækstforhold generelt er en fordel. Det er vigtigt ikke at have andre værter inde i sædskiftet og at holde ukrudt væk, da der kan være værter iblandt. Når læggematerialet først er angrebet, eller problemet først er i marken, kan forebyggelsen ikke længere hjælpe her og nu. Forebyggelsen kræver planlægning og målrettet arbejde i flere år, før det har god effekt. Derfor kan det være nødvendigt at bekæmpe svampene i stedet, selvom det på mange måder er en dyre og mindre holdbar løsning.

Der findes godkendte midler til bejdsning mod *C. Coccodes* og *Fusarium* i Danmark, men det er ikke dokumenteret om det også gælder nedvisning af planten, da forsøgene har fokuseret på skindfinish. Derudover er der ikke umiddelbart godkendte midler mod *Verticillium* i Danmark, der har været forsøg i udlandet med brug af Propamocarb-Hydrochlorid som umiddelbart har en effekt, der findes godkendte midler i Danmark med Propamocarb, men ikke Propamocarb-Hydrochlorid.

### 7.1 Verticillium

*Verticillium* kan introduceres til en mark via inficerede knolde, maskiner der ikke bliver rensede imellem inficerede og ikke inficerede marker og vandingsvandet (Howard et al., 1994). Derfor er det første led i en forebyggelsesstrategi at sikre sig sundt læggemateriale, og holde en god hygiejne i markerne, ved at minimere mængden af jord der transporteres rundt imellem markerne. Det kan i praksis blive et meget stort og ikke særligt realistisk arbejde, men det bør som minimum bruges, når maskinerne har været i kontakt med inficeret jord eller risiko marker. Risikomarker er meget generelt marker, der har været dyrket i pressede sædskifter, altså ofte kartofler eller andre værter for *Verticillium*. Det skyldes at *Verticillium* opformerer af kartofler, og dermed vil der i pressede sædskifter generelt være større mængder smitstof. Derfor er det vigtigt med en sundt og varieret sædskifte, uden andre værter for *Verticillium* (Howard et al., 1994; Mulder and Turkensteen, 2005, p. 70). Det nævnes at særligt lucerne skal undgås, i sædskifter hvor *Verticillium* er et problem (Mulder and Turkensteen, 2005, p. 70). Det har vist sig at et sædskifte med 3 til 4 år uden kartofler i marken, er effektivt til at holde opformeringen af *Verticillium* nede på et rimeligt niveau. Men det er selvfølgelig vigtigt at huske at *Verticillium* kan overleve i op til 7 år i jorden (Howard et al., 1994; Mulder and Turkensteen, 2005, p. 70). Der findes som nævnt også mange andre værter for *Verticillium*, som ikke nødvendigvis udviser symptomer, det betyder at der kan være relativt høje mængder smitstof i en mark, uden at det kan ses, før kartoflerne begynder at udvise symptomer hen mod slutningen af vækstsæsonen. Ud over en usynlig opformering, kan *Verticillium*, som nævnt i Kapitel 6, også spredes med vind og jordvæske (Howard et al., 1994; Mulder and Turkensteen, 2005, p. 70). Det betyder, at der er brug for flere forebyggende metoder for at undgå *Verticillium* problemerne. Modstandsdygtige og resistente sorter er ofte et godt og stærkt redskab til at forebygge skadegørere, og det gælder også *Verticillium*.

Som nævnt i afsnit 6.1.4 kan angreb af *Rizhioctonia Solani* forværre betydningen af angreb fra *V. Dahlia* ifølge Hollandske forsøg fra 1985/86. Det betyder altså, at alle tiltag der mindsker mængden af rodfiltsvamp på knoldene også vil mindske betydningen af *V. Dahlia*.

For at undersøge betydningen af hhv. tolerance og resistens overfor *Verticillium*, blev der i 1993/94 lavet et forsøg, på Agronomi afdelingen på universitet i Pisa Italien. Her blev den tolerante sort *Desiree* og den resistente sort *Kondor* undersøgt i forskellige koncentrationer af smitte fra *V. Dahlia*, alle forsøg blev foretaget i laboratorie. I Tabel 3 ses resultatet af den første del af undersøgelsen, hvor skud fra de to sorter, blev placeret i 4 forskellige koncentrationer af smitstof fra *V. Dahlia*. *Kondor* klarer sig generelt bedst, men har kun en signifikant bedre overlevelse ved 12,5% og 25% smitstof.

Ud fra denne del af forsøget, blev de overlevende skud fra *Desiree* indsamlet og opformeret, inden de igen blev udsat for en 25% smitstof opløsning med *V. Dahlia*. Igen blev de overlevende skud indsamlet og udsat for en 50% smitstof opløsning af *V. Dahlia*. Igen blev de overlevende skud indsamlet og denne opformerer gruppe af skud kaldes resistens klon R3-90. Forsøget blev lavet igen, nu med alle tre "sorter" og 25% smitstof opløsning. Se Tabel 4 Tabel 3. Her klarer *Kondor* sig bedst i kontrollen, men R3-90 klarer sig bedst i smitstofopløsningen, dog ikke signifikant bedre end *Kondor*. I samme forsøg blev effekten på plantemasse undersøgt via mængde tørstof i gram, se Tabel 5. Igen var der ikke signifikant forskel mellem *Kondor* og R3-90, men hvis man ser på reduktion sammenlignet med kontrollen i samme sort, er der tydeligt forskel, hvor *Kondor* mister 17,7% tørstof fra kontrollen til behandlet, mister R3-90 kun 3,2% tørstof i bladmassen.

Som den vigtigste faktor, blev reduktionen i knoldproduktionen også målt, se Tabel 6. Her angivet i gram. I kontrollen er der ikke signifikant forskel på nogen af sorterne, *Kondor* ligger sig noget højere end de to andre. Knoldproduktionen fra de inficerede planter er reduceret, men der er kun signifikant forskel mellem *Desiree* og de to andre sorter. Indenfor hver sort er *Desiree* reduceret med 48,7% i knoldvægt, R3-90 med 1,4% og *Kondor* med 2% sammenlignet med kontrollen.

Forsøget konkluderer altså, at den mest resistente del af *Desiree* er lige så resistent, som den anerkendte resistente sort *Kondor*, og at der er tydelig forskel på om der dyrkes en resistent eller en tolerant sort i marker med *V. Dahlia* smitte (Sebastiani et al., 1994).

Tabel 3 Overlevelsesprocent, for hhv. *Desiree* og *Kondor*, ved 4 forskellige koncentrationer af *V. Dahlia* (Sebastiani et al., 1994).

Cultivar	<i>V. dahliae</i> filtrate concentration			
	0%	12.5%	25%	50%
	Percentage of viable shoots <sup>1</sup>			
<i>Désirée</i>	90.1 a	26.6 a	16.5 a	2.5 a
<i>Kondor</i>	93.3 a	80.1 b	34.1 b	7.5 a

<sup>1</sup> Means values within a vertical column followed by the same letter were not significantly different ( $p = 0.05$ ) using a  $\chi^2$ -test of independence.

Tabel 4 Overlevelsesprocent for hhv. *Desiree*, R3-90 og *Kondor*, ved 0 og 25 % *V. Dahlia* (Sebastiani et al., 1994).

Genotype	Control	<i>V. dahliae</i> filtrate
	Percentage of viable shoots <sup>1</sup>	
<i>Désirée</i>	86.6 a	14.2 a
R3-90	92.3 ab	35.1 b
<i>Kondor</i>	99.8 b	32.5 b

<sup>1</sup> Means values within a vertical column followed by the same letter(s) were not significantly different ( $p = 0.05$ ) using a  $\chi^2$ -test of independence.

Tabel 5 Effekten af *V. Dahlia* angreb på tørstofvægten (Sebastiani et al., 1994).

Genotype	Mean dry weight (g)		Reduction respect to control (%)
	Control <sup>1</sup>	Infected plants <sup>1</sup>	
<i>Désirée</i>	77.1 a	38.5 b	50.1
R3-90	69.2 a	67.1 a	3.2
<i>Kondor</i>	73.5 a	60.5 a	17.7

<sup>1</sup> Values were compared by analysis of variance

Tabel 6 Effekten af *V. Dahlia* på knoldproduktionen (Sebastiani et al., 1994).

Genotype	Mean tuber production (g)		Reduction respect to control (%)
	Control <sup>1</sup>	Infected plants <sup>1</sup>	
<i>Désirée</i>	253.4 a	130.1 b	48.7
R3-90	237.8 a	234.5 a	1.4
<i>Kondor</i>	417.2 a	405.4 a	2.0

<sup>1</sup> Values were compared by analysis of variance and the means within a row separated by LSD test at 1% level. Values followed by the same letter were not significantly different.

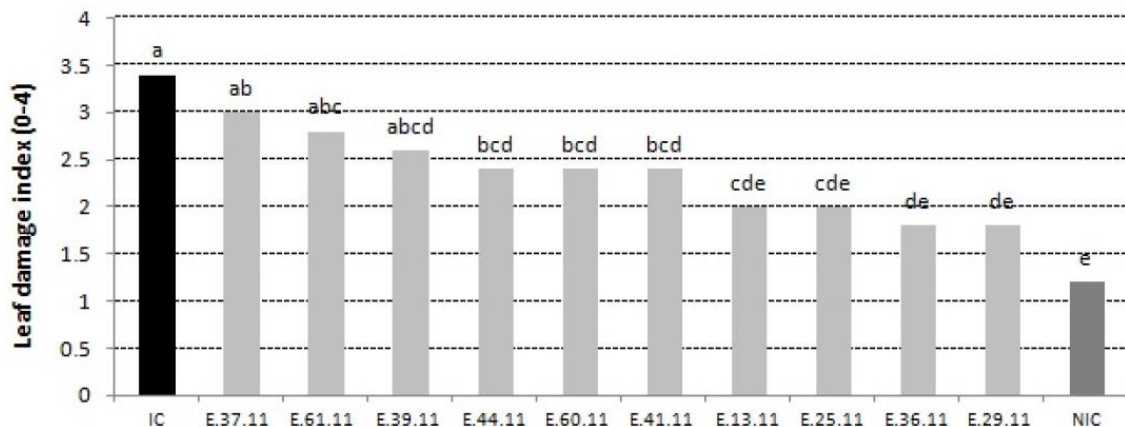


## 7.2 Fusarium

På mange måder er forebyggelsen af Fusarium svarende til forebyggelsen af Verticillium. Det vil sige at rengøring af udstyr, særligt efter de har været brugt i en risikomark, som beskrevet tidligere. Det er nødvendigt at bruge sundt læggemateriale, fra marker uden smitte (Howard et al., 1994; Mulder and Turkensteen, 2005, p. 32). Man skal yderligere ikke bruge overskårne knolde, og dermed også være meget påpasselig med, ikke at skade læggematerialet før og under lægning. Det kan være en fordel at forvarme læggematerialet, så det er mindre følsomt overfor stød, da skader generelt kan være adgangsvej for angreb. Det betyder også, at jo færre håndteringer der er af læggematerialet fra optagning til lægning jo mindre smittetryk og infektionsrisiko vil der være (Mulder and Turkensteen, 2005, p. 32). Derudover er det vigtigt at læggematerialet opbevares køligt, ved ca. 4-5 grader, hvor Fusarium på knoldene stort set ikke udvikler sig (Radtke et al., 2000, p. 32).

Da tørråd og visnesyge forårsaget af Fusarium, er et noget større problem i flere andre lande, er der også lavet en del flere forsøg med bekæmpelse af Fusarium i andre lande end lige i Danmark. Her er det et forsøg fra Tunesien, hvor problemet i mange år har været, at der hverken var resistente sorter, eller kemi der for alvor kunne afhjælpe problemet. Derfor er der i Tunesien et større fokus på alternative bekæmpelsesmidler. Forsøget her bygger på stammer af ikke patogene svampe som Penicillium og Aspergillus. Forsøget er udført på 10 forskellige Penicillium og Aspergillus svampe og 3 Fusarium arter: F. Oxysporum, F. Graminearum og F. Sambunicum, alt sammen testet på den modtagelige spisesort Spunta. Der er i selve forsøget brugt en del tekst på at redegøre for de forskellige isolater af Penicillium og Aspergillus, med navn og oprindelse, men her vil de bare blive behandlet ud fra det forsøgsnavn, som de også er tildelt.

Visnesygesymptomer blev registreret 75 dage efter lægning og varierede kraftigt, alt efter behandling. Der blev opnået op til 47% reduktion af visnesyge symptomer, ved behandling med 7/10 Aspergillus og Penicillium svampe. Ved behandling med de 3 resterende svampe var der op til 23% reduktion i visnesymptomerne. De 4 bedste effekter var på mellem 41 og 47% reduktion af visnesygesymptomer, hvilket, synsmæssigt svarede til de ikke inokkulerede og ubehandlede kontrol planter. Resultaterne kan ses i Figur 17, figurenes resultater er inddelt efter en skala fra 0 til 4, hvor 0 er blade uden symptomer, 1 er visnede blade, 2 er blade med halvsidig gulfarvning, 3 er halvsidige nekroser og 4 er døde blade. IC er inokkuleret, men ubehandlet kontrol, NIC er uinokkuleret og ikke behandlet kontrol. Figuren illustrer mængden af visnesymptomer på bladene i de forskellige plots, se resultaterne i Figur 17 (Mejdoub-Trabelsi and Ben Abdallah, 2016).



Figur 17 Effekt af behandlingerne, vurderet ud fra index for skadede blade

Det skal kort nævnes, at forsøget også blev udført som forsøg med fokus på tørråd. Tørrådsdelen som selvfølgelig ikke er et fokus i denne projektet, men det er relevant for forebyggelsen af fremtidige angreb med fusarium, der kan lede til visnesyge og derfor har det sin berettigelse at blive nævnt her. Resultaterne var som følgende: En enkelt af *Aspergillus* svampene kunne ikke reducere angreb fra *F. Oxysporum*, ellers var 6/10 *Aspergillus* og *Penicillium* svampe i stand til at reducere væksten af *Fusarium* svampene med mere end 42%. Indenfor *Aspergillus* svampene blev væksten af *Fusarium* svampene reduceret mellem 32,3% og 42,9% sammenlignet med *Fusarium* væksten i kontrollen. Indenfor *Penicillium* svampene blev væksten af *Fusarium* svampene reduceret mellem 44,1% og 59,6% sammenlignet med væksten af *Fusarium* i kontrollen (Mejdoub-Trabelsi and Ben Abdallah, 2016).

Efter 75 dage blev forsøgsplanternes overjordiske dele vejet og det viste sig, at 8 ud af de 10 plots med *Penicillium* og *Aspergillus* svampe vejede næsten det samme, som den ubehandlede og ikke inokkulerede kontrol. Sammenlignet med den ikke behandlede, men stadig inokkulerede kontrol, var 3 *Aspergillus* svampe (E13.11, E41.11, E60.11) og 1 *Penicillium* svamp (E29.11), så effektive at de havde mellem 36 og 46% højere vægt. De andre *Aspergillus* og *Penicillium* svampen havde mellem 11 og 35% højere vægt end den inokkulerede og ubehandlede plante. Hvis man ser på Figur 17, er der ikke et total sammenfald med de af behandlingerne som førte til de mest reducerede visnesygesymptomer, ligesom det heller ikke kan forklares ud fra forsøgsresultaterne fra tørrådsdelen af forsøget. Imellem de to hovedårer i forsøget skal det siges at E39.11 i begge forsøg, viser sig, som en meget effektiv konkurrent til *Fusarium* angrebene (Mejdoub-Trabelsi and Ben Abdallah, 2016).

### 7.3 Colletotrichum

Som med de andre svampe skal læggematerialet være sundt og fra ikke inficerede marker. God, tør og kølig opbevaring af læggematerialet sikre at der ikke opformeres mere smitte, hvis der allerede er lidt. Brug generelt mindre modtagelige sorter og brug resistente sorter i de førnævnte risikomarker (Mulder and Turkensteen, 2005, p. 86).

Forsøg har vist at azoxystrobin kan reducere *C. Coccodes* på stængler og knolde, og reducere udbyttetab (Pasche et al., 2010). At der netop er mulighed for at bruge sorter, der er resistente imod *C. Coccodes* er undersøgt i forsøg fra 2006-2008. Forsøgene blev udført i Washington, som et samarbejde mellem flere universiteter i USA, med det formål at finde ud af hvilke sorter, der kunne bruges i områder med problemer med *C. Coccodes*. Sorterne til forsøget blev udvalgt fra tidligere resistens forsøg for andre skadegørere. Forsøget bygger på naturlig infektion, med sorter hvor følsomheden for *C. Coccodes* er velkendt for at have noget at holde smittetrykket op imod. Der var flere faktorer der spillede ind og flere af sorterne blev vurderet så ustabile, at de trods tendens til resistens et eller to år, blev vurderet modtagelig, simpelthen fordi der var for store udsving, sammenlignet med de andre sorter i forsøget. Forsøget konkluderede at en håndfuld af sorterne i forsøget viste sig resistente og stabile som et gennemsnit af de tre år. Da sorterne som udgangspunkt er nummersorter og smitteracerne i USA ikke nødvendigvis er de samme som i Danmark, nævnes sorterne ikke ved navn, men forsøget illustrer at det ikke er utænkeligt at nogle af vores eksisterende sorter har resistensgener mod *C. Coccodes*. Et hurtigt tjek på sortsinformationer for kartoffelsorter i Danmark er Black Dot/ *C. Coccodes* ikke noget, der får den store opmærksomhed, men at det ikke står skrevet betyder ikke, at der ingen erfaringer er på området herhjemme (Nitzan et al., 2009).

## 8 Angreb, undersøgelser og løsning.

Som en del af praktikken hos HLB i Holland, blev der sendt nogle prøver hjemme fra Danmark, for at eksperimentere lidt med diagnosticering. Prøverne kom fra Sjælland, primært fra Lammefjorden og i det område. Prøverne blev indsamlet efter nedvisning, hvilket gjorde det hele lidt mere kompliceret, og derudover gik der relativt lang tid fra indsamling til jeg havde prøverne i Holland og kunne starte diagnosticeringen. Prøverne var fra forskellige spisesorter, hvor det ud over udbyttetab også kan

ødelægge kvaliteten af knoldene og det kan give store problemer med afsætning og priser. Til at lave undersøgelserne fik jeg hjælp fra både min vejleder og en forsker på stedet. Men disse resultater er brugt til den følgende case.

Resultaterne kan ses af Tabel 7, det er vigtigt at noterer sig, at der netop når prøverne ikke er 100% friske, og planterne allerede før indsamling var nedvisnet, vil have mange sekundære svampe kolonier, der er ved at nedbryde planten og gør diagnosticerings-arbejdet en del mere besværligt. Som en del af læringsprocessen, blev prøverne diagnosticeret flere gange i løbet af en længere vækstperiode, hvor prøver blev inkuberet på agarplader. De første diagnoser illustrerer at selv ved hjælp af mikroskop er det ikke nødvendigvis let, selvom det er en god metode. Diagnose 3 er den endelige og dermed den mest pålidelig diagnose, som også er den som blev meldt tilbage.

Helt generelt er der en tendens til at sædskifter i kartoffelproduktionen og måske specielt i spisekartoffelproduktionen er mere pressede, som giver ekstra gode forhold for mange skadegørere. Når området så også generelt har lidt dyrere jord, betyder det også tit at der er flere højværdiafgrøder, som ofte, hvis de ikke opformerer skadegørerne til hinanden, så i hvert fald heller ikke sanerer jorden. Dertil kommer, at der er et stort fokus på koetyper, kødfarve og tidlighed, som alle er vigtige parametre i produktionen af spisekartofler, men som også igennem tiden, har mindsket fokus på andre vigtige parametre, som resistenser og modtageligheder.

Tabel 7 Analyse resultater fra planteprøver

Mark	Sort	Symptomer	Diagnose 1	Diagnose 1A	Diagnose 2	Diagnose 3
15-3	Danique	Rødlige plamager på stænglerne	Phoma /Fusarium ssp.	Verticillium ssp.	Botrytis	Verticillium ssp.
15-0	Danique	Tørre hule stængler med sorte pletter både indvendigt og udvendigt.	Solani ssp.	Verticillium ssp.	Verticillium ssp.	Verticillium ssp.
5-0	Danique	Sorte pletter på tørre stængler	Phoma	Colletotrichum Coccodes	Colletotrichum Coccodes	Verticillium ssp.
5-0	Belinda	Sorte pletter på tørre stængler og en stængel blød med pletter.	Verticillium ss.	Colletotrichum Verticillium	Colletotrichum Coccodes	Verticillium ssp.
3-0	Belinda	Brunlige plamager på og i stænglen, sorte plamager og småpletter på stænglen.	Colletotrichum Coccodes	Verticillium ssp.	Colletotrichum Coccodes	Colletotrichum Coccodes

Første sort er Danique, Danique er ifølge den danske forhandler AKV en sort med flere gode resistenser, heriblandt middel resistens mod skurv, knoldskimmel og rust, men dog lidt modtagelig overfor topskimmel. Derudover er der god resistens imod virus. Ud fra sidste og mest pålidelige

diagnosticeringssvar, er Danique generelt angrebet af *Verticillium*, men det kan også være *C. Coccodes*. Det er vigtigt at få rensset ud i læggematerialet, særligt hvis der er en egen opformering på bedriften, hvilket der næsten altid er. Det kan betyde at der enten skal købes fuld mængde læggemateriale ind, som er certificeret, det bliver en meget stor post økonomisk. Det kan derfor være et bedre alternativ at købe den sædvanlige mængde ind til opformering på bedriften, og så bare holde meget stort fokus på vask og desinfektion af alt udstyr inden det kommer ind på marken med opformering. Normalt vil man sige at opformeringen skal placeres på en mark med et lidt bedre sædskifte. I dette tilfælde vil jeg mene, at der skal findes en mark, der enten ikke har fået udvekslet jord med nogle af de inficerede marker via dæk og lignende, i løbet af den sidste sæson. Ligesom marken heller ikke må have været dyrket med kartofler i, optimalt set, mere end 7 år, men da det kan være urealistisk, så bare den mark med flest frie år over 4 år, da der også vil ske et henfald. Derudover skal det måske undersøges, om der kan skaffes læggemateriale fra en sort, der er mere modstandsdygtig mod *Verticillium*, se 6.1.4, hvor forsøg viser, at selvom en reel resistens er svær at isolerer, så kan der opformeres en form for mindsket modtagelighed. Derudover er det selvfølgelig vigtigt med almindelig god pasning af afgrøden, så den ikke er stresset på grund af næringsstofmangel, for lidt eller for meget vand.

Den anden sort er Belinda, som ejes af Europlant, er meget til middel resistent overfor skimmel på både planten og knolden, men middel til lav resistens overfor skurv. Ud fra den sidste diagnosticering er Belinda generelt sværere at lave en sikker diagnosticering af. Selvom den i det ene tilfælde har stået på samme mark som den ene prøve af Danique. Det kan meget vel være en sorts forskel som gøre at symptomerne ikke udvikler sig på helt samme måde, og at der er andre svampe der har lettere ved at tage over på den døende plante. Men umiddelbart er det nok hhv. *Verticillium* og *C. Coccodes*. På mange måder betyder det at forebyggelsen og bekæmpelsen i Belinda er den samme som i Danique. Der er dog den forskel at arbejdet med at finde mere resistente sorter overfor *C. Coccodes* er lidt længere end indenfor *Verticillium*. Så meget konkret, læggematerialet og marken skal være sundt og fri for sygdomme. Maskiner og andet materiel skal gøres rent inden det kommer i kontakt med sunde marker og knolde, og planterne skal passe, så de ikke er stresset.

Som nævnt er stress for planten ensbetydende med, at den bliver mere modtagelig overfor sygdomme og skadegørere generelt. Det er blandt andet også derfor de fleste sygdomme toppe senere på sæsonen, da en ung plante, der har næring og væske nok og som har fået en god start på vækstsæsonen, har et stærkt forsvarssystem overfor mange skadegørere. Derudover er der som nogle af forsøgene tidligere i dette projekt viser, at andre skadegørere kan forværre nogle angrebene fra nogle svampe. Dermed kan man målrette sin dyrkning af jorden generelt ved at vælge efterafgrøder efter hvilke fritlevende nematoder der skal reduceres, ligesom man kan sikre sig en god omsætning i jorden og på den måde mindske svampenes mulighed for at overleve vinteren. En effektiv ukrudsstrategi kan også fjerne alternative værter for flere af sygdommene, ligesom spild kartofler er meget vigtige at få bekæmpet, også selvom det kan være meget besværligt.

## 9 Diskussion

Projektet er, som nævnt, i paradigmeafsnittet, skrevet på et naturvidenskabeligt grundlag. Det dækker over en materialistisk og objektivistisk vinkel på materialet i projektet. Det betyder, at projektet har brugt anerkendte kilder, der bygger på videnskabelige forsøg, til at undersøge aspekter og teorier i løbet af projektet. Metoden er dermed et litteraturstudie af kvalitative forsøg. Paradigmet og metoden i et projekt skal, som udgangspunkt, hører til i samme videnskabsteori for at projektet kan give mening og dermed er paradigme og metode velvalgt i forhold til hinanden. Da projektet har til formål at samle viden om observationer og målinger på planter, er det afgørende at vælge en videnskabelig grundteori, der tager afsæt i at dette er muligt, og at dette kan skabe gode og valide resultater, hvis det ikke var tilfældet, kunne projektet ikke udføres med nogen form for validitet og reliabilitet. Men da der er sammenhæng imellem videnskabsteori, epistemologi, ontologi og verdenssyn, Kuhn og Popper i dette

tilfælde, og ikke mindst projektets metode, er der altså grundlag for at argumentere at paradigme og metode til projektet har været velvalgt. Dette underbygges yderligere af kulturen og praksissen indenfor feltet.

Netop fordi metoden er velkendt og, ikke mindst anerkendt indenfor feltet, er reliabiliteten høj i projektet. Da projektet stiler efter at undersøge visnesyge og også undersøger visnesyge, med flere forskellige kilder, der som udgangspunkt er enige, er validiteten af projektet også høj. Når alle disse parametre passer sammen, og forsøgene generelt er blevet accepteret af andre forskere indenfor feltet, så er der også en acceptabel soliditet i det enkelte forsøg og dermed i det samlede projekt og dets metode.

Den lille "egen undersøgelse" som indgår i projektet, er ikke et forsøg, og skal ikke vurderes som sådan, det er vigtigt at holde fokus på, at det er en case, for at have et mere praksisnært punkt, hvorfra der kan udledes nogle mere konkrete handleplaner, som viser hvordan den indsamlede viden kan bruges. Casen eller undersøgelsen, er også med til at underbygge projektets relevans, da der ikke er ret mange danske forsøg, og ikke nogen der har været mulige at bruge i projektet, er det nødvendigt med nogle argumenter for at projektet overhovedet er berettiget. Ud over casen, stammer ideen fra projektet også fra en troværdig kilde, med mange års erfaring i den danske kartoffelproduktion.

Det leder hen til projektets relevans. Når der nu ikke er de store forsøg fra Danmark, og flere af svampene generelt bliver beskrevet som problemer under varmere og mere tørre forhold end dem vi generelt har i Danmark, hvorfor er projektet så overhovedet relevant? Men ideen til projektet stammer netop fra uventede fund af visnesymptomer rundt omkring i Danmark, ligesom undersøgelsen af danske visnesyge tilfælde illustrer, at det faktisk er et problem. Men da vi ikke kender omfanget af problemet herhjemme endnu, er det svært at sige mere præcist hvor relevant projektet er, men ifølge flere af forsøgene, brugt i analysen af problemet andre steder i verdenen, er der også anseelige udbyttetab i symptomløse tilfælde. Så hvis Danmark også i fremtiden skal være med i produktionen af både spise-, lægge- og melkartofler, skal vi også være opdateret på skadegørere, sådan at vores udbytter kan blive ved med at stige i takt med udviklingen, i både teknologi og viden. Det er også vigtigt at pointere, at de høje udbytter i den danske produktion er afgørende for den klimaeffektivitet, som kartofflen som fødevarer også står for.

På mange måder har de fleste af resultaterne været meget i tråd, med allerede eksisterende viden om andre svampe, som agerer skadegørere indenfor kartoffelproduktionen i Danmark, men også i resten af verdenen. Der er en generel tendens til, at kartoffelplanten er rigtig god til at tilpasse sig de udfordringer den bliver stillet overfor, og der er derfor ofte grundlag for at undersøge forskellige sorters evne til at modstå angreb og mindske eller helt undgå opformering af skadegørerne. Alligevel er det selvfølgelig meget vigtigt, at disse resistenser og modstandsdygtigheder bliver registreret, så det kan bruges aktivt, og så der kan viden-deles på kryds af områder og grænser. Resultaterne der viser at andre skadegørere kan forværre et angreb af en svamp, er også set før i andre afgrøder og for andre skadegørere. Det er derfor ikke overraskende, at det er blevet undersøgt, ligesom undersøgelser af patogene konkurrenter til de skadegørende svampe også er set før i andre sammenhænge. Netop andre svampe, som ikke er patogener for kartoflerne, er et fascinerende redskab i kampen mod skadegørere som visnesygesvampene, da vi i Danmark ikke for alvor, har midler godkendt til brug imod disse svampe. Derudover er det også en retning, der virker til at være lidt mere fremtidssikret i forhold til udviklingen af reglerne på området, som på mange måder gør det svært for den enkelte fødevarereproducent at opretholde de høje, klimaeffektive udbytter på deres marker.

Kilderne til projektet er hentet fra statsbiblioteket og fra troværdige hjemmesider på internettet der specialiserer sig i at udgive forskningsartikler. Disse sider oplyser om en artikel er perreviewed, altså læst og anerkendt af flere upartiske forskere, indenfor samme felt. Disse sider har den fordel, at

forskningsartikler fra et land, kan blive accepteret af anerkendte forskere i andre lande, og det er med til at øge troværdigheden i anerkendelsen eller tilbagevisningen af en artikel og dermed forsøget bagved. Kilderne er generelt fra hele verdenen, da der ikke var ret mange kilder fra landene umiddelbart omkring Danmark. Det er selvfølgelig en svaghed for projektet, at forsøgene er udført i lande og klimaer langt fra Danmark og danske forhold, men resultaterne fra disse forsøg er stadig gældende og kan sagtens bruges, netop fordi det stadig er anerkendte forskningsresultater. Det er bare vigtigt at holde for øje, at der formentligt vil være nogle andre smitteracer i Danmark end i Colombia eller i Tunesien, men derfor vil svampen stadig have potentialet til at blive lige så aggressiv og tabsgivende i Danmark. Det har i nogle tilfælde været lidt udfordrende at finde frem til gode og relevante forsøg, og projektet ville have været stærkere, hvis det var lettere at tilgå alle forskningsartikler på området, ligesom flere forsøg i klima tættere på danske forhold helt klart ville have gjort projektet fagligt stærkere.

Et af de mere overraskende resultater, er betydningen af angreb, hvor der endnu ikke symptomer. Vi kender det fra næringstofmangel, hvor man i praksis siger, at når man kan se næringsmangel med det blotte øje, så er der allerede sket et udbyttetab. Vi ved også, at det er et problem med andre svampesydomme, hvor planten kan være stresset af flere skadegørere på en gang, uden af vise konkrete symptomer, men planten bruger energi på andet end at vokse og danne knolde og derfor er der et udbyttetab uden symptomer. Det overraskende her er, at visnesvampene måske giver nogle udbyttetab som vi ikke tilkender dem, og dermed bliver det ikke taget med i vurderingen af hvor alvorligt angrebene kan være. Det er helt klart et område, hvor vi har brug for nogle danske undersøgelser, der kan give os nogle konkrete svar på hvor stort et problem det er og hvor store udbyttetabene er.

Ideen til projektet startede i 2018, hvor der netop blev set nogle visnesymptomer i en mark, hvor det ellers ikke var forventet. Det blev inspirationen til dette bachelorprojekt. Da praktikken startede allerede primo juli 2019, skulle de første forberedelser til projektet været klarer allerede inden, og derfor startede projektet reelt allerede medio juni 2019. De første store dele af projektet blev så skrevet sideløbende med praktikforløbet, til tider også i kombination med praktikforløbet, hvor undersøgelserne blev lavet hos praktikværten. Derudover var der også en del eksempler på visnesyge i Holland og der var derfor en del inspiration at hente på markbesøg og lignende. Efter hjemkomsten til Danmark, blev projektet lagt lidt på hylden, til fordel for kartoffelforsøgene på min arbejdsplads. Det har, når alt bliver lagt sammen, betydet at projektet har strakt sig over relativt lang tid. Det, at ideen er forankret i praktiske observationer, har været med til at give en lidt mere klar retning og helt sikkert givet et bedre fundament for projektet. Det at projektet ikke har været afgrænset til en visnesygdom, har til tider været en udfordring, særligt i forbindelse med strukturen og den røde tråd i projektet. At det var nødvendigt med alle 3 visnesygdomme, var klart fra starten, da det generelt er svært at skelne dem i marken og fordi det må forventes at alle 3 kan være et problem nu og i fremtiden. At projektet kunne startes allerede i sommer 2019, var en fordel på den måde, at der så netop var luft til at prioriterer det at vende tilbage til det praktiske omkring kartoffelforsøgene. Det har været med til at sikre, at det praktiske grundlag for projektet var i orden, så det ikke blev ren teori. Prøverne fra de danske visnesygetilfælde var primært for at prøve kræfter med diagnosticering, men også for at få et lille indblik i visnesyge i Danmark, igen også for at sikre relevansen af projektet. Den lange skrivepause var både en fordel og en ulempe, det kan være rigtig godt lige at komme lidt væk, og få "zoomet ud", men det gjorde det også mere udfordrende at finde tilbage i den gode rytme omkring skrivningen, og finde tilbage til de kilder, der blev læst i midten af sommeren. Så det krævede noget ekstra tid at finde alt den gode viden og alle de gode forsøg igen. Men da den lange pause var planlagt og det fra starten var klart at projektet netop ville strække sig over flere måneder, blev der lavet relativt gode noter og registreringer af kilderne løbende.

Det har nok generelt været en udfordring at finde kilder nok på området. Man skulle ikke tro at et projekt om 3 forskellige svampe kunne blive svær at udfylde med reelle data nok. Men det viste sig at selvom der er mange artikler om alle 3 svampe, så er antallet af forsøg som der reelt er adgang til og som kunne bruges i denne sammenhæng, slet ikke var så højt som forventet. Det har også gjort det mere besværligt at skrive analyserende nok, at der skulle redegøres for 3 forskellige svampe og ikke kun gåes i dybden med en svamp. Alligevel er det lykkedes da patologien netop har fyldt.

## 10 Konklusion

De tre svampe kan i teorien og på papiret sagtens skelnes fra hinanden. *Verticillium* kan kendes på den halvsidige nedvisning af bladene. *Fusarium* kan kendes på nedvisning af en stængel ad gangen og *C. Coccodes* kan kendes på nedhængende klorotiske blade, dækket af sunde, grønne blade. I praksis kræver disse mønstre symptomer, at det observeres på det rigtige tidspunkt i angrebets stadie, og at de klimatiske forhold har været optimale, for angrebets udvikling. Det er mere realistisk at møde en mark med visnesymptomer, der ikke er fuldstændig klare. Derfor kan diagnosticering være nødvendig for at blive helt sikker, det kan være helt simpelt ved at undersøge hele planten, men det kan også være ved at isolere angrebene og undersøge dem via mikroskop. Sporene kan på mange måder være mere karakteristiske end angrebets symptomer i marken, uden at det nødvendigvis er let, da svampene netop er så tæt beslægtet som de er.

Svampene kan kun til dels bekæmpes med fungicider, men de forebyggende metoder er umiddelbart det mest effektive generelt. Selvom det naturligvis er en forsimpning af problemet, bare at undgå det helt. Men de forebyggende metoder kan bruges som bekæmpelsesmiddel på bedrifts niveau. Som nævnt flere gange, så er et sundt læggemateriale og sædskifte altafgørende for at undgå angreb. Derudover skal planterne have næring og væske nok, da de ellers bliver stresset og dermed bliver mere modtagelige overfor skadegørere generelt.

At visnesyge er et problem, der skal tages hånd om, viser sig blandt andet ved at det netop er de forebyggende metoder, der er de bedste. Der er eksempler og tendenser til at problemet med visnesvampe er et større problem herhjemme, end det umiddelbart er forventet. Derfor skal den mere målrettede forebyggelse i gang, inden der f.eks. ikke er sunde marker at skifte til. Udbyttetabene er som beskrevet og undersøgt i løbet af dette projekt anseelige og derfor er der også økonomiske argumenter, for at forebyggelsen skal startes. Derudover er det også miljøperspektiver i at forebygge angrebene, da udbyttetab betyder en mindre miljøeffektiv produktion.

I praksis er de forebyggende metoder for visnesyge også generelle forebyggelsesmetoder og er dermed bare endnu et argument for at benytte sig af disse metoder for at øge udbyttet generelt. Det betyder også, at der er brug for disse modstandsdygtige og resistente sorter. Det er, som beskrevet, ikke noget der er fokus på i sortsbeskrivelserne, men det vil være et stærkt værktøj, som allerede bruges til at forebygge andre skadegørere. Det kan blive et stort og langsommeligt projekt at udvikle disse sorter, men som det er illustreret i projektet, kan modstandsdygtighed isoleres på et par vækstsæsoner, og da problemet er større i andre lande, som f.eks. Holland, er det muligt, de allerede er ved at udvikle disse sorter. Det er ikke ensbetydende med, at det er de præcis samme smitteracer i Holland, som der er i Danmark, men lidt modstandsdygtighed kan også være en hjælp. Emnet eller alle svampene generelt, har brug for mere opmærksomhed som skadegørere i den danske kartoffelproduktion.

## 11 Litteraturliste

- De Silva, D.D., Crous, P.W., Ades, P.K., Hyde, K.D., Taylor, P.W.J., 2017. Life styles of *Colletotrichum* species and implications for plant biosecurity. *Fungal Biology Reviews* 31, 155–168.  
<https://doi.org/10.1016/j.fbr.2017.05.001>
- Evert, R.F., Eichhorn, S.E., 2013. *Raven Biology of plants*. W. H. Freeman.
- García Bayona, L., Grajales, A., Cárdenas, M.E., Sierra, R., Lozano, G., Garavito, M.F., Cepero de García, M.C., Bernal, A., Jiménez, P., Restrepo, S., 2011. Isolation and characterization of two strains of *Fusarium oxysporum* causing potato dry rot in *Solanum tuberosum* in Colombia. *Rev Iberoam Micol* 28, 166–172. <https://doi.org/10.1016/j.riam.2011.03.007>
- Gomez-Alpizar, L., 2001. *Verticillium dahliae* [WWW Document]. NC state University. URL <https://projects.ncsu.edu/cals/course/pp728/Verticillium/Vertifin.htm> (accessed 7.10.19).
- Howard, R.J., Garland, J.A., Seaman, W.L., 1994. *Diseases and Pests of Vegetable Crops in Canada 1994*, 54.
- Isaac, I., Harrison, J.A.C., 1968. The symptoms and casual agents of early-dying disease (*Verticillium* wilt) of potatoes. *Ann. Appl. Biol.* 61: 231-244.
- Joaquim, T., 1991. Vegetative Compatibility and Virulence of Strains of *Verticillium dahliae* from Soil and Potato Plants. *Phytopathology* 81. <https://doi.org/10.1094/Phyto-81-552>
- Klimes, A., Amyotte, S.G., Grant, S., Kang, S., Dobinson, K.F., 2008. *Microsclerotia* development in *Verticillium dahliae*: Regulation and differential expression of the hydrophobin gene VDH1. *Fungal Genetics and Biology* 45, 1525–1532. <https://doi.org/10.1016/j.fgb.2008.09.014>
- Manici, L.M., Cerato, C., 1994. Pathogenicity of *Fusarium oxysporum* f.sp.tuberosi isolates from tubers and potato plants. *Potato Research* 37, 129–134. <https://doi.org/10.1007/BF02358713>
- Mejdoub-Trabelsi, B., Ben Abdallah, R.A., 2016. Bio-suppression of *Fusarium* Wilt Disease in Potato Using Nonpathogenic Potato-associated Fungi. *Journal of Plant Pathology & Microbiology* 07. <https://doi.org/10.4172/2157-7471.1000347>
- Mulder, A., Turkensteen, L.J., 2005. *Potato diseases : diseases, pests and defects* [WWW Document]. URL <https://www.worldcat.org/title/potato-diseases-diseases-pests-and-defects/oclc/225160614> (accessed 8.23.19).
- Nitzan, N., Evans, M., F. Cummings, T., Johnson, D., L. Batchelor, D., Olsen, C., G. Haynes, K., Brown, C., 2009. Field Resistance to Potato Stem Colonization by the Black Dot Pathogen *Colletotrichum coccodes*. <https://doi.org/10.1094/PDIS-93-11-1116>
- Pasche, J.S., Taylor, R.J., Gudmestad, N.C., 2010. Colonization of Potato by *Colletotrichum coccodes*: Effect of Soil Infestation and Seed Tuber and Foliar Inoculation,. Department of Plant Pathology, North Dakota State University,.
- R. Gordon, T., 2017. *Fusarium oxysporum* and the *Fusarium* Wilt Syndrome. <https://doi.org/10.1146/annurev-phyto-080615-095919>
- Radtke, W., Rieckmann, W., Brendler, F., 2000. *Kartoffel - Krankheiten - Schädlinge - Unkräuter*. Verlag Th. Mann - Gelsenkirchen, Gelsenkirchen-Buer.
- Salman, A., Shufan, E., Tsrer, L., Moreh, R., Mordechai, S., Huleihel, M., 2014. Classification of *Colletotrichum coccodes* isolates into vegetative compatibility groups using infrared attenuated total reflectance spectroscopy and multivariate analysis. *Methods* 68, 325–330. <https://doi.org/10.1016/j.ymeth.2014.02.021>
- Scholte, K., 1989. Synergistic interactions between *Rhizoctonia solani* Kijhn, *Verticillium dahliae* Kleb., *Meloidogyne* spp. and *Pratylenchus neglectus* (Rensch) Chitwood & Oteifa, in potato. *Potato Research* 9.
- Sebastiani, L., Lenzi, A., Pugliesi, C., Fambrini, M., 1994. Somaclonal variation for resistance to *Verticillium dahliae* in potato (*Solanum tuberosum* L.) plants regenerated from callus. *Euphytica* 80, 5–11. <https://doi.org/10.1007/BF00039292>
- Termorshuizen, A.J., 2007. Chapter 29 - Fungal and Fungus-Like Pathogens of Potato, in: Vreugdenhil, D., Bradshaw, J., Gebhardt, C., Govers, F., Mackerron, D.K.L., Taylor, M.A., Ross, H.A. (Eds.), *Potato Biology and Biotechnology*. Elsevier Science B.V., Amsterdam, pp. 643–665. <https://doi.org/10.1016/B978-044451018-1/50071-3>



Zeise, K., Tiedemann, A.V., 2002. Host Specialization among Vegetative Compatibility Groups of *Verticillium dahliae* in Relation to *Verticillium longisporum*. *Journal of Phytopathology* 150, 112–119. <https://doi.org/10.1046/j.1439-0434.2002.00730.x>

## 12 Bilag

### 12.1 Bilag 1

# Logbog for vejledning BA

Dato	Emne/ spørgsmål	Svar /noter
20/9	<p>Oversættelse af fagtermer som leaf axil, aerial bud osv.</p> <p>Fodnote, parentes eller noget andet til teknisk info – herefter henvises til v. dahlia og v. albo-atrum når der skrives verticillium, medmindre andet er anført. Et ord for krav til miljø, ernæringstrategi og infektionsvej Sidetal på kilder?</p> <p>Opsætning – foreløbig fordeling.</p> <p>Arbejdsplan for resten af semesteret. Praktik rapport</p>	<p>Brug det til dels, hvis biologiske fagtermer ikke kan oversætte det.</p> <p>Evt forkortelsesliste i starten. Definer gerne fusarium og brug det. Skriv det alm, evt i metode. Tolerance til fysiske faktorer. Artikler ikke nødvendigt. Ved bøger er det nødvendigt.</p> <p>Husk at inddrage modeller og forsøg i diskussionen. Ellers lav et afsnit til forsøg samlet. Sammenkæd opgaver med læringsmål</p>
	<p>Hvor små undereafsnit er det ok at have ? Se "knoldsymptomer". x</p> <p>Forskkel på afsnittenes størrelse, forebyggelse eks. Fusarium. Den røde tråd Forhold mellem analyse og redegørelse. x Hvor mange afsnit og kapitler? x Paradigme og metode afsnit? x Problemformulering. X</p>	<p>Lig forebyggelse og bekæmpelse sammen</p> <p>Ok OBS meta kommunikation godt med lidt mere praktisk indsigt for at illustrer kompetencer. Diskussion – må gerne være meget lang da der ikke er lavet ret mange delkonklusioner.</p>
3/12 Pr. mail	<p>De sidste tekniske detaljer og kontrol at forståelse af opgavekrav. Længde af resume Krav om hypotese</p>	<p>½-1 side Nej</p>