



Sveriges lantbruksuniversitet
Swedish University of Agricultural Sciences

Institutionen för skoglig mykologi och
växtpatologi

Rotsjukdomar på tomat

Växtskyddsåtgärder för bekämpning av *Pyrenochaeta lycopersici* och *Fusarium oxysporum* f.sp. *radicis-lycopersici* på ekologisk tomat

Stina Moritz

Institutionen för skoglig mykologi och växtpatologi
Agronomprogrammet - mark/växt
Kandidatarbete 15 hp
Uppsala 2017

Rotsjukdomar på tomat

Växtskyddsåtgärder för bekämpning av *Pyrenochaeta lycopersici* och *Fusarium oxysporum* f.sp. *radicis-lycopersici* på ekologisk tomat –

Stina Moritz

Handledare: Hanna Friberg, SLU/inst. för skoglig mykologi och växtpatologi

Examinator: Paula Persson, SLU/inst. för växtproduktionsekologi

Omfattning: 15 hp

Nivå och fördjupning: Grund

Kurstitel: Självständigt arbete i biologi -
kandidatarbete Kurskod: EX0689

Program/utbildning: Agronomprogrammet - mark/växt

Utgivningsort: Uppsala

Utgivningsår: 2017

Elektronisk publicering: <http://stud.epsilon.slu.se>

Nyckelord: korkrot, fusarium rot- och stambasröta, växtpatogen,
antagonist, inokulum, växthus.

Sveriges lantbruksuniversitet
Swedish University of Agricultural Sciences

Institutionen för skoglig mykologi och växtpatologi

Sammanfattning

Jordburna växtpatogener kan orsaka stora skörd- och kvalitetsförluster i växthusproduktion. Korkrot orsakat av *Pyrenochaeta lycopersici* och fusarium rot- och stambasröta orsakat av *Fusarium oxysporum* f.sp. *radicis-lycopersici* (Forl) är de viktigaste rotsjukdomarna på tomat.

Korkrot och fusarium rot- och stambasröta förekommer i ekologisk växthusodling där samma jord har använts under en längre tid. Det leder till att växtpatogena svampar uppförökas under tid. En ytterligare orsak som leder till en ökning av de växtpatogena populationerna i jorden är den korta eller obefintliga växtföljden i växthus.

Denna litteraturstudie sammanställer information om växtskyddsåtgärder som begränsar rotsjukdomar och hur dessa åtgärder fungerar i ett ekologiskt odlingsystem i växthus. Vetenskapliga artiklar har använts för framtagning av information om orsakande patogener och om olika växtskyddsåtgärder samt hur de olika växtskyddsåtgärderna påverkar *Pyrenochaeta lycopersici* och *Forl*. Information angående vilka växtskyddsåtgärder som kan rekommenderas i dagsläget kommer ifrån Jordbruksverket och muntlig kommunikation med en rådgivare inom ekologisk produktion.

Pyrenochaeta lycopersici är en svag konkurrent mot andra mikrober. *P. lycopersici* angriper levande rötter och överlever senare på döda rötter som mikrosklerotier. När mikrosklerotierna gror produceras mycel som penetrerar tomatrotens epidermis och bruna korkliknande förtjockningar uppstår på rötterna.

Fusarium oxysporum f.sp. *radicis-lycopersici* (Forl) angriper tomatplantan genom naturliga öppningar och rotsår och det uppstår en brunfärgad röta i rot- och stambas. Symptom som *Forl* orsakar på tomatplanta är förutom röta på stam och rötter, ett reducerat och försvagat rotsystem, vissnesymptom, försämrad tillväxt, gulnande vävnad och missfärgning av ledningsvävnaden. Kraftiga angrepp kan leda till att tomatplantan vissnar helt eller till en försämring av tomatkvalitén. *Forl* är en jordlevande patogen som även kan spridas med luft och vatten.

Växtskyddsåtgärder som hämmar både korkrot och fusarium rot- och stambasröta är ympning av ädelsorter av tomat på motståndskraftiga grundstammar, tillförsel av kompost och bioångning med hjälp av *Brassica juncea*. Kompostering har en hämmande effekt på *Forl* men inte på *P. lycopersici*. Vissa biologiska preparat av antagonistiska mikroorganismer kan ha en hämmande effekt på korkrot och fusarium rot- och stambasröta men det behövs fortsatt utveckling av produkter med förbättrade formuleringar för att preparaten ska bli mer effektiva. Även arbuskulär mykorrhiza har en hämmande effekt på fusarium rot- och stambasröta.

Rotsjukdomar bekämpas effektivt när flera växtskyddsåtgärder kombineras. Förslag på fortsatta studier är studier av kombinationer av olika växtskyddsåtgärder för bekämpning av korkrot och fusarium rot - och stambastöra.

Nyckelord: korkrot, fusarium rot- och stambasröta, växtpatogen, antagonist, inokulum, växthus.

Abstract

Soilborne plant pathogens can cause major quality and yield losses in greenhouse production. Corky root rot caused by *Pyrenochaeta lycopersici* and fusarium foot and root rot caused by *Fusarium oxysporum* f.sp. *radicis-lycopersici* (Forl) are the the most important root diseases of tomato.

Corky root rot and fusarium foot and root rot are problematic in organic greenhouse cultivation where the same soil has been used for a long period of time. The pathogens will multiply when the soil is not changed. Another reason for the increase of plant pathogenic populations in the soil is the short or non-existing crop rotation in the greenhouse.

This literature study describes plant protection measures for limitation of root diseases that can be used in an organic greenhouse production. Scientific papers have been used to provide information about the pathogens and on various plant protection measures and how the various plant protection measures affect *P. lycopersici* and *Forl*. Information on which plant protection measures that are recommended at present was provided by the Swedish Board of Agriculture and through communication with an organic production advisor.

Pyrenochaeta lycopersici is a poor competitor to other microbes. *P. lycopersici* infects living roots and survives on dead roots as microsclerotia. When the microsclerotium grows it produces mycelium which penetrates the epidermis of the tomato root and brown cork-like thickenings are formed on the roots.

Fusarium oxysporum f.sp. *radicis-lycopersici* (Forl) infects the tomato plant through natural openings and wounds in the root and a brownish rot develops in the root and stem. Symptoms that *Forl* causes on tomato plants except rot in the root and stem are reduced root systems, degraded plant growth, yellowing and discoloration of the plants tissue. Infection can cause the tomato plant to wilt or deteriorate the tomato quality. *Forl* is a soil-borne root pathogen that can also spread by air and water.

Plant protection measures that suppress both corky root rot and fusarium foot and root rot are grafting on rootstocks, adding of organic material and biofumigation with *Brassica juncea*.

Composting have a suppressive effect on *Forl* but not on *P. lycopersici*. Some biological control products with antagonistic microorganisms may have a suppressive effect on corky root rot and fusarium foot and root rot, but further development of biological control products with improved formulations are required. Arbuscular mycorrhiza has a suppressive effect on fusarium foot and root rot.

Root diseases are effectively suppressed when several plant protection measures are combined. Suggestions for further studies are studies of different combinations of plant protection measures that suppress corky root rot and fusarium foot and root rot.

Keywords: corky root rot, fusarium foot and root rot, plant pathogen, antagonist, inoculum, greenhouse.

Innehållsförteckning

Tabellförteckning	7
Figurförteckning	8
Förkortningar	9
1 Inledning	10
1.1 Bakgrund	10
1.1.1 Problembakgrund	11
1.1.2 Problem	11
1.2 Syfte och frågeställningar	12
1.2.1 Forskningsfrågorna	12
1.2.2 Avgränsningar av arbetet	12
2 Metod	13
2.1 Litteraturstudie	13
2.2 Datainsamling	13
3 Resultat	14
3.1 Korkrot <i>Pyrenochaeta lycopersici</i>	16
3.1.1 Biologi	16
3.1.2 Angrepp på tomat och symptom	17
3.1.3 Diagnos	18
3.2 Fusarium rot- och stambasröta <i>Fusarium oxysporum</i> f.sp. <i>radicis-lycopersici</i>	19
3.2.1 Biologi	19
3.2.2 Spridning	20
3.2.3 Angrepp på tomat och symptom	21
3.2.4 Diagnos	22
3.3 Växtskyddsåtgärder	23
3.3.1 Odlingstekniska åtgärder	23
3.3.2 Resistent sorter och ympning	24
3.3.3 Jordbyte	26
3.3.4 Jordförbättrande åtgärder	27
3.3.4.1 Tillförsel av organiskt material och växtnäring	28
3.3.4.2 Marktäckning	31
3.3.4.3 Bioångning	32

3.3.4.4	Anaerob jorddesinfektion	33
3.3.4.5	Mellangrödor	33
3.3.4.6	Kompostering	35
3.3.4.7	Solarisering	35
3.3.5	Värmeångning	36
3.3.6	Mikrober med antagonistisk verkan	37
3.3.6.1	Svampar	37
3.3.6.2	Bakterier	39
3.3.6.3	Svampätande nematoder	41
4	Diskussion	42
5	Slutsats	45
	Referenslista	48

Tabellförteckning

Tabell 1. Växtskadegörare som angriper tomat i Sverige	15
Tabell 2. Motståndskraftiga grundstammar	26

Figurförteckning

<i>Figur 1. Pyrenochaeta lycopersici livscykel.</i>	16
<i>Figur 2. Tomatrot med korkrotssymptom (Foto: Hanna Friberg, SLU)</i>	17
<i>Figur 3. Fusarium oxysporum f.sp. radicis-lycopersici livscykel.</i>	20

Förkortningar

Europeiska unionen (EU)

Polymeraskedjereaktion (PCR)

Fusarium oxysporum f.sp. *lycopersici* (Fol)

Fusarium oxysporum f.sp. *radicis-lycopersici* (Forl)

1 Inledning

1.1 Bakgrund

Vid ekologisk produktion av tomat i växthus kan det ibland uppstå problem med rotsjukdomar. Rotsjukdomar tros vara en viktig anledning till att tomatkördarna inte når de nivåer som skulle kunna förväntas vid växthusodling (Forsberg et al. 1999).

Analys av jord för att se vilka växtpatogener den innehåller kan ge information om rotsjukdomens omfattning och allvarlighetsgrad. Denna information kan användas för att fatta beslut om växtskyddsåtgärder.

Växtsjukdomar kan bekämpas genom att minska mängden inokulum eller påverka patogenens förmåga att infektera värdväxten (McGovern 2015). Mängden inokulum kan minska om åtgärder vidtas innan plantering för att kontrollera rotsjukdomen (Gamliel & van Bruggen 2016). Minskning av mängden initialt inokulum är en växtskyddsåtgärd som används i ekologiska odlingssystem genom att tillämpa en varierad växtföljd i största möjliga mån. Även bortförsl av infekterade plantor och växtrester samt rengöring innan plantering minskar mängden initialt inokulum. Andra åtgärder kan vara att desinficera jorden och använda friskt utsäde och plantmaterial. Även optimal bevattning och solarisering kan användas som växtskyddsåtgärder. Att hindra patogenen från att infektera plantan är också en metod som kan tillämpas för att bekämpa rotsjukdomar (van Bruggen & Finckh 2016). Biologisk bekämpning av patogener kan ske genom förbättring av miljön för antagonister, parasiter och mikrober som konkurrerar om näringsämnen eller att specifika konkurrenter, antagonister eller parasiter tillsätts (Letourneau & van Bruggen 2006).

1.1.1 Problembakgrund

I ekologiska system ska en stor del av växtnäringen komma via jorden. Därför är inte hydrokultur tillåtet vid ekologisk odling av tomat (KRAV 2017). Hydrokultur är odling i biologiskt inaktiva material såsom grus, perlit eller mineralull där näringslösning tillförs (Winter 2009).

Att odla i jord kan medföra problem med jordburna växtpatogener. I växthusproduktion är växtföljden kort eller oftast obefintlig och detta medför en uppförökning av växtpatogena populationer i jorden (Gamliel & van Bruggen 2016). I ekologisk växthusproduktion kan jordburna växtpatogener orsaka stora skörd- och kvalitetsförluster (Gamliel & van Bruggen 2016).

1.1.2 Problem

Korkrot orsakat av *Pyrenochaeta lycopersici* och fusarium rot- och stambasröta orsakat av *Fusarium oxysporum* f.sp.*radicis-lycopersici* (Forl) är de viktigaste rotsjukdomarna på tomat (Hasna et al. 2009; Ozbay & Newman 2004).

Korkrot och fusarium rot- och stambasröta är jordburna sjukdomar på tomat och förekommer i ekologisk växthusodling där samma jord har använts under en längre tid. Efter tre till fem års odling i samma jord uppstår ofta problem med slokande plantor, dålig fruktsättning och fruktstorlek (Ögren et al. 2000).

P. lycopersici uppförökas i jord som används år efter år om åtgärder inte vidtas. Efter fem till sex år är infektionstrycket stort och det sker en märkbar skördereduktion (Forsberg et al. 1999; Hansson et al. 2007; Ögren 2007). Korkrot är vanligt i växthusodlad tomat och kan ge stora ekonomiska förluster (Minuto et al. 2006). Vid korkrotsangrepp är det vanligt med skördeförlust på 30 - 40 % men det kan bli 75 % skördeförlust vid kraftiga angrepp (Forsberg et al. 1999).

Fusarium rot- och stambasröta är en av de mest allvarliga jordburna sjukdomarna på tomater i växthus (Szczechura et al. 2013). Fusarium rot- och stambasröta har visat sig kunna minska tomatskörden i växthus i flera länder (Liu et al. 2010). Skördereduktion orsakat av fusarium rot- och stambasröta i växthus uppskattas variera mellan 20 - 50 % (Rowe & Farley 1981). Skördeförlusten kan dock bli högre, i Tunisien år 2000 - 2001 orsakade fusarium rot- och stambasröta skördeförlust på upp till 90 % i vissa växthus (Hibar et al. 2007).

Korkrot är en av de allvarligaste svampsjukdomarna som angriper tomat i ekologisk tomatproduktion i Sverige (Hansson et al. 2007). Studier gjorda i samråd med ekologiska tomatodlare har visat att korkrot är ett problem i ekologisk tomatodling i Sverige (Hasna 2007). Vid en inventering i Sverige av tomatplantor med vissnesymptom från ett tjugotal ekologiska växthusodlingar förekom både korkrot och

fusarium rot- och stambasröta men korkrot var mer vanligt förekommande (Forsberg et al. 1999). Vid en inventering utförd av Jordbruksverket år 1998 förekom det kraftiga korkrot symptom i 13 av 16 ekologiska tomatodlingar (Hansson et al. 2007). Eftersom det finns ett problem med korkrot i ekologisk tomatodling är odlare i behov av information om växtskyddsåtgärder som kan begränsa *P. lycopersici* och fungera i odlingsförhållandena som råder i Sverige (Hasna 2007).

1.2 Syfte och frågeställningar

Syftet med det här arbetet är att beskriva patogenerna som orsakar korkrot och fusarium rot- och stambasröta på tomat, hur patogenerna angriper tomaten och vilka symptom som uppstår samt att beskriva olika möjliga bekämpningsåtgärder för de två växtpatogenerna som kan användas inom ekologisk produktion.

1.2.1 Forskningsfrågorna

- Vad har korkrot och fusarium rot- och stambasröta för livscykel?
- Hur angriper *Pyrenochaeta lycopersici* och *Fusarium oxysporum* f.sp.*radicis-lycopersici* tomatplantor och vilka symptom uppstår?
- Vilka metoder finns för att begränsa korkrot och fusarium rot- och stambasröta?
- Vilka metoder för begränsning av korkrot och fusarium rot- och stambasröta kan fungera i ett ekologiskt odlingssystem i växthus?

1.2.2 Avgränsningar av arbetet

Korkrot orsakat av *Pyrenochaeta lycopersici* och fusarium rot- och stambasröta orsakat av *Forl* är de viktigaste rotsjukdomarna på tomat (Hasna et al. 2009; Ozbay & Newman 2004). Dessa två sjukdomar har därför valts ut att ligga i fokus i denna litteraturstudie. Studien inkluderar även en kortare sammanställning av andra sjukdomar på tomat. De växtskyddsåtgärderna som inkluderats kan användas mot korkrot och fusarium rot- och stambasröta och fokuserar på åtgärder som kan tillämpas i ett ekologiskt odlingssystem i växthus i Sverige.

2 Metod

2.1 Litteraturstudie

Vetenskapliga artiklar har använts för framtagning av information om olika växtskyddsåtgärder samt hur de påverkar *P. lycopersici* och *Forl*. Information från Jordbruksverket har använts för att ta reda på vilka växtskyddsåtgärder mot *P. lycopersici* och *Forl* som kan tänkas fungera under svenska odlingsförhållandena. Information angående vilka växtskyddsåtgärder som rekommenderas i dagsläget kommer dels från skrifter från Jordbruksverket, dels genom muntlig kommunikation med en yrkesverksam rådgivare: Elisabeth Ögren som är rådgivare inom ekologisk produktion på Jordbruksverket.

2.2 Datainsamling

Data har samlats in från vetenskapliga artiklar, via sökmotorerna Google Scholar och Web of Science. Data har även samlats in från Jordbruksverket och KRAV samt genom muntlig kommunikation med rådgivare Elisabeth Ögren (Jordbruksverket).

3 Resultat

Tomat kan angripas av flera olika växtpatogena nematoder, svampar, bakterier och virus (Tabell 1). Bland de växtpatogena svamparna finns ett flertal som är jordburna.

Fusarium oxysporum som angriper tomat är uppdelad i två olika *formae speciales* (f.sp.) *F. oxysporum* f.sp. *lycopersici* och *F. oxysporum* f.sp. *radicis-lycopersici*. De två formerna skiljer sig åt i sin biologi och i de skador de orsakar på växten (Kim et al. 2001; Kristler 1997).

Tabell 1. Växtskadegörare som angriper tomat i Sverige (Jordbruksverket 2001; Hansson et al. 2007).

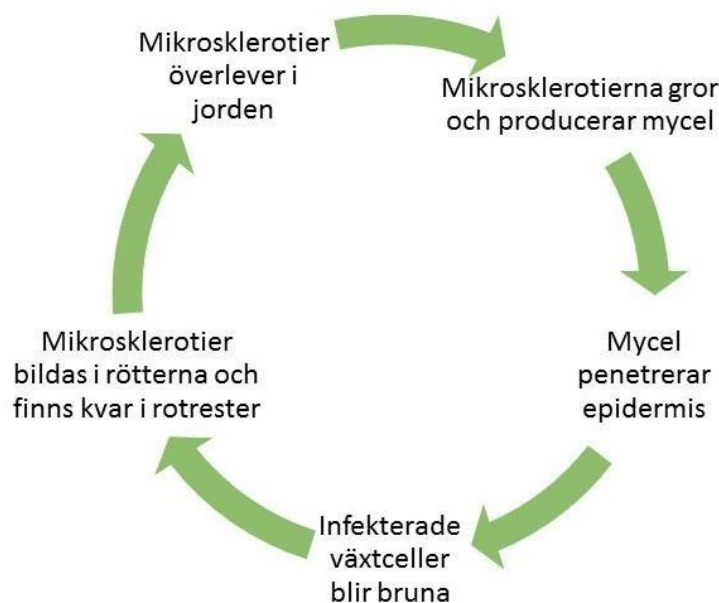
Nematoder	
Rotgallnematod	<i>Meloidogyne spp.</i>
Gul potatiscystnematod	<i>Globera rostochiensis</i>
Svampsjukdomar	
Pulverskorv	<i>Spongospora subterranea</i>
Rotröta	<i>Pythium sp.</i>
Rothalsröta	<i>Phytophthora sp.,</i>
Rot- och stambasröta	<i>Rhizoctonia solani</i>
Vissnesjuka	<i>Verticillium albo-atrum</i>
Kransmögel	<i>Verticillium dahliae</i>
Fusarium vissnesjuka	<i>Fusarium oxysporum f. sp. lycopersici</i>
Fusarium rot- och stambasröta	<i>Fusarium oxysporum f. sp. radialis – lycopersici</i>
Tomatkräfta	<i>Didymella lycopersici</i>
Gråmögel	<i>Botrytis cinerea</i>
Sammetfläcksjuka	<i>Cladosporium spp.</i>
Bladfläcksjuka	<i>Alternaria solani/Septoria lycopersici</i>
Tomatmjöldagg	<i>Oidium lycopersici</i>
Korkrot	<i>Pyrenochaeta lycopersici</i>
Bakteriesjukdomar	
Märgnekros	<i>Pseudomonas corrugata</i>
	<i>Pseudomonas syringae pv. tomato</i>
Gulbakterios	<i>Clavibacter michiganensis subsp. michiganensis</i>
Virussjukdomar	
Tomatmosaikvirus	
Potatisvirus X	
Potatisvirus Y	
Pepinovirus	
Bronsfläcksjuka	

3.1 Korkrot *Pyrenochaeta lycopersici*

3.1.1 Biologi

Pyrenochaeta lycopersici har förmåga att växa saprotrofiskt, och kan odlas på näringsmedium i laboratorium. Den är dock en svag konkurrent mot andra mikrober, och det är oklart i vilken utsträckning den kan tillväxa saprotrofiskt i jordmiljön. På grund av den svaga konkurrensförmågan har den klassificerats som en obligat parasit (Shishkoff & Campbell 1990).

P. lycopersici angriper levande rötter och överlever senare på döda rötter (Figur 1). *P. lycopersici* överlever som värme och torktåliga mikrosklerotier på rotrester i jorden (Forsberg et al. 1999). Mikrosklerotier gror troligen vid närvaro av rotexudat från en värdväxt. När mikrosklerotierna gror bildas mycel som penetrerar tomatrotens epidermis. Infekterade växtceller i roten blir bruna och en brun röta uppstår (Hasna 2007).



Figur 1. *Pyrenochaeta lycopersici* livscykel

Att åtgärda korkrot med hjälp av varierad växtföljd kan vara svårt eftersom *P. lycopersici* har en relativt bred värdkrets (Grove & Campbell 1987, refererad i Hasna 2007). Andra värdväxter än tomat är gurka, melon, squash och paprika (Forsberg et al. 1999; Hansson et al. 2007; Ögren 2007).

3.1.2 Angrepp på tomat och symptom

Vid korkrotsangrepp uppstår skador på tomatplantornas rotsystem vilket leder till ett försämrat upptag av vatten och näringsämnen (Goodenough & Maw 1973). *Pyrenochaeta lycopersici* angriper rotspetsar och tomatplantans adventivrötter ruttar. Primära symptom är bruna till gråbruna nekrotiska prickar och fläckar på rötterna (Ögren et al. 2000). Nekrotiska fläckar blir synliga på angripna rötter efter 5 veckor. Senare på säsongen, 10 - 12 veckor efter plantering blir rötter angripna av *P. lycopersici* brunare och tjockare än normalt (Forsberg et al. 1999). Karaktäristiska symptom för korkrot är att större rötter blir korkliknande (Figur 2). Vidare infektion kan leda till längsgående sprickor som skadar rotsystemet och försämrar upptaget av vatten och näringsämnen (Forsberg et al. 1999; Goodenough & Maw 1973).

De första synliga tecknen ovan jord på att en tomatplanta är infekterad av *P. lycopersici* är förlorad vigör, vissnesymptom och minskad tillväxt (Goodenough & Maw 1973). Angripna tomatplantorna får tunna stjälkar, slokar och gulnar samt att tomatplantor fläckvis får dålig tillväxt (Hansson et al. 2007; Forsberg et al. 1999). Tomatplantans blad kan även utveckla kloros och bladen kan så småningom falla till marken (Goodenough & Maw 1973). Kraftiga korkrotssymptom kan ses efter 17 - 21 veckor och tillväxtstörning orsakad av korkrotsangrepp blir tydlig vid fruktsättning och tomatplantorna producerar även mindre och färre frukter. Korkrotsangripna tomatplantor har oftast endast stora rötter kvar på hösten då resten av rotsystemet har ruttnat och ytterbarken på rötterna har fallit bort (Forsberg et al. 1999).



Figur 2. Tomatrot med korkrotssymptom (Foto: Hanna Friberg, SLU)

3.1.3 Diagnos

Korkrot är en jordburen rotsjukdom och tydliga symptom uppträder inte förrän 17 - 21 veckor efter plantering (Forsberg et al. 1999). Tomatodlare är därför i ett behov av tillförlitliga diagnosmetoder för att fastställa korkrotsinfektion i ett tidigt stadie (Hasna 2007; Hansa et al. 2009).

Molekylär analys av jorden med hjälp av PCR är en möjlig metod som kan användas för att detektera och kvantifiera mängden *P. lycopersici* i odlingsjorden. PCR analys ger inte direkt information om hur allvarligt ett korkrotsangrepp kommer att bli, eftersom angreppsgraden även beror av växtens försvar och påverkan från den omgivande miljön. PCR analys kan användas för att ta reda på om tomatplantan är infekterad av *P. lycopersici* innan det uppstår synliga symptom och vid otydliga symptom. På så sätt kan PCR analys användas för att fastställa att tomatplantan är infekterad och åtgärder kan vidtas i ett tidigt stadie. Däremot medför PCR analys en extra kostnad för tomatodlare (Hansa et al. 2009).

3.2 Fusarium rot- och stambasröta *Fusarium oxysporum* f.sp. *radicis-lycopersici*

3.2.1 Biologi

Fusarium rot- och stambasröta orsakas av svampen *Fusarium oxysporum* f.sp. *radicis-lycopersici* (Forl). Forl är en jordburen saprofytisk svamp som förekommer i rhizosfären hos många olika växter (Szczuchura et al. 2013).

Forl producerar tre typer av asexuella sporer- makrokonidier, mikrokonidier och klamydosporer. Klamydosporer kan överleva i jorden i flera år även vid avsaknad av värdväxt och är därför viktiga för patogenens övervintringsförmåga (Figur 3) (McGovern 2015).

Forl makrokonidier är gulorange till rosa och bildas på de lägre delarna av stammen (Zhang et al. 2011). Stora mängder makrokonidier kan produceras på tomatplantans stam (Rekah et al. 2000). Det kan bildas vitt mycel och gulorange konidier på de nekrotiska delarna av stammen (McGovern & Datnoff 1992). Makrokonidierna sprids lätt till andra tomatplanator i växthuset (Forsberg et al. 1999). Mikrokonidier bildas i nekrotisk vävnad (McGovern & Datnoff 1992) Mikrokonidier producerade av Forl kan spridas med luft (Zhang et al. 2011; Rekah et al. 2000; Nilsson & Åhman 1991; Sherf & MacNab 1986). Forl kan även sprida konidier med vatten (Zhang et al 2011; Forsberg et al 1999; Nilsson & Åhman 1991). När sporer når jorden utvecklas mycel (Sherf & MacNab 1986). Mycel från Forl kan överleva saprofytiskt på växtrester och alternativa värdväxter. Klamydosporer bildas i jorden i makrokonidier eller hyfer när Forl utsätts av stress som ofördelaktig miljö och frånvaro av värdväxt som leder till näringsbrist. De har en tjock och hård cellvägg och dess cytoplasma innehåller mycket näring (Smith 2007). Klamydosporer är en inkulumkälla för tomater som odlas i jord (Sherf & MacNab 1986). När det är en fördelaktig miljö för patogenen och när det finns en värdväxt groor klamydosporer och producerar hyfer (Smith 2007).

Forl har ett brett värdväxtspektrum. Vissa värdväxter visar symptom medan andra är symptomfria. Värdväxter är tomat (*Lycopersicon* spp.), flerårig spanskpeppar (*Capsicum frutescens*), aubergine (*Solanum melongena*), sötvedel (*Astragalus glycyphyllos*), ärt (*Pisum sativum*), klöver (*Trifolium* spp.), bondböna (*Vicia faba*), beta (*Beta vulgaris*) och spenat (*Spinacia oleracea*) (McGovern 2015), böna (*Phaseolus vulgaris*), gurka, (*Cucumis sativus*) (McGovern 2015; Rowe 1980) magngold (*Beta vulgaris* subsp. *vulgaris*) och sojaböna (*Glycine max*) (Rowe 1980)



Figur 3. *Fusarium oxysporum* f.sp. *radicis-lycopersici* livscykel

3.2.2 Spridning

Spridning av *Forl* till växthuset kan ske via småplantor från annan odling (Forsberg et al. 1999). *Forl* kan även spridas via kontaminerade frön, gammalt smittat växtmaterial, jord och kompost (Zhang et al. 2011), eller vid hantering av tomatplantor som är infekterade (Menzie & Jarvis 1994). *Fusarium* rot- och stambasröta kan uppkomma om tomater odlas i återanvända krukor i plast som är kontaminerade av *Forl* (McGovern et al. 1993).

Spridning av *Forl* kan eventuellt ske genom rotkontakt eftersom lateral spridning har observerats på rader i fält (McGovern & Datnoff 1992).

På infekterade tomatplantor bildas sporer men sporer kan även förekomma på halm som är marktäckning och komposterade växtrester från tomat utanför växthuset (Sherf & MacNab 1986).

Forl konidier kan spridas med vatten och kan därför spridas med bevattningsvatten och ytvattnet (Zhang et al 2011; Forsberg et al 1999; Nilsson & Åhman 1991). En ökad återanvändning av bevattningsvatten i växtproduktion ökar därför risken för spridning av *Forl* (McGoven 2015). Runia och Amsing (2001) visade att växtpatogener i vatten inklusive konidier från *Fusarium oxysporum* kan avdödas vid 54 °C i 15 sekunder och därför rekommenderar de att bevattningsvattnet upphettas till 60 °C i 2 minuter.

3.2.3 Angrepp på tomat och symptom

Fusarium rot- och stambasröta orsakad av *Forl* är inte primärt en kärlpatogen som många andra *formae speciales* av *Fusarium oxysporum* (Nilsson & Åhman 1991). Det är inte heller en systemisk infektion (Szczuchura et al. 2013).

Symptom hos infekterade groddplantor är reducerad tillväxt, gulnande, vissnesymptom, att de förlorar hjärtblad och blad tidigare samt nekroser som kan uppstå på den basala stammen (McGovern 2015).

Symptom som *Forl* orsakar på tomatplanta är stam- och rotröta, vissnande av tomatplanta, försämrad tillväxt, gulnande vävnad och missfärgning av kärlsträngen (Zhang et al. 2011). De äldsta bladen gulnar först när frukten mognar (Zhang et al. 2011; Hansson et al. 2007) De gula bladen blir så småningom bruna. Under dagen när det är som varmast vissnar infekterade tomatplantor men återhämtar sig under natten. Ibland bildas adventivrötter ovanför infekterade delar av roten. (Zhang et al. 2011).

Forl infekterar växten via naturliga öppningar, skador och sår som uppstår när sekundära rötter och adventivrötter växer fram. När *Forl* har infekterat roten koloniserar den cortexvävnaden hos rötter och hypokotyl (Zhang et al. 2011; Sherf & MacNab 1986). Vid angrepp producerar *Forl* ett enzym som heter tomatinas som skyddar patogenen genom att bryta ner α -tomatin som finns i tomatplantan (Szczuchura et al. 2013). Angrepp av *Forl* stimulerar bildning av adventivrötter och rötter som växer ut vid stambasen angrips snabbt av *Forl*. Rötterna som angrips av *Forl* blir kraftigt brunfärgade i ändarna. Många rötter ruttar bort vid angrepp och rotsystemet bli kraftigt reducerat och försvagat (Forsberg et al. 1999). Angripna rötter får en onormal förgrening och missfärgas (Hansson et al. 2007; Sherf & MacNab 1986). *Forl* kan även angripa huvudroten (Hansson et al. 2007; Forsberg et al. 1999). Det bildas en brun röta som sprids in till ledningsvävnaden i stammen (Sherf & MacNab 1986). Ledningsvävnaden i stammen kan få en brun till brunröd missfärgning och sträcka sig så långt som 25 cm ovan jord (Zhang et al. 2011; Sherf & MacNab 1986). Vanligen är missfärgningen av ledningsvävnaden 5 - 10 cm (Forsberg et al. 1999).

Allvarliga angrepp kan leda till skador som gör att tomatplantor vissnar snabbt och i värsta fall kan tomatplantan vissna helt (Zhang et al. 2011). Vid angrepp av fusarium rot- och stambasröta försämras också tomatkvalitén (Szczuchura et al. 2013). Tomatplantor kan överleva mindre angrepp av fusarium rot- och stambasröta men tomatfrukten blir vanligen blek (Zhang et al. 2011). Sjukdomsintensiteten beror på aggressivitet hos isolat och tidpunkt för infektion. Angreppet blir kraftigare vid låg temperatur, kraftig fruktsättning, nedsatt syretillförsel till jorden och vid högt ledningstal (Nilsson & Åhman 1991).

3.2.4 Diagnos

Det är viktigt att veta vilken typ av *Fusarium oxysporum* det är i tomatodlingen för att kunna välja lämplig växtskyddsåtgärd, till exempel vilken typ av resistent tomat-sort eller grundstam som bör användas kommande odlingssäsong (Hirano & Arie 2006). *Forl* och *Fol* går att skilja åt eftersom de har olika värdväxter, orsakar olika symptom hos tomat, har olika optimala förutsättningar för sjukdomsutveckling (McGoven 2015; Hirano & Arie 2006). Det går att skilja *Fol* och *Forl* åt med hjälp av molekylär teknik och Hirano och Arie (2006) har utvecklat PCR metod för att skilja på *Fol* och *Forl*. Det går även att skilja *Fol* och *Forl* åt med analys av groddplantor där symptom jämförs. *Fol* infekterade groddplantor får omfattande kärldmissfärgningar och även lite extern missfärgning efter 5 - 7 dagar. Groddplantor infekterade med *Forl* har efter 5 - 7 dagar en tydligt hypocotyl rot och lite missfärgning i kärnen (Sanchez et al. 1975).

Fol angriper endast växter i släktet *Lycopersicon* (syn. *Solanaceae*) medan *Forl* i växthusförsök har visat sig angripa både växter ur *Lycopersicon* och växter som inte ingår i *Lycopersicon* såsom *Leguminoase* (Rowe 1980).

Studie utförd av Kim et al. (2001) visade att ras 1 och 2 hos *Fol* gynnas av temperaturer runt 25 - 30°C. Däremot visade studien att optimal temperatur för *Forl* varierar mellan 15 - 20°C.

3.3 Växtskyddsåtgärder

3.3.1 Odlingstekniska åtgärder

Pyrenochaeta lycopersici har sin optimala temperatur vid 15-20 °C och gynnas vid lägre temperaturer. Detta kan medföra kraftiga angrepp vid tidig plantering, låg temperatur i bädden eller kallt bevattningsvatten. För att undvika korkrot bör temperaturen i jorden vara över 21 °C vid plantering. Överdriven bevattning kan ge kraftigare korkrotsangrepp på tomat (Forsberg et al. 1999). *P. lycopersici* missgynnas när bevattning sker optimalt med uppvärmt vatten (Ögren 2007).

Forl gynnas av låg temperatur till skillnad från andra *Fusarium oxysporum* former (Nilsson & Åhman 1991). Både *P. lycopersici* och *Forl* gynnas av låga marktemperaturer och bevattning med kallt vatten. Angrepp av fusarium rot- och stambasröta på tomat är kraftigare i vattenmättad jord (McGovern & Datnoff 1992). Det är därför viktigt med optimal bevattning, det vill säga inte för mycket eller för lite vatten, för att hålla angrepp av fusarium rot- och stambasröta på en låg nivå (Forsberg et al. 1999). Den optimala jordtemperaturen för *Forl* är 18 °C (Szczechura et al. 2013; Sherf & MacNab 1986).

För att undvika angrepp av *Forl* är det viktigt att jorden inte är kall vid plantering. Temperaturen i bädden bör vara minst 20 °C och temperaturen i växthuset bör vara 20-22 °C. Småplantor under uppdragning och efter utplantering är extra känsliga för låg temperatur då mottagligheten för fusarium rot- och stambasröta ökar. Om småplantor utsätts för uttorkning ökar risken för tidig plantdöd och allvarliga *Forl* infektioner (Forsberg et al 1999). Fusarium rot- och stambasröta kan orsaka att småplantor vissnar helt (Sherf & MacNab 1986).

Forl gynnas av lågt pH (McGovern 2015; Zhang et al. 2011). För att undvika kraftiga angrepp av fusarium stam- och rotröta bör jordens pH ligga mellan 6 och 7 (Zhang et al. 2011).

Det är viktigt att plantuppdragning sker i substrat som inte är kontaminerat av *Forl* (Forsberg et al. 1999). Sporer av *Forl* kan finnas i jordpartiklar i marken, på träkonstruktioner, i vattenslangar, krukor, redskap och därför är det viktigt med rengöring med högtryckstvätt. När tomatplantor visar allvarliga vissnesymptom bör de avlägsnas (Forsberg et al. 1999).

3.3.2 Resistent sorter och ympning

Ympning av ädelsorter på grundstammar som är motståndskraftiga mot jordburna patogener är en växtskyddsåtgärd som användas för bekämpning av jordburna patogener (Reddy 2016). Ympade tomatplantor kan få ett kraftigare rotsystem och bättre fruktsättning (Ögren et al. 2000). Ympning är en växtskyddsåtgärd som kan ge en högre tomatavkastning men medför en ökad kostnad (Forsberg et al. 1999). Ympning av ädelsorter på motståndskraftiga grundstammar kräver en mer komplicerad odlingsteknik och det kan vara svårt för odlare att få tag på ympade plantor. Odlare upplever att ympning kan påverka smaken på tomaterna (Hasna et al. 2009). Om odlare inte drar upp ympade plantor själva går det att köpa ifrån Holland och Finland men då ökar risken för sjukdomsspridning (Winter 2009). Mindre tomatodlingar ympar i regel själva medan större odlingar i regel köper färdigympade plantor från Finland eller Holland (Ögren *muntl.*).

Ympning förlänger plantupptragningstiden med 8 - 10 dagar eftersom ympen måste växa fast i grundstammen (Hansson et al. 2007; Forsberg et al. 1999). Tomatskörden fördröjs också och tomatskörd från ympade tomatplantor sker en vecka senare (Hasna et al. 2009).

Ympade plantor med ett kraftigt utvecklat rotsystem växer kraftigt och tillväxten ökar ytterligare vid god näringstillgång. Är växtnäringstillgången god vid plantering kan plantorna växa kraftigt vegetativt. En alltför vegetativ planta kan ge upprättstående blomma och dubbelblomma som åtgärdas genom att ta bort blomman för frukten blir ändå missbildad (Hansson et al. 2007). Ett frodigt bestånd kan även ge tillbakasatt fruktstorlek och problem med gråmögel samt problem med att fruktmognad och skörd försenas (Ögren et al. 2000). Det kan också bli upprättstående klasar vid en alltför vegetativ tillväxt vilket åtgärdas med anpassad bevattning och kvävegiva samt genom att undvika tidig rotning vid användning av sorter som växer kraftigt vegetativt. Kraftig tillväxt kan även undvikas med senare plantering eller att ha två toppar per grundstam. En lägre grundgödselgiva ger inte lika kraftig tillväxt. En mindre mängd grundgödsling ger däremot större krav på att tillskottsgödsling är väl anpassad till avkastningsnivå och utvecklingsstadium. (Hansson et al. 2007).

Ympning på motståndskraftiga grundstammar är en effektiv åtgärd för att minska korkrotsangrepp på tomatplantor (Jordbruksverket 2001; Tsitsigiannis et al. 2008). Enligt Hansson et al. (2007) och Ögren (2007) är ympning av ädelsorter på motståndskraftiga grundstammar den mest effektiva åtgärden mot *P. lycopersici* i dagsläget. Sorter som är resistent mot *P. lycopersici* betecknas PI (Hansson et al. 2007). Beaufort (Tabell 2) är en grundstam med bra motståndskraft mot *P. lycopersici*

(Reddy 2016; Kleinhenz 2015; Hansson et al. 2007; Persson & Gäredal 2001). Grundstammen Maxifort har även den en bra motståndskraft mot *P. lycopersici* (Reddy 2016; Kleinhenz 2015; Hansson et al 2007). Även grundstammarna Body och Robusta har bra motståndskraft mot *P. lycopersici* (Reddy 2016; Kleinhenz 2015). Tomatplantor som ympats på Beaufort grundstam hade lägre infektionsfrekvens, större frukter samt högre avkastning (Hasna et al. 2009). Vid en studie ympades Milano, Aromata, DRK 903 och DRW på grundstammen Beaufort. Ympade tomatplantor fick ett kraftigare rotsystem och plantorna hade en bättre utveckling, fruktsättning och större blad. De oympade fick flera klasar då de ympade skilde en vecka i utvecklingstid men de ympade plantorna fick fler frukter. Ympning medförde alltså ökad avkastning. På hösten hade endast ett fåtal rötter bruna prickar eftersom korkrotstoleranta grundstammar inte utplånar *P. lycopersici*. Det fanns kraftiga korkrotsangrepp på oympad DRW 4308 (Ögren et al. 2000). Tomatplantor som ympats på grundstam som är motståndskraftig mot *P. lycopersici* gav bra skördar men PCR analys visade att nästan alla tomatplantor var infekterade. Även om skördarna är bra så uppförkas *P. lycopersici* i jorden. Därför behövs det metoder för att förhindra att *P. lycopersici* förökar sig (Hansa et al. 2009).

Enligt Hirano och Arie (2006) är resistent sorter och motståndskraftiga grundstammar den bästa åtgärden mot fusarium rot- och stambasröta.

Tomatsorter som är resistent mot *Forl* har en dominant gen som heter *Frl* som kommer ifrån *Lycopersicum peruvianum* (Szczuchura et al. 2013). Resistens beteckning hos tomatsorter som är resistent mot *Forl* betecknas *For* (Hansson et al. 2007). Resistent grundstammar mot fusarium rot- och stambasröta har beteckningen *Fr* (Forsberg et al. 1999). Studie visade att det var signifikant lägre fusarium rot- och stambasröta hos tomater som ympats på *Forl* toleranta sorten Natalia jämfört med tomat ympat på den *Forl* mottagliga sorten Cuore di Bue (Vitale et. al. 2014).

Tabell 2. Motståndskraftiga grundstammar (Kleinhenz 2015).

Korkrot					
Body	Dai Honmei	Resistar	Robusta	RT-04-106-T	RT-04-107-T
Fusarium rot- och stambasröta					
Aibou	Armada	Cheong Gang	Estamino	He-Man	Survivor
Aegis	Block	DRO138TX	Fortamino	Optifort	TM10038
Aligator	Bolante	DRO141TX	Groundforce	Receive	TOP-2005
Anchor-T	Brigeor	E28.34679	Guardian	Root star	TOP-2010
Arnold	Camel	Eldorado	Guardiao	Suke-san	Triton
Korkrot samt fusarium rot- och stambasröta					
Beaufort	Emperador RZ	Enpower	Maxifort	Spirit	Taurino
Bruce RZ	Enforcer	Kaiser RZ	Palo Verde	Stallone RZ	TD-1
Colosus RZ	Enhancer	King Kong RZ	RT-04-105-T	Supernatural	TD-2

3.3.3 Jordbyte

Avgränsande bäddar innebär att odlingssubstratet är skilt från underlaget (Ögren 2007). En fördel med avgränsande bäddar är att det går att byta ut odlingssubstratet (Gäredal 1993; Winter 2009; Ögren 2007). Odlingssubstratet går att byta ut om det är ett högt smittyck från jordburna växtpatogener eller en hög saltkoncentration (Winter 2009; Ögren 2007)

Avgränsade bäddar kan bestå av plasttäckta träramar med hål för dräneringsvatten (Ögren 2007). Om bottenplast används vid anläggning är det viktigt att det inte uppstår hål i plasten. Avgränsade bäddar kräver en större arbetsinsats vid anläggning (Gäredal 1993). Däremot kräver senare jordbyte mindre arbetsinsats (Winter 2009; Ögren 2007). Avgränsade bäddar är en kostsam växtskyddsåtgärd som kan bli lönsam med tiden eftersom avgränsade bäddar underlättar byte av odlingssubstrat (Forsberg et al. 1999).

Avgränsade bäddar har en mindre jordvolym och i en liten jordvolym kan inte rötterna söka vatten och näring längre ner i jordlagren. Därför är det viktigt med optimal bevattning och gödsling. Bevattning och gödsling bör även ske oftare i avgränsade bäddar (Winter 2009; Ögren 2007). När det är en liten jordvolym kan tomatplantan inte utnyttja variationer av luft och vatten i jorden (Winter 2009).

Jordbyte kan vara ett alternativ till att använda ympade plantor *P. lycopersici* etablerar sig snabbt i avgränsade bäddar och om oympade tomatplantor används bör jorden bytas ut ungefär vart tredje år (Ögren 2007). Jordbyte lämpar sig troligen inte som växtskyddsåtgärd mot *Forl* på grund av dess spridningsförmåga.

I slutet av juni 2017 enades EU om en ny förordning för ekologisk produktion och enligt den nya regeln ska odling ske direkt i marken vid ekologisk produktion. I Sverige kommer det vara ett undantag från regeln i 13 år och EU-kommissionen kommer under den tiden utvärdera om odling i avgränsade bäddar bör vara tillåtet i ekologisk produktion. Om EU-kommissionen finner att avgränsade bäddar bör vara tillåtet att använda i Sverige kommer de att komma med ett nytt lagförslag (Johansson 2017).

3.3.4 Jordförbättrande åtgärder

I växthus är odlingssäsongen lång och jorden har en högre temperatur jämfört med friland. Dessutom bevattnas jorden vanligen oftare i ett växthussystem. Dessa faktorer bidrar till en högre omsättning av organiskt material i jorden i växthus jämfört med friland. Jordstrukturen försämras snabbt av snabb nedbrytning och regelbunden bevattning. Mullhalten i ekologisk växthusjord ligger vanligen mellan 15 - 25 % (Ögren 2007). Det är viktigt med jordförbättrande åtgärder som bidrar till att det finns porer i jorden så att tomatplantorna får tillräckligt med vatten och syre. Jorden kan förbättras med tillförsel av torv, halm eller vass som medför att tomatplantorna får ett friskt, fungerande rotsystem (Winter 2009).

Pyrenochaeta lycopersici missgynnas av god markstruktur eftersom detta gynnar andra mikrober. Korkrotsangrepp blir också mindre allvarligt när tomatplantorna har en god rotutveckling (Forsberg et al. 1999). En god struktur är också viktigt för mikroorganismer som gör att kväve i organisk gödsel blir växttillgängligt (Winter 2009).

En studie gjord i Kalifornien visade att lerhalten i jorden var positivt korrelerad med korkrotsangrepp (Workneh et al. 1993). Det är även större skördeförlust orsakat av *P. lycopersici* vid odling i torvjordar. Det är den vattenhållande förmågan hos jorden som påverkar angreppsgraden och det är därför korkrotsangrepp blir mer allvarligt i lerjord och torvjord (Forsberg et al. 1999). Korkrotsangrepp minskar vid bättre vattenpermeabilitet (Letourneau & van Bruggen 2006).

En studie i Kalifornien visade att korkrotsangrepp på tomat och skördeminskning var större vid odling i lerjordar jämfört med odling i sandjordar (Workneh et

al.1993). Förbättringsåtgärder på lerjordar är tillförsel av grov torv, halm, vass och kompost för att öka mängden porer och luftmängden i jorden. Jordförbättring av sandjordar innefattar tillförsel av grov torv, lera, komposterad stallgödsel och trädgårdskompost samt grövre material som ökar mängden luftporer (Ögren 2007).

I ett växthusförsök i Sverige med ekologiskt odlad tomat använde en gård i studien ett decimetertjockt lager med vass, vilket förbättrade syretillförseln och rotutvecklingen hos tomatplantorna. Vass förbättrade även dräneringen vilket motverkade stående vatten (Ögren et al. 2000) Vass ökar mängden luft i jorden och rötterna samlas i vasspiporna. Vass är svårnedbrytbart och rester kan ses året efter nedbrukning (Ögren 2007).

Upphöjda bäddar passar vid odling i tyngre jordar eftersom det blir luftigare vilket bidrar till en bättre miljö för rötter och även uppvärmning på våren underlättas (Ögren 2007).

Genom att förbättra den naturliga hämmande effekten hos en jord kan växtpatogener hämmas (Alabouvette 1999). Jordförbättring kan innebära bioångning, anaerob jorddesinfektion och solarisering eller en kombination av dessa växtskyddsåtgärder (Gamliel & van Bruggen 2016).

3.3.4.1 Tillförsel av organiskt material och växtnäring

Tillförsel av kompost ökar mängden mikrober i jorden vilket i sin tur kan påverka växtpatogener genom olika mekanismer (Hoitink och Boehm 1999).

Tillförsel av organiskt material kan hämma rotsjukdomsutvecklingen på tomat genom att öka den biologiska aktiviteten vilket ökar konkurrensen mellan mikrober i rhizosfären och eller mängden antagonister (Workneh & van Bruggen 1994a).

Mikrober kan konkurrera med växtpatogener om näringsämnen, parasitera på växtpatogener, samt aktivera resistensgener hos värdväxten (Hoitink och Boehm 1999).

Kemiska och fysiologiska egenskaper hos kompost som kan hämma jordburna växtpatogener är pH, textur (partikelstorlek), kväveinnehåll, cellulosa- och lignininnehåll, elektrisk konduktivitet och olika inhiberande ämnen som finns i organiskt material (Hoitink och Fahy 1986).

Tillförsel av kompost minskar korkrotsangrepp på tomatplantor (Workneh et al. 1993; Workneh & van Bruggen 1994b; Hasna 2007). *Pyrenochaeta lycopersici* är en svag konkurrent mot mikrober (Shishkoff & Campbell 1990), vilket gör att snabbväxande nyttoorganismer kan konkurrera ut *P. lycopersici* (Ögren et al. 2000).

Den svaga konkurrensförmågan hos *P. lycopersici* anses vara anledningen till att korkrotsangrepp hämmas vid tillförsel av kompost eftersom aktiviteten hos antagonister och konkurrerande mikrober i rhizosfären ökar (Workneh & van Bruggen 1994b). Amerikanska försök visade att tillförsel av organiskt material ökade den mikrobiella aktiviteten i jorden och angreppet av *P. lycopersici* minskade (Workneh et al. 1993).

En studie i Kalifornien visade att halten organiskt kol i jorden var negativt korrelerad med korkrotsangrepp (Workneh et al. 1993). Ett litet kolinnehåll i komposten kan däremot leda till ökad konkurrens mellan mikrober om en energikälla (Hasna 2007).

Tillfört organiskt material kan innehålla olika komponenter som stimulerar groningen av *P. lycopersici* mikrosklerotier. Däremot kan mikrosklerotier som gror och producerar mycel brytas ner av andra mikrober genom lysering (Forsberg et al. 1999). En ökning av mikrobiell aktivitet kan även inhibera groningen av mikrosklerotier eftersom näringen som behövs för groningen åtgår (Workneh & van Bruggen 1994b).

Även *Forl* har en begränsad förmåga att konkurrera med andra mikrober (McGovern & Datnoff 1992). *Forl* kan konkurreras ut av snabbväxande organismer (Ögren et al. 2000). Vissa jordburna patogener som är konkurrenssvaga hämmas av en saprofytisk mikroflora. (Alabouvette 1999). Tillförsel av organiskt material stimulerar saprofyter i jorden som hämmar *Forl* (Forsberg et al. 1999). *Forl* hämmas även i jord som innehåller populationer av icke-patogena *Fusarium oxysporum* som konkurrerar om kol och fluorescerande *Pseudomonas* spp. som konkurrerar om järn (Alabouvette 1999).

Försök i Israel har visat att halm från vete reducerar frekvensen av fusarium rot- och stambasröta och *Forl* populationen i växthus kan minska (Raviv et al. 2005).

Organiskt material såsom grönmassa, stallgödsel och kompost innehåller bakterier och svampar som till exempel saprofyter och aktinomyceter (Forsberg et al. 1999). Kompost innehåller ofta *Trichoderma* spp., *Bacillus subtilis* och *Pseudomonas fluorescens* (Hoitink & Boehm 1999). I jord med mycket saprofyter, svampar och bakterier som bryter ner döda rötter kan *P. lycopersici* begränsas (Forsberg et al. 1999). En studie i Kalifornien visade att korkrotsangrepp minskade signifikant vid en hög andel fluorescerande *Pseudomonas* i rhizosfären hos tomatplantan. Studien visade även att rhizosfären hos plantor i ekologisk odling innehöll en större mängd fluorescerande *Pseudomonas* spp. jämfört med i ett konventionellt odlingsystem. Detta kan bero på att fluorescerande *Pseudomonas* spp. missgynnas av ett högt nitratinnehåll i jorden (Workneh & van Bruggen 1994a).

En studie i Kalifornien visade att korkrotsangrepp minskade signifikant då det fanns en hög andel aktinomycceter, som bryter ner cellulosa i rhizosfären hos tomatplantan. Den stora mängden aktinomycceter beror antagligen på att det är en större tillförsel av cellulosa och hemicellulosa i ekologiska system vilket ökar reproduktionen hos aktinomycceterna. I studien var den totala populationen av aktinomycceter i rhizosfären korrelerad med en begränsning av *P. lycopersici* (Workneh & van Bruggen 1994a). En växthusstudie i Sverige visade däremot inget signifikant samband mellan aktinomycceter och hämning av korkrotsangrepp. Detta beror antagligen på den korta varaktigheten av växthusstudien vilket kan ha medfört att effekterna av ökad andel mikroorganismer inte hann bli synliga (Hasna 2007).

En studie i Kalifornien visade att jorden i det ekologiska systemet med tillfört organiskt material innehöll svampar som hydrolyserar kitin. Dessa svampar har en antagonistisk verkan på växtpatogena svampar vars cellväggar innehåller kitin. Ett stort innehåll av kitinhydrolyserande svampar minskade korkrotsangrepp (Workneh & van Bruggen 1994a).

Kombinationer av låga nitrathalter och höga ammoniumhalter i jorden kan minska skadeverkan hos jordburna växtpatogener (van Bruggen & Finckh 2016). Däremot har studier visat att korkrotsangrepp blev mer allvarligt när det var höga koncentrationer av ammonium i jorden. Tillförsel av gödselmedel med höga halter ammonium gynnar därför korkrotsangrepp (Workneh & van Bruggen 1994b). Lägre halter tillgängligt kväve gör att korkrotsangrepp bli mindre allvarligt (Letourneau & van Bruggen 2006).

En studie i Kalifornien visade att korkrotsangrepp främst verkar bero på markbiologiska faktorer och kvävehalten i tomatvävnaden eftersom *P. lycopersici* gynnas av höga kvävegivor. Studien visade även att kvävehalten i tomatens vävnad och nitratkoncentrationen i jorden var positivt korrelerat med hur allvarligt korkrotsangreppet blev (Workneh et al. 1993).

I en växthusstudie utförd i Sverige testades grüngödsel bestående av rödklöver, hästgödsel och trädgårdskompost för att se om de har en hämmande effekt på *P. lycopersici*. Resultatet visade att grüngödsel inte har någon effekt på *P. lycopersici*. Tillförsel av hästgödsel ökade korkrotsangrepp medan tillförd trädgårdskompost hämmade korkrotsangrepp. *P. lycopersici* gynnas av ammonium och det var antagligen därför som inte hästgödsel fungerade bra. Studien visade att om mängden organiskt material ökade vid tillförsel av grüngödsling minskade inte korkrotsangreppet, och analys visade att grüngödsel innehöll mycket ammonium. *P. lycopersici* kan ha gynnats mer av tillförseln av ammonium än vad den missgynnades av den biologiska aktiviteten. Resultat av studien visade att kompost med låg ammoniumkväve koncentration och hög kalcium koncentration hämmade sjukdomsangrepp av *P. lycopersici* (Hasna 2007). Kalcium gör växtcellen starkare vilket gör att växten

kan motstå vissa enzymer som växtpatogena svampar utsöndrar för att bryta ner cellväggar (Conway & Sams 1984, refererad i Hasna 2007).

Kvävegödsling som ger ett högt kväveinnehåll i tomatplantan ökar dess mottaglighet för *Forl* (Forsberg et al 1999). Användning av gödselmedel med högt ammoniumkväveinnehåll gynnar *Forl* (McGovern 2015; Zhang et al. 2011). *Fusarium* rot- och stambasröta allvarlighetsgrad har visat sig öka signifikant med ökad mängd ammonium kväve (Duffy & Defago 1999).

3.3.4.2 *Marktäckning*

Marktäckning innebär tillförsel av stora mängder grönmassa som vanligen bildar ett 5 cm tjockt lager.

Marktäckning förbättrar jordstrukturen, rötternas utbredning, ökad mikrobiell aktivitet och kan även vara en växtnäringskälla (Hansson et al. 2007). Marktäckning gör att tomatplantans rotsystem får en ökad tillväxt och tomatplantan producerar nya rötter. Vid marktäckning kan rötterna breda ut sig ända till markytan och det bildas ofta en matta av rötter precis under marktäckningsskiktet (Ögren 2007). Ogrästillväxten minskar vid marktäckning och marktäckning gör så att det sker mindre avdunstning från jorden (Hasna et al. 2009).

En nackdel vid marktäckning med grüngödsel är att ammoniak kan ge skador på blad. Risker kan minskas om gödsling sker när växthusets luftluckor är öppna eller med ett lager torv över grüngödslingen. Skador orsakade av ammoniak kan dock minska om ensilage läggs på bäddarna innan plantering (Hansson et al. 2007).

Marktäckning med organiskt material eller grönmassa gynnar produktion av nya rötter och kan även ge en förbättrad rotutveckling hos plantor vars rötter är infekterade av *P. lycopersici* (Ögren 2007). Vid korkrotsangrepp kan torv läggas runt rothalsen för att gynna tillväxt av nya rötter vilket förbättrar tomatplantans överlevnad. Tillförsel av torv kan också stimulera adventivrotbildningen runt stambasen och förbättrar förutsättningarna för en tomatplanta som är infekterad med *Fusarium* rot- och stambasröta (Forsberg et al. 1999).

I en studie utförd i samråd med ekologiska tomatodlare ansågs marktäckning vara en intressant åtgärd mot korkrot. En fördel med marktäckning är att odlarna själva kan producera näringsämnen till växten. Nackdelarna med åtgärden enligt odlare är att det är arbetskrävande, väderberoende, risken för det kommer in ogräsfrön till tomatodlingen, skador på tomatplantorna orsakat av ammoniak, samt risk för att det kommer in skadeinsekter till tomatodlingen. I studien ville 2 av 3 av totalt odlare fortsätta med marktäckning i tomatodlingen (Hasna et al. 2009).

3.3.4.3 Bioångning

Gröngödsling är inblandning av färskt plantmaterial och tillförs när det fortfarande är grönt. Gröngödsling innebär tillförsel av organiskt material som ökar mullhalten och den mikrobiella aktiviteten, gynnar antagonister, förbättrar strukturen i jorden, samt tillför växtnäring (Bovin 2001).

Bioångning är användning av gröngödsel med växter som vid nedbrukning avger ämnen som är toxiska för växtskadegörare. Till exempel kan olika korsblommiga växter (familjen *Brassicaceae*) användas (Brown & Morra 1997; Tittarelli et al. 2016). Dessa växter innehåller glukosinolater som vid hydrolysering omvandlas till bland annat isotiocyanater. Dessa ämnen har en skadlig effekt på mikrober (Brown & Morra 1997; Smolinska & Horbowicz 1999). Många arter inom familjen *Brassicaceae* bildar vid nedbrukning ämnen som har en antagonistisk verkan på jordburna patogener (Tittarelli et al. 2016). Exempel på grödor som har en hämmande effekt på växtpatogener är arter inom *Brassica* och *Sinapis* såsom raps och senap. Även *Sorghum drummondii* har en hämmande effekt på växtpatogener (Larkin & Halloran 2014). Mängden och typen av ämnen som bildas vid nedbrukning vid bioångning beror till stor del på vilken växtart och sort som används. Sareptasenap (*Brassica juncea*) är en art som vid nedbrukning ger stor produktion av isotiocyanater (Smolinska & Horbowicz 1999). I en växthusstudie i Italien undersöktes huruvida korkrot hämmas av bioångning med *B. juncea*. I studien såddes *B. juncea* på våren och skördades som gröngödsel vid full blomning och blandades med jorden. I studien kombinerades även bioångning med solarisering (Lapichino et al. 2008). Solarisering är en växtskyddsåtgärd som gör att jorden med hjälp av soluppvärmning når temperaturer på 45-50 °C vilket dödar flertalet växtpatogena svampar men skonar vissa antagonister (Forsberg et al 1999). Studien visade att kombination av solarisering och bioångning gav högre tomatavkastning och hade en mer hämmande effekt mot korkrotsangrepp jämfört med endast bioångning eller solarisering (Lapichino et al. 2008). Det finns svårigheter med att bekämpa korkrot eftersom den kan finnas djupt ner i jorden och kan infektera rötter som sträcker sig längre ner än vad bioångningen påverkar och hämmar korkrot (LeBoeuf 2010).

Fusarium oxysporum är långlivad i jorden och kan överleva länge utan värdväxt eftersom de bildar tåliga strukturer, klamydosporer. Däremot visade studie att *Forl* klamydosporer som exponerats för *B. juncea* helt förlorade sin överlevnadsförmåga (Smolinska & Horbowicz 1999). Sallat innehåller fenolkomponenter och gröngödsling med sallat kan bryta ner *Fusarium* sporer. Sallat kan därför eventuellt användas som åtgärd mot fusarium rot- och stambasröta genom att odlas i växthus efter tomat och sedan brukas ner och användas som gröngödsling (Forsberg et al. 1999).

3.3.4.4 *Anaerob jorddesinfektion*

En jord är anaerob när det konsumeras mer syre än vad som tillförs. Tillförseln av syre beror på mängden fukt i jorden samt jordens porositet. Konsumtionen av syre beror på mängden nedbrytbart kol som kan respirera samt vattenmängd och temperatur (Tiedje et al. 1984).

Anaeroba förhållanden i jorden uppstår när lättnedbrytbar kolkälla tillförs till jorden. Sedan bevattnas jorden för att stimulera nedbrytning av det organiska materialet och efteråt täcks jorden med lufttät plast som förhindrar gasutbyte.

Vid anaeroba förhållanden går mikrober i jorden från att vara aeroba till anaeroba. Mikrober med anaerobisk metabolism producerar organiska syror och gaser som frigörs i jorden. Dessa restprodukter från metabolismen hos anaeroba mikrober kan ha en negativ effekt på växtpatogener i jorden (Streminska et al. 2014). Organiska syror som bildas under anaeroba förhållanden kan även gynna vissa rotpatogener (Tiedje et al. 1984).

Effekten av anaeroba förhållanden i jord kan variera mycket (Streminska et al. 2014). Anaeroba förhållanden i jorden kan även påverka växten, det organiska materialet i jorden samt näringsämnen. Näringsämnen påverkas genom att obligata och fakultativt anaeroba mikrober utför reduktion av nitrat till ammonium (Tiedje et al. 1984).

Höga halter ammonium gynnar korkrotsangrepp (Workneh & van Bruggen 1994b). Ett högt ammoniuminnehåll gynnar även *Forl* (McGovern 2015; Zhang et al. 2011). Vid anaeroba förhållanden sker dessutom kväveförlust genom denitrifikation vilket kan gynna vissa rotpatogener (Tiedje et al. 1984). Plantor kan skadas av anaeroba förhållanden eftersom plantor genomgår stress vid anaeroba förhållanden. Anaerob jorddesinfektion är därför en metod som används innan plantering av tomatplantor (Tiedje et al. 1984).

3.3.4.5 *Mellangrödor*

Mellangrödor odlas under perioder när ingen annan gröda odlas (Dabney et al. 2001) Mellangrödor ökar mängden organiskt material i jorden vilket bidrar till ökad biologisk aktivitet. De förbättrar även strukturen i jorden (Tittarelli et al. 2016). Jordkvalitén förbättras av en ökad mängd organiskt kol som förbättrar aggregatstabiliteten (Dabney et al. 2001). Jordstrukturen stabiliseras även av mellangrödornas rötter (Ögren 2007). När mellangrödor odlas ökar mängden näringsämnen (Tittarelli et al. 2016). Mellangrödor kan vara en näringskälla för både makro- och mikroorganismer (Dabney et al. 2001).

Några exempel på mellangrödor som kan användas i tomatproduktion i Sverige är höstråg (*Secale cereale*), höstvetete (*Triticum aestivum*), höstkorn (*Hordeum vulgare*), italienskt rajgräs (*Lolium multiflorum*), vicker (*Vicia* spp.), klöver (*Trifolium* spp.), foderärt (*Pisum arvense*), vitsenap (*Sinapsis alba*), senapskål (*Eruca sativa*), rättikor (*Raphanus* spp.) höstraps (*Brassica napus*) och honungsfacelia (*Phacelia tanacetifolia*) (Tittarelli et al. 2016).

Enligt Ögren (2007) kan mellangrödor minska växtföljdsproblem med svampsjukdomar. Mellangrödor som producerar toxiska substanser eller minskar mängden inokulum genom olika processer kan ha en hämmande effekt på jordburna växtpatogener. Som exempel har *Brassicaceae* har en antagonistisk verkan på jordburna växtpatogener (Tittarelli et al. 2016).

Gräs och arter inom Brassicaceae som mellangröda tar upp kväve från jorden vilket förhindrar att det försvinner från jorden, medan legymer bidrar med kväve till efterföljande gröda (Dabney et al. 2001). Kvävefixerande mellangrödor är fördelaktigt i ett ekologiskt system. Grödor som inte behöver mycket bevattning är också fördelaktigt att välja som mellangrödor (Tittarelli et al. 2016).

Såtiden för mellangrödan är en viktig parameter för att det ska fungera bra i odlingssystemet (Tittarelli et al. 2016; Hasna et al. 2009). Mellangrödan bör odlas i minst två månader för att den ska få en tillräcklig biomassa (Tittarelli et al. 2016). Mellangrödor som åtgärd är bäst anpassat till varma områden (Dabney et al. 2001). Det är därför svårt att tillämpa mellangrödor i Sverige eftersom tomat har en lång odlingssäsong samt att det är mindre lämpligt odlingsförhållande under vintermånaderna (Tittarelli et al. 2016). Enligt Ögren (*muntl.*) planteras en helårskultur av tomat i början av mars och rivs ut i början av oktober. I södra Sverige kan plantering ske redan i februari. I tiden där emellan ska växthuset saneras och grundgödslas vilket ger ett smalt begränsat tidsintervall för en mellangröda.

Grödor som klarar av att växa vid låg temperatur är höstråg (*Secale cereale*) och luddvicker (*Vicia villosa*) (Ögren 2007). Försök med mellangröda har utförts på ekologisk växthusodlad tomat i Sverige och försöket gick ut på att odla höstråg och luddvicker på hösten efter gurka. Under våren brukades grönmassan ner i jorden innan tomater planterades. Resultatet från försöket visade att det krävdes en liten arbetsinsats för att tillföra mycket organiskt material till jorden samt att mellangrödan bidrog till att växtnäring stannade kvar i jorden. Odlaren som deltog i försöket vill fortsätta med att använda höstråg som mellangröda (Hasna et al. 2009). Enligt Ögren (*muntl.*) finns det en svensk tomatproducent med kallhusodling som odlar luddvicker och råg på hösten. Det fungerar eftersom man i kallhusodling planterar tomaterna senare och river ut tidigare än i ett uppvärmt växthus med helårskultur.

3.3.4.6 Kompostering

Kompostering av jord och växtrester kan leda till att växtpatogener reduceras på grund av ökad temperatur, produktion av toxiner samt ökad mängd antagonister (McGovern 2015). Vanligen påverkas jordburna växtpatogener negativt vid kompostering eftersom det blir en förhöjd temperatur och vid uppvärmning frigörs toxiska produkter (Hoitink & Fahy 1986).

En studie visade att kompostering av jord som var kontaminerad med *Pyrenochaeta lycopersici* inte hämmade korkrotsangrepp på tomatplantor (Hasna 2007). Hasna (2007) föreslår istället att jorden förvaras utomhus under vintermånaderna så att kylan minskar grobarheten hos mikrosklerotier av *P. lycopersici*. Tidigare studier har visat indikationer på att låga temperaturer kan inhibera groningen hos mikrosklerotier hos jordburna växtpatogena svampar (Roth, Griffin & Graham 1979, refererad i Hasna 2007).

I en studie testades korkrotsangreppet efter att den kontaminerade jorden hade en temperatur på 55 °C under 2 dagar. Studien visade att det var ett allvarligt korkrotsangrepp i den kontaminerade jorden som hade komposterats i jämförelse med kontroll det vill säga kontaminerad jord som inte komposterats. Den komposterade jorden hade högre ammoniumkoncentration jämfört med jorden som inte komposterades. Enligt odlare är det en arbetskrävande metod som ger ett osäkert resultat. Enligt Hasna et al. (2009) behövs det försök under en längre tidsperiod.

Kompostering i 40 °C i minst 14 dagar, 45 °C i minst 7 dagar, 50 °C i minst tre dagar eller 50 °C i minst en dag kan minska densiteten av *Forl* klamydosporer (Noble et al 2011). Däremot kan växtpatogener överleva i delar av komposten som inte uppnår samma höga temperatur (McGovern 2015)

3.3.4.7 Solarisering

Solarisering innebär att plasttäckt jord som värms upp av sol når temperaturer på 45-50 °C, vilket dödar flertalet växtpatogena svampar men skonar många antagonister (Forsberg et al. 1999). Effekten från solarisering kan förhöjas genom tillsats av *Brassicae*-grödor som producerar isotiocyanater innan plasttäckning (Klein et al. 2012). Nackdelen med solarisering är att man inte kan använda jorden under perioden när det är varmt och soligt väder.

En studie av solarisering i Italien visade att endast solarisering hade en mindre effekt på *P. lycopersici* medan solarisering kombinerat med applicering av det biologiska preparatet Mycostop hade en hämmande effekt på *P. lycopersici* (Minuto et al. 2006). Däremot visade växthusstudie i Portugal att solarisering hade en signifikant

hämmande effekt på korkrotsangrepp och jordtemperaturen ökade med genomsnitt 10.7 °C på 10 cm djup (Moura et al. 2010).

Försök i Italien har visat även att solarisering under 26 dagar hade en hämmande effekt på fusarium rot- och stambasröta. Mycostop har inte en effektiv hämmande effekt på fusarium rot- och stambasröta och kombination med solarisering gav inte heller en hämmande effekt på fusarium rot- och stambasröta (Minuto et al. 2006).

3.3.5 Värmeångning

Värmeångning innebär att jorden steriliseras genom upphettning till 100 °C (Ögren 2007). Många värmekänsliga mikrober slås ut vid kraftig upphettning. Även de organismer som hämmar växtpatogener avdödas (Ögren et al. 2007; van Bruggen & Finckh 2016). Upphettning till 71 °C kan vara ett alternativ där växtpatogener dör men de flesta antagonister överlever (Ögren 2007).

Metoden är begränsad till ett visst djup (van Bruggen & Finckh 2016). Dessutom kan växtpatogener överleva värmeångning och snabbt ta överhanden vid låg konkurrens (Ögren 2007).

Värmeångning kan reducera mängden *P. lycopersici*, men eftersom metoden är begränsad i djupled finns det en risk att inokulum i djupa lager inte påverkas av värmeångning. Studier har visat att korkrotsinfektion har ökat på ett 20 cm djup efter värmeångning (Last et al. 1968, refererad i Hasna 2007). Ångning som desinfektionsmetod sänker infektionstrycket av *P. lycopersici* men påverkar även gynnsamma mikrober negativt. Korkrot försvinner inte helt och hållet vid värmeångning och problem med korkrot återkommer vanligen inom 3 år (Forsberg et al. 1999).

Fusarium rot- och stambasröta är ett problem även i system där jorden steriliseras med varmt vatten (Hirano & Arie 2006). *Forl* som infekterat rötter i jord når dödliga temperaturer vid 57,5 - 60 °C i 30 minuter (Bollen 1985, refererad i McGovern 2015). Desinfektion med ånga bör vara i 30 minuter och ha temperaturen 60-70 °C eftersom nyttoorganismer överlever dessa temperaturer. Nyttorganismer är viktiga för att patogenen inte ska uppföras snabbt vid avsaknad av konkurrens (Bollen 1974). Tomatodlare i Ohio lyckades inte åtgärda fusarium rot- och stambasröta med värmeångning under 4 - 6 h med temperaturen 80 - 85 °C. Anledningen var antagligen att jorden kontaminerades av luftburna mikrokonidier och att antagonister hade missgynnats kraftigt av den höga temperaturen (Rowe et al. 1977).

Värmeångning används inte som växtskyddsåtgärd i ekologisk växthusodling av tomater i Sverige (Ögren 2007).

3.3.6 Mikrober med antagonistisk verkan

Biologisk bekämpning av växtpatogener utförs med antagonister som producerar antimikrobiella komponenter eller mikrober som kan inducera systemisk resistens hos växten genom att stimulera försvarsmekanismer i växten. Mikrober kan även konkurrera ut växtpatogenen genom att ta över nischer snabbt och effektivt och genom en snabbare konsumtion av näring som utsöndras från plantan (Kamilova et al. 2009). Biologisk bekämpning kan även innebära reduktion av groningen och sporproduktion (McGovern 2015).

En strategi för biologisk bekämpning av växtsjukdomar kan vara förbättring av miljön för mikrober som konkurrerar om näringsämnen, antagonister och parasiter. En annan strategi är att tillsätta specifika organismer som fungerar som konkurrenter, antagonister eller parasiter (Letourneau & van Bruggen 2006).

3.3.6.1 Svampar

Gliocladium catenulatum isolat J1446 är en antagonistisk svamp med produktnamn Prestop Mix (Lindesro AB, Sverige) och Prestop (Lindesro AB, Sverige) och formuleringarna används mot växtpatogena svampar (Jansson 2017).

En studie i Sverige visade att Prestop WP (Verdera, Finland) hämmade *P. lycopersici*-tillväxt och tomatavkastningen ökade. Studien visade även att GlioMix (Verdera, Finland) som består av *Gliocladium* spp. har en hämmande effekt på *P. lycopersici*-tillväxt (Varela et al. 2009).

Trichoderma spp. (syn. *Hypocrea* spp.) är antagonistiska svampar som är saprofyter på växtpatogena svampar och producerar cellulolytiska och hemicellulolytiska enzymer. *Trichoderma*-svampar producerar även sekundära metaboliter med antibiologisk aktivitet (Druzhinina et. al. 2011). *Trichoderma*-svampens groningen går att stimulera med hjälp av lämplig temperatur och näringsmedium (Hjeljord et al. 2001). Hyfer av *Trichoderma* spp. inducerar systemisk resistens hos växten och i utbyte får de sukros som kolkälla vilket leder till en snabbare tillväxt. Växtpatogena svampar avger molekyler som binder till receptorer på *Trichoderma*-hyferna. Detta aktiverar transkriptionsfaktorer och produktion av sekundära metaboliter och cellnedbrytande ämnen. Växtpatogenen bildar också sekundära metaboliter och reaktiva syreradikaler som framkallar stress och detoxifiering hos *Trichoderma* spp. (Druzhinina et. al. 2011). *Trichoderma harzianum* fungerar som biologisk bekämpning eftersom den producerar en butenolid-metabolit som kallas harzianum, som stimulerar tillväxt och inducerar försvarsmekanismer hos växten (Cai et. al. 2013).

Trichoderma polysporum och *T. atroviridae* är antagonistiska svampar som ingår i produkterna Binab TF WP (BINAB Bio-innovation AB, Sverige), Binab växthus (BINAB Bio-innovation AB, Sverige) och Binab substrat (BINAB Bio-innovation AB, Sverige). Preparaten används mot växtpatogena svampar (Jansson 2017).

En studie utförd i Sverige visade att *T. polysporum* och *T. atroviridae* (Binab TF WP) konkurrerade kraftigt med *P. lycopersici* om näringsrikt medium och tillväxten av *P. lycopersici* hämmades. I studien så ökade även tomatavkastningen när Binab TF WP användes mot korkrot (Varela et al. 2009). Enligt Hasna et al. (2009) är odlare mest intresserade av att använd Binab TF WP jämfört med andra preparat eftersom den har använts till växthusodlad gurka tidigare i Sverige.

Trichoderma harzianum isolat T-22 är en antagonistisk svamp med produktnamnet Trianium P (Lindesro AB, Sverige). *T. harzianum* fungerar som biologisk bekämpning mot växtpatogena svampar (Jansson 2017).

Det har utförts studier av *T. harzianum*, isolat Th12.A.10.1 och ThF2-1 för att undersöka dess effekt på *P. lycopersici* i jämförelse med metylbromid. En applicering visade ingen signifikant skillnad ($p < 0,05$) mellan Th12.A.10.1, ThF2-1 och kontrollen utan tillsatt *Trichoderma*. Studien indikerar att en enskild applicering inte är tillräckligt för att reducera korkrotsangrepp. Tre appliceringar av fast formulering av ThF2-1 bibehåller en hög koncentration mikroorganismer som hämmar *P. lycopersici* i jorden. ThF2-1 applicerat som fast formulering är enligt studien tillräckligt effektiv för att ersätta metylbromid i konventionell tomatodling. Isolat ThF2-1 hade en längre uthållighet än Th12.A.10.1 vilket gör att *Trichoderma* stannar kvar längre i jorden. Detta kan ha betydelse för bekämpning av *P. lycopersici* (Sánchez-Téllez et al. 2013).

Biologisk bekämpning reducerar fusarium rot- och stambasröta signifikant samt ökar tomatavkastningen. I flera fall ger en kombination av flera biologiska formuleringar en bättre effekt än enskilda formuleringar (McGovern 2015).

I en studie i Tunisien undersöktes effekten av *Trichoderma harzianum* (isolat Tr-01, Tr-02, TS3-03) och *Trichoderma viride* (isolat Tv-03) på *Forl* in vivo. Resultatet visade att *Trichoderma* spp. hade en signifikant hämmande effekt. Effekten var större om *Trichoderma* spp. applicerades en vecka innan *Forl* tillfördes (Hibar et al 2007).

Rotsjukdomar orsakade av växtpatogena svampar kan motverkas med arbuskulär mykorrhiza eftersom mängden inokulum minskar och växtpatogenens förmåga att infektera växten försämras. Arbuskulär mykorrhiza kan öka växtens tolerans mot

patogenen eftersom arbuskulär mykorrhiza har förmågan att initiera försvarsmekanismer hos växten i ett tidigare skede. Arbuskulär mykorrhiza kan även förbättra växternas näringsupptag. När tomatplantans näringsupptag förbättras får tomatplantan en bättre tillväxt och en planta med god tillväxt har en bättre möjlighet att producera nya rötter vid angrepp av växtpatogena svampar (Caspersen 1999).

Arbuskulär mykorrhiza vanligt förekommande på växtrötter i naturen (Barklund 1981). I växthus kan det däremot förekomma odlingssubstrat som inte innehåller mykorrhizasvampar och de bör tillsättas om sådana odlingssubstrat används. För bra effekt mot växtpatogena svampar bör mykorrhizasvampen tillsättas innan växtpatogenen infekterar roten, om sjukdomsutveckling skall kunna hämmas.

Försök har visat att arbuskulär mykorrhiza minskar skada orsakat av fusarium rot- och stambasröta på tomat (Caspersen 1999). Arbuskulär mykorrhiza minskar skada orsakad av fusarium rot- och stambasröta genom att inducera växtens systemiska resistens och förbättra växtens näringsupptag (Akköprü & Demir 2005).

3.3.6.2 Bakterier

Rhizobakterier är naturligt förekommande och kan fungera som biologisk bekämpning och skydda växten mot jordburna växtpatogener och förbättra skördeavkastningen. Hur pass bra en bakterie är på att skydda växten beror på hur aggressiv bakterien är på att kolonisera rhizosfären och hur bra bakterien är på att konkurrera med växtpatogenen om näring och nischer på växtroten (Kamilova et al. 2009).

Streptomyces griseoviridis isolat K61 är en sjukdomshämmande bakterie med produktnamnet Mycostop (Lindesro AB, Sverige) som används mot svampsjukdomar (Jansson 2017).

I en studie utförd i Sverige testades Mycostops effekt på *P. lycopersici* och det resulterade i ökad tomatavkastning (Varela et al. 2009).

I en studie utförd i Italien testades *S. griseoviridis* isolat K61 effekt på rotpatogener som angriper växthusodlad tomat. I studien undersöktes även *S. griseoviridis* sjukdomshämmande effekt när den kombinerades med solarisering. *S. griseoviridis* isolat K61 kontrollerar växtpatogener genom att kolonisera rhizosfären. Studien visade att Mycostop som enda metod inte är tillräckligt effektiv för att bekämpa rot-sjukdomar på tomat utan bör kombineras med andra åtgärder. Resultatet visade att en kombination av solarisering och Mycostop som applicerats med bevattningsvattnet var effektivt mot *P. lycopersici*. Studien visade även att solariserings perioden eventuellt skulle kunna minska vid kombination med Mycostop (Minuto et al. 2006).

I växthusförsök har *Streptomyces graminofaciens* visat sig hämma *P. lycopersici* vilket har resulterat i ökad tomatavkastning (Bochow 1989, refererad i Hasna 2007).

Pseudomonas chlororaphis isolat PCL1391 är en bakterie som visar en antagonistisk aktivitet in vitro på *Forl* och hämmar fusarium rot- och stambasröta på tomat (Chin-A-Woeng et. al. 1998). *P. chlororaphis* PCL1391 koloniserar tomatroten effektivt och producerar komponenter som har en antagonistisk verkan på *Forl* (Kamilova et al. 2009). *P. chlororaphis* PCL1391 producerar den antibiotiska komponenten fenazin-1-karboximid, vätecyanid och enzymerna proteas och kitinas. Fenazin-1-karboximid bidrar till den antagonistiska effekten på fusarium rot- och stambasröta och *P. chlororaphis* PCL1391 är en stabil effektiv biokontroll mot *Forl* i jorden (Chin-A-Woeng et. al. 1998). Cerall (BioAgri, Sverige) är en formulering som innehåller *P. chlororaphis* isolat MA342 och används mot utsädesburna sjukdomar bland annat *Fusarium* spp. i vete. Cedress (BioAgri, Sverige) är en formulering som innehåller samma ingredienser som Cerall men är utvecklad för att användas på ärtrön. Cedress är tillåtet i Sverige (Mehnaz 2016). Studie testade vilken effekt Cedomon (BioAgri, Sverige) som består av *P. chlororaphis* isolat MA 342 har på *Fol* i glasväxthus. Resultatet visade att applicering av *P. chlororaphis* isolat MA 342 och *Pseudomonas* sp. isolat FC-9B effektivt minskade sjukdomsfrekvensen orsakad av *Fol* (Srinivasan et al. 2009).

Pseudomonas fluorescens isolat WCS365 är en bakterie som har en hämmande effekt på fusarium rot- och stambasröta. *P. fluorescens* WCS365 verkar inte genom att konkurrera med *Forl* om näring och nischer utan *P. fluorescens* WCS365 initierar istället systemisk resistens hos tomatplantan (Kamilova et al. 2005).

P. fluorescens isolat PCL 1751 konkurrerar med *Forl* om näring från tomatplantans rot samt nischer och har på så sätt en hämmande effekt (Kamilova et al. 2005) *P. fluorescens* PCL 1751 har en hämmar *Forl* produktion av asexuella sporer (Kamilova et al. 2009).

Pseudomonas putida isolat PCL1760 är en bakterie som konkurrerar om näring som utsöndras från tomatplantans rot samt nischer och har på så sätt en hämmande effekt på *Forl* (Validov et. al. 2007). *P. putida* PCL1760 har även en hämmande effekt på *Forl* produktion av asexuella sporer (Kamilova et al. 2009).

Pseudomonas azotoformans är en bakterie som ingår i ett biologiskt preparat som heter AMASE (BioAgri, Sverige). *P. azotoformans* stimulerar tillväxt hos plantan och absorberas av plantans rötter och förbättrar tillväxten hos plantan under en längre tid. *P. azotoformans* stimulerar även rötternas tillväxt så att plantan får ett stort och kraftigt rotsystem som växer snabbt och växten får en bättre motståndskraft mot stressfaktorer (Mehnaz 2016).

3.3.6.3 Svampätande nematoder

Pyrenochaeta lycopersici förekommer i jorden som mikroskloritier och är då resistent mot svampätande nematoder men svampätande nematoder kan påverka *P. lycopersici* när mikroskloritierna gror och bildar mycel. Sen när *P. lycopersici* har penetrerat tomatplantans cortex kan den inte angripas av svampätande nematoder.

Växthushärsök har utförts för att undersöka hur kompost och den svampätande nematoden *Aphelenchus avenae* påverkar *P. lycopersici*. Härsöket undersökte även om de sjukdomshämmande effekterna av kompost ökar vid tillförsel av svampätande nematoder. Resultatet av studien visade att den svampätande nematoden *A. avenae* hämmade korkrotssvampen och tillförsel av kompost till kontaminerad jord kunde begränsa korkrotsangrepp i växthushärsök. Kombinationen av tillförd kompost och nematoden *A. avenae* visade däremot ingen hämmande effekt på *P. lycopersici*.

När *A. avenae* användes i en tomatodlars växthus minskade inte korkrotsangreppet och det kan ha att göra med att det fanns mycket *P. lycopersici* i jorden och mängden tillsatt nematoder kan ha varit för liten (Hasna 2007).

Signifikant minskning av korkrotsangrepp visades i studie där mängden tillsatt *Aphelenchus avenae* var 3 – 23 nematoder per ml-1 jord (Hasna et al. 2008). Flera appliceringar av svampätande nematoder under odlingshäsongen kan tänkas förbättra bekämpning av korkrot (Hansa et al. 2009)

4 Diskussion

I dagsläget är rekommenderade växtskyddsåtgärder mot korkrot och fusarium rot- och stambasröta ympning av ädelsorter på motståndskraftiga grundstammar, biologisk bekämpning samt marktäckning med grönmassa för att gynna rotutvecklingen (Ögren *muntl.*)

Rotsjukdomar bekämpas effektivast när flera växtskyddsåtgärder kombineras (Ögren et al. 2000). En studie som undersökt begränsning av korkrot vid tillförsel av kompost och den svampätande nematoden *Aphelenchus avenae* visade att en enskild metod inte är tillräckligt effektiv för att rekommenderas till ekologiska tomatodlare (Hasna 2007). Korkrot bekämpas effektivast vid kombination av olika växtskyddsåtgärder (Hasna et al. 2009). Exempelvis kan en god markstruktur samt optimal bevattning och gödning minska korkrotsangrepp (Forsberg et al. 1999).

Studien av Mycoston och solarisering är ett till exempel på att växtskyddsåtgärder bör kombineras för bästa bekämpnings effekt på *P. lycopersici* (Minuto et al. 2006). I Sverige rekommenderas inte solarisering för att minska rotangrepp på tomat. Solljuset som är under den korta tid som ett växthus står utan kultur och under vintermånaderna räcker troligen inte till (Ögren *muntl.*). Eventuellt finns det möjlighet att kombinera Mycoston med en växtskyddsåtgärd som är tillämpbar under odlingsförhållandena som råder i Sverige.

Ympning på motståndskraftiga grundstammar är en välfungerande växtskyddsåtgärd för att begränsa korkrot och fusarium rot- och stambasröta (Hansson 2007; Ögren 2007; Hirano & Arie 2006).

Trots att ympning ökar tomatavkastningen så förökar sig korkrot i jorden och försvinner inte helt och hållet. Därför behövs det åtgärder som förhindrar att *P. lycopersici* förökar sig (Hansa et al. 2009).

Ympning är en förebyggande åtgärd som medför en ökad kostnad och bör därför användas när det är fastställt att det finns problem med korkrot och fusarium rot- och stambasröta i växthusodlingen.

Resistenta sorter är även det en effektiv åtgärd mot fusarium rot- och stambasröta (Hirano & Arie 2006) Däremot är resistenta sorter en temporär lösning eftersom växtpatogener snabbt anpassar sig till värdväxtens nya genotyp (Alabouvette 1999).

Avgränsade bäddar underlättar jordbyte och jordbyte har en hämmande effekt på korkrot eftersom mängden inokulum minskar. Dock finns flera nackdelar såsom ökad arbetsinsats vid anläggning (Gäredal 1993). Jordbyte kan vara ett alternativ till ympade plantor. Däremot kan *P. lycopersici* etablera sig i den nya jorden och jorden behöver bytas relativt ofta om oymgade tomatplantor används (Ögren 2007; Forsberg et al. 2001).

Jordbyte lämpar sig troligen inte som växtskyddsåtgärd till *Forl* på grund av dess spridningsförmåga. Eventuellt minskar mängden inokulum lite men på grund av svampens snabba förmåga att återkontaminera sterila substrat är det inte att rekommendera.

Framtiden för avgränsade bäddar i ekologisk produktion är oviss i dagsläget.

Användning av grön gödsel i tomatproduktionen beror på gårdens förutsättningar. Vilken typ av grön gödsel som kan användas beror också på gårdens förutsättningar (Tittarelli et al. 2016). Ögren (*muntl.*) rekommenderar marktäckning med grön massa eftersom det blir en bättre rotutveckling och därmed bättre möjlighet för tomaten att stå emot rotsjukdomar. Marktäckning medför även förbättrad näringstillförsel samt mindre problem med ogräs. Används ett klöverrikt, ungt material som grön gödsel i ett varmt växthus där luftningen inte fungerar optimalt kan det uppstå skador på bladverket av ammoniakavgången från grön massan. Marktäckning är väldigt arbetskrävande så det är endast mindre odlingar som tillämpar marktäckning med grön massa (Ögren *muntl.*).

Bioångning är en förebyggande åtgärd som används innan plantering. Användning av bioångning och vilka grödor som kan brukas ner i jorden beror på gårdens förutsättningar. Isotiocyanater som bildas vid nedbrukning av grön gödsel har en skadlig effekt på mikrober (Brown & Morra 1997; Smolinska & Horbowicz 1999). Eventuellt kan ämnen som produceras vid nedbrukning av grön gödsel påverka antagonister och mikrober som annars konkurrerar med *P. lycopersici* och *Forl* negativt. Eftersom bioångning begränsas i djupled och korkrot kan överleva i djupa delar i jorden fungerar bioångning eventuellt bättre i ett odlingssystem med avgränsade bäddar. Den hämmande effekten av bioångning kan eventuellt kombineras med motståndskraftiga grundstammar för ökad hämmande effekt av korkrot och fusarium rot- och stambasröta.

Mellangrödor är en intressant åtgärd mot korkrot men det är inte helt lätt att genomföra i praktiken och mellangrödor används i stort sett inte alls (Ögren *muntl.*). När mellangrödor används ökar kostnaderna och inkomsterna minskar på kort sikt (Tittarelli et al. 2016). Enligt Hasna et al. (2009) behövs det fler långgående försök i Sverige för att mellangrödornas effekt i växthus ska kunna utvärderas.

Värmeångning förekommer inte i Sverige och ångning används troligen inte på grund av energiförbrukningen enligt Ögren (*muntl.*). Värmeångning var en vanlig åtgärd tidigare i växthusodling i Sverige men sedan den konventionella odlingen gick över till odling i inaktiva substrat så finns det inte längre någon marknad för företag som jobbar med detta. Enligt Ögren (*muntl.*) anser många att det är en tveksam växtskyddsåtgärd eftersom den är energikrävande och även dödar nyttoorganismer i jorden.

5 Slutsats

- Det är svårt att åtgärda korkrot och fusarium rot- och stambasröta med varierad växtföljd på grund av deras breda värdkrets. I växthus är det vanligen en kort eller obefintlig växtföljd.
- *P. lycopersici* och *Forl* gynnas vid lägre temperaturer.
- Ympning av ädelsorter på motståndskraftiga grundstammar hämmar korkrot och fusarium rot- och stambasröta.
- Jordbyte minskar risken för korkrot eftersom mängden inokulum minskar. Det är antagligen en mindre lämplig åtgärd mot *Forl* på grund av dess spridningsförmåga.
- Tillförsel av kompost hämmar både *P. lycopersici* och *Forl* men alltför mycket ammonium-kväve bör undvikas.
- Marktäckning medför bättre rotutveckling och ger en bättre möjlighet att stå emot rotsjukdomar. Det är dessvärre en arbetskrävande växtskyddsåtgärd.
- Bioångning med *Brassica juncea* hämmar både *P. lycopersici* och *Forl*.
- Anaerob desinfektion kan hämma växtpatogener men effekten kan variera mycket. Det kan även bildas ammonium som gynnar både korkrot och fusarium rot- och stambasröta.
- Mellangrödor är svårt att tillämpa under odlingsförhållandena i Sverige.
- Kompostering har en hämmande effekt på *Forl* men inte på *P. lycopersici*.
- Solarisering har en hämmande effekt på *Forl* men inte på *P. lycopersici* och metoden är svår att tillämpa under odlingsförhållandena i Sverige.
- Värmeångning rekommenderas inte då det är energikrävande och även missgynnar antagonister
- Arbuskulär mykorrhiza har en hämmande effekt på fusarium rot- och stambasröta
- Biologiska preparat har en hämmande effekt på korkrot. Fusarium rot- och stambasröta hämmas av olika isolat av antagonister men det behövs förbättrade formuleringar.

Eftersom rotsjukdomar bekämpas effektivast när flera växtskyddsåtgärder kombineras behövs det fortsatta studier på kombinationer av olika växtskyddsåtgärder för bekämpning av korkrot och fusarium rot- och stambastöra.

Det behövs även fler studier på bioångnings effekter på korkrot och fusarium rot- och stambasröta samt hur grödor som producerar isotiocyanater vid nedbrukning kan odlas och nedbrukas i växthusodling.

För att marktäckning ska underlättas behövs studier av ny teknik som kan minska arbetet vid marktäckning med grönmassa.

Sjukdomshämmande jord kan genomsökas för att isolera mikrober som kan fungera som biologisk kontroll av korkrot och fusarium rot- och stambasröta (Alabouvette 1999). Det behövs även fortsatta studier av befintliga biologiska preparat och isolat med en hämmande effekt på växtpatogenerna.

Pseudomonas azotoformans AMASE kan tänkas ha en hämmande effekt på rotsjukdomar eftersom den stimulerar rottillväxt och den har visat bra resultat på tomat tidigare (Mehnaz 2016). Det behövs studier om rottillväxten förbättras av AMASE så pass mycket att fusarium rot- och stambasröta blir mindre allvarligt.

Pseudomonas chlororaphis isolat PCL1391 har visat en hämmande effekt mot *Forl* in vitro försök (Chin-A-Woeng et al 1998). Det behövs fler försök av isolatets effekt på *Forl* samt framtagning av formulering, dosering och appliceringsmetod. *Pseudomonas chlororaphis* ingår i preparaten Cedomon, Cerall och Cedress är tillåtna att använda i Sverige och preparaten bör undersökas om de har effekt på fusarium rot- och stambasröta.

Studier har visat att Cedomon som innehåller *Pseudomonas chlororaphis* isolat MA342 har en hämmande effekt på *Fol* (Srinivasan et al. 2009). Eventuellt kan Cedomon fungera mot *Forl* men det behövs studier på detta.

Pseudomonas putida isolat PCL1760 hämmar *Forl* genom att konkurrera om näring i rotexudat samt nischer (Validov et. al. 2007). Försök bör utföras för framtagning av formulering, dosering samt appliceringsmetod.

Pseudomonas fluorescens isolat WCS365 har en hämmande effekt på *Forl* genom att den initierar systemisk resistens hos tomatplantan. *P. fluorescens* isolat PCL 1751 hämmar *Forl* genom att konkurrera om näring och nischer (Kamilova et. al. 2005). Studier bör utföras för att ta fram formuleringar som kan användas i växthusproduktion av tomat.

Studier behövs även på optimal applicering av *Trichoderma harzianum*, isolat Th12.A.10.1 och ThF2-1 som har en hämmande effekt på korkrot.

Varela et. al. (2009) föreslår fortsatta studier på Prestop WP, GlioMix, Mycostop och Binab TF WP gällande appliceringsteknik samt optimal tid för bekämpning av korkrot. Det behövs även fortsatta studier på vilken eller vilka växtskyddsåtgärder

som kan kombineras med tillförsel av Mycostop för att åtgärda korkrotsangrepp på tomat.

Eventuellt kan den svampätande nematoden *Aphelenchus avenae* fungera som en förebyggande metod innan korkrotssvampen har penetrerat tomatplantans vävnad. Det behövs dock mer studier på hur mycket nematoder som ska tillföras i jorden samt hur ofta för att korkrotsangrepp ska bekämpas.

Referenslista

- Alabouvette, C. (1999). Fusarium wilt suppressive soils: an example of disease-suppressive soils. *Australasian Plant Pathology*, 28, ss. 57-64
- Akköprü, A. & Demir, S. (2005). Biological control of Fusarium wilt in tomato caused by *Fusarium oxysporum f. sp. lycopersici* by AMF *Glomus intraradices* and some rhizobacteria. *Journal of Phytopathology*, 153(9), ss. 544-550.
- Barklund P. (1981). Mykorrhiza ger skydd mot rotpatogener. Växtskyddsnotiser 45 (2), 73-79.
- Bollen, G. J. (1974). Fungal recolonization of heat-treated glasshouse soils. *Agro-Ecosystems*, 1, ss. 139-155.
- Bovin, H. (2001). Gröngödsling i ekologiskt lantbruk. Råd i praktiken. *Jordbruksinformation*, 2.
- Brown, P. D., & Morra, M. J. (1997). Control of soil-borne plant pests using glucosinolate-containing plants. *Advances in agronomy (USA)*.
- Cai, F., Yu, G., Wang, P., Wei, Z., Fu, L., Shen, Q. & Chen, W. (2013). Harzianolide, a novel plant growth regulator and systemic resistance elicitor from *Trichoderma harzianum*. *Plant physiology and biochemistry*, 73, ss. 106.
- Caspersen, S. (1999). Mykorrhiza kan främja växthälsa. *Fakta Trädgård 4*, Sveriges lantbruksuniversitet, Uppsala.
- Chin-A-Woeng, T. F., Bloembergen, G. V., van der Bij, A. J., van der Drift, K. M., Schripsema, J., Kroon, B. & de Bruijn, F. J. (1998). Biocontrol by phenazine-1-carboxamide-producing *Pseudomonas chlororaphis* PCL1391 of tomato root rot caused by *Fusarium oxysporum f. sp. radicle-lycopersici*. *Molecular plant-microbe interactions*, 11(11), ss. 1069-1077.
- Dabney, S. M., Delgado, J. A., & Reeves, D. W. (2001). Using winter cover crops to improve soil and water quality. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 32 (7-8), ss.1221
- Druzhinina, I. S., Seidl-Seiboth, V., Herrera-Estrella, A., Horwitz, B. A., Kenerley, C. M., Monte, E. & Kubicek, C. P. (2011). *Trichoderma*: the genomics of opportunistic success. *Nature Reviews Microbiology*, 9(10), ss. 749-759.
- Duffy, B.K. & Defago, G. (1999). Macro- and microelement fertilizers influence the severity of Fusarium crown and root rot of tomato in a soilless production system. *Hortscience*, 34(2), ss. 287.
- Forsberg, A-S, Sahlström, K. & Ögren, E. (1999). *Rotröteproblem i ekologisk odling*. Jordbruksinformation 12, Jordbruksverket, Jönköping.
- Gamliel, A. & van Bruggen, A.H.C. (2016) Maintaining soil health for crop production in organic greenhouses. *Scientia Horticulturae*, 208, ss.120–130

Goodenough, P. W. & Maw, G. A. (1973). Effects of *Pyrenochaeta lycopersici* infection on nutrient uptake by tomato plants. *Annals of Applied Biology*, 73(3), ss. 339-347.

Gärdal, L. (1993). Ekologisk hobbyodling av växthustomater. Odlingsprinciper, observationer och resultat vid Trädgårdsförsöksstationen 1992. *Försöksresultat för fritidsodlare 4*. Sveriges lantbruksuniversitet, Försöks- och utvecklingsenheten för fritidsodling.

Hansson, T., Ögren, E. & Winter, C. (2007). *Ekologisk odling av tomat*. Jordbruksinformation 20, Jordbruksverket, Jönköping.

Hasna, M.K. (2007). Corky root disease management in organic tomato production – composts, fungivorous nematodes and grower participation. *Acta Universitatis Agriculturae Sueciae* 2007: 114. Sveriges lantbruksuniversitet, Uppsala.

Hasna, M. K., Lagerlöf, J. & Rämert, B. (2008). Effects of fungivorous nematodes on corky root disease of tomato grown in compost-amended soil. *Acta Agriculturae Scandinavica Section B-Soil and Plant Science*, 58(2), ss. 145-153.

Hasna, M.K., Ögren, E., Persson, P., Mårtensson, A. & Rämert B. (2009). Management of corky root disease of tomato in participation with organic tomato growers. *Crop Protection*, 28 (2009), ss. 155–161

Hibar, K., Daami-Remadi, M. & El Mahjoub, M. (2007). Induction of resistance in tomato plants against *Fusarium oxysporum f. sp. radicles-lycopersici* by *Trichoderma* spp. *Tunisian Journal of Plant Protection*, 2 (1), ss. 47-58.

Hirano, Y. & Arie, T. (2006). PCR-based differentiation of *Fusarium oxysporum f. sp. lycopersici* and *radices-lycopersici* and races of *F. oxysporum f. sp. lycopersici*. *J. Gen. Plant Pathol.*, 72, ss. 273-283.

Hjeljord, L.G., Stensvand, A. & Tronsmo, A. (2001). Antagonism of nutrient-activated conidia of *Trichoderma harzianum* (atroviride) P1 against *Botrytis cinerea*. *Phytopathology*, 91, ss. 1172.

Hoitink, H.A.J. & Fahy, P.C. (1986). Basis for the control of soil borne plant pathogens with composts. *Annual Review of Phytopathology*, 24, 93-114.

Hoitink, H.A.J. & Boehm, M.J. (1999). Biocontrol within the context of soil microbial communities: a substrate dependent phenomenon. *Annual Review of Phytopathology*, 37, ss. 427-446.

Jansson, J. (2017), Biologiska växtskyddsmedel i växthus 2017, Jordbruksverket artikel P9:5b. Jordbruksverket, Sverige.

Johansson, S. (2017). Fortsatt osäkerhet för ekologisk växthusodling, *ATL*, 29 juni

Jordbruksverket (2001). Trädgårdsnäringsens växtskyddsförhållanden – Tabeller (Rapport 2001:7B). Jönköping.

Kamilova, F., Validov, S., Azarova, T., Mulders, I., & Lugtenberg, B. (2005). Enrichment for enhanced competitive plant root tip colonizers selects for a new class of biocontrol bacteria. *Environmental Microbiology*, 7(11), ss. 1809-1817.

Kamilova, F., Validov, S., & Lugtenberg, B. (2009). Biological Control of Tomato foot and root rot caused by *Fusarium oxysporum f. sp. radicles-lycopersici* by *Pseudomonas* bacteria. *Acta horticulturae*, 808, ss. 317-320.

Kim, J. T., Park I. H. II Hahm, Y. & Yu, S. H. (2001). Crown and Root rot of Greenhouse Tomato Caused by *Fusarium oxysporum f.sp. radicles-lycopersici* in Korea. *Plant Pathology Journal* 17(5) ss. 290-294.

Kistler, H. C. (1997). Genetic Diversity in the Plant-Pathogenic Fungus *Fusarium oxysporum*. *Phytopathology*, 87(4), ss. 474-479.

Klein, E., Katan, J., & Gamliel, A. (2012). Soil suppressiveness to *Meloidogyne javanica* as induced by organic amendments and solarization in greenhouse crops. *Crop Protection*, 39, ss. 26-32.

Kleinhenz, M.D. (2015). Description of Commercial Tomato Rootstocks as of February 5, 2015. Institute of Food and Agricultural Sciences, University of Florida, USA. (<http://hos.ufl.edu/faculty/gdliu/service-training>)

- KRAV, 2017. *Odling i växthus*. Tillgänglig: <http://www.krav.se/regel/kravs-regler-2017/411-odling-i-vaxthus> [2017-07-06]
- Lapichino, G., Puleo, L., Vetrano, F. & Sciortino, A. (2008). Effects of solarization and biofumigation on tomato greenhouse production in the southern coast of Sicily. *Acta horticultrae*, 801, ss. 1557-1562
- Larkin, R. P. & Halloran, J. M. (2014). Management effects of disease-suppressive rotation crops on potato yield and soilborne disease and their economic implications in potato production. *American Journal of Potato Research*, 91(5), ss. 429.
- LeBoeuf, J., Traquair, J. & Trueman, C. (2010). Disease Update: Tomato corky root and vine decline. Infosheet December 2010. University of Guelph, Kanada. <https://onvegetables.com/2010/12/07/tomato-corky-root/>
- Letourneau D. & van Bruggen A.H.C. (2006). Crop protection in organic agriculture. I Kristiansen, P., Taji, A. & Reganold, J. (red.) *Organic agriculture: a global perspective*. ss. 93–121.
- Liu, J., Gilardi, G., Sanna, M., Gullnio, M. L. & Garibaldi, A. (2010). Biocontrol of Fusarium crown and root rot of tomato and growth-promoting effect of bacteria isolated from recycled substrates of soilless crops. *Phytopathologia Mediterranea*, 49(2), ss. 163.
- McGovern, R.J. & Datnoff, L.E. (1992). Fusarium crown and root rot of tomato: reevaluation of management strategies. *Vegetable Crops Special Series*, ss. 75-82.
- McGovern, R.J., Vavrina, C.S. & MacKay, L.A. (1993). The effect of transplant tray type and tomato cultivar on the incidence of Fusarium crown and root rot in tomato transplants. *Proc. Fla. State Hortic. Soc.*, 106, ss. 173-175.
- McGovern, R.J. (2015) Management of tomato diseases caused by *Fusarium oxysporum*. *Crop Protection*, 73, ss. 78-92
- Mehnaz, S. (2016). An overview of globally available bioformulations. I Arora, N. K., Mehnaz, S. & Balestrini, R. (red.). *Bioformulations: for Sustainable Agriculture*. Springer India. ss. 271.
- Menzies, J. G. & Jarvis, W. R. (1994). The infestation of tomato seed by *Fusarium oxysporum f. sp. radicum-lycopersici*. *Plant pathology*, 43(2), ss. 378.
- Minuto, A., Spadaro, D., Garibaldi, A. & Gullino, L. (2006). Control of soil-borne pathogens of tomato using a commercial formulation of *Streptomyces griseoviridis* and solarization. *Crop Protection*, 25, ss. 468-475.
- Moura, L., Queiroz, I., Mourão, I., Brito, L. M. & Duclos, J. (2010). Effectiveness of soil solarization and biofumigation for the control of corky root and root-knot nematode *Meloidogyne* spp. on tomato. *Acta Horticulturae*, 933, ss. 399-405.
- Nilsson, L. & Åhman, G. (1991). *Kompendium i växtpatologi - Sjukdomar hos trädgårdsväxterna - 22. Tomat, Lycopersicon esculentum*. Opublicerat manuskript. SLU, Institutionen för växt- och skogsskydd.
- Noble, R., Dobrovin-Pennington, A., Pietravalle, S., Weekes, R. & Henry, C.M. (2011). Indicator organisms for assessing sanitization during composting of plant wastes. *Waste Management*, 31, ss. 1711
- Ozbay, N., & Newman, S. E. (2004). Fusarium crown and root rot of tomato and control methods. *Plant Pathology Journal*, 3, ss. 9-18.
- Raviv, M., Oka, Y., Katan, J., Hadar, Y., Yogeve, A., Medina, S., Krasnovsky, A. & Ziadna, H. (2005). High-nitrogen compost as a medium for organic container-grown crops. *Bioresource Technology*, 96 (4), ss. 419-427
- Reddy, P.P. (2016). Sustainable Crop Protection under Protected Cultivation, ss. 83-97.
- Rekah, Y., Shtienberg, D. & Katan, J. (2000). Disease development following infection of tomato and basil foliage by airborne conidia of the soilborne pathogens *Fusarium oxysporum f. sp. radicum-lycopersici* and *F.oxysporum f. sp. basilici*. *Phytopathology*, 90, ss. 1322-1329.

- Rowe, R.C. & Farley, J.D. & Coplin, D.L., 1977. Airborne spore dispersal and recolonization of steamed soil by *Fusarium oxysporum* in tomato greenhouses. *Phytopathology*, 67, ss. 1513-1517.
- Rowe, R. C. & Farley, J. D. (1981). Strategies for Controlling Fusarium Crown and Root Rot in Greenhouse Tomatoes. *Plant Disease*, 65(2), ss. 107.
- Rowe, R. C. (1980). Comparative pathogenicity and host ranges of *Fusarium oxysporum* isolates causing crown and root rot of greenhouse and field-grown tomatoes in North America and Japan. *Phytopathology*, 70 (12), ss, 1143-1148.
- Runia, W.T. & Amsing, J.J. (2001). Lethal temperatures of soilborne pathogens in recirculation water from closed cultivation systems. *Acta Horticulturae*, 554, ss. 333-339
- Sanchez, L.E., Endo, R.M. & Leary, J.V. (1975). A rapid technique for identifying the clones of *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* causing crown and root rot of tomato. *Phytopathology*, 65, ss. 726-727.
- Sánchez-Téllez, S., Herrera-Cid, R. A., Besoain-Canales, X. A., Pérez-Roepke, L. M., & Montealegre-Andrade, J. R. (2013). In vitro and in vivo inhibitory effect of solid and liquid *Trichoderma harzianum* formulations on biocontrol of *Pyrenochaeta lycopersici*. *Inter-ciencia*, 38(6).
- Sherf, A. F. & MacNab, A. A (1986). *Vegetable diseases and their control*. 2. uppl. John Wiley & Sons.
- Shishkoff, N. & Campbell, R. N. (1990). Survival of *Pyrenochaeta lycopersici* and the influence of temperature and cultivar resistance on the development of corky root of tomato. *Plant Disease*, 74(11), ss. 889-894.
- Smith, S. N. (2007). An overview of ecological and habitat aspects in the genus *Fusarium* with special emphasis on the soil-borne pathogenic forms. *Plant Pathology Bulletin*, 16, ss. 97-100
- Smolinska, U. & Horbowicz, M. (1999). Fungicidal activity of volatiles from selected cruciferous plants against resting propagules of soil-borne fungal pathogens. *Phytopathology*, 147, ss.119-124.
- Stremińska, M. A., Runia, W. T., Termorshuizen, A. J., Feil, H. & Van Der Wurff, A. W. G. (2014). Anaerobic soil disinfestation in microcosms of two sandy soils. *Communications in agricultural and applied biological sciences*, 79, ss. 15-18.
- Szczuchura, W., Staniaszek M. & Habdas, H. (2013). *Fusarium oxysporum* f. sp. *radicis-lycopersici*—the cause of Fusarium crown and root rot in tomato cultivation. *Journal of plant protection research* 53(2) ss. 172-176.
- Srinivasan, K., Gilardi, G., Garibaldi, A. & Gullino, M. L. (2009). Bacterial antagonists from used rockwool soilless substrates suppress Fusarium wilt of tomato. *Journal of Plant Pathology*, ss. 147-154.
- Tiedje, J. M., Sexstone, A. J., Parkin, T. B. & Revsbech, N. P. (1984). Anaerobic processes in soil. *Plant and Soil*, 76(1), ss.197-212.
- Tittatelli, F., Bâth, B., Ceglie, F. G., Garcia, M. C., Moller, K., Reents, H. J. & Voogt, W. (2016). *Soil fertility management in organic greenhouses in Europe*. BioGreenhouse.
- Tsitsigiannis, D. I., Antoniou, P. P., Tjamos, S. E., & Paplomatas, E. J. (2008). Major diseases of tomato, pepper and egg plant in green houses. *The European Journal of Plant Science and Biotechnology*, 2, ss. 114
- Validov, S., Kamilova, F., Qi, S., Stephan, D., Wang, J. J., Makarova, N. & Lugtenberg, B. (2007). Selection of bacteria able to control *Fusarium oxysporum* f. sp. *radicis-lycopersici* in stonewool substrate. *Journal of applied microbiology*, 102(2), ss. 461-471.
- van Bruggen, A.H.C. & Finckh, M.R. (2016) Plant Diseases and Management Approaches in Organic Farming Systems *Annual Review of Phytopathology*, 54, ss. 25-54
- Varela, A. R., Rämert, B., & Mårtensson, A. (2009). Potential use of biocontrol agents for control of *Pyrenochaeta lycopersici* in tomato crops. *Acta Agriculturae Scandinavica Section B—Soil and Plant Science*, 59(4), ss. 379-384.

- Vitale, A., Rocco, M., Arena, S., Giuffrida, F., Cassaniti, C., Scaloni, A., Lomaglio, T., Guarnaccia, V., Polizzi, G., Marra, M. & Leonardi, C. (2014). Tomato susceptibility to Fusarium crown and root rot: effect of grafting combination and proteomic analysis of tolerance expression in the rootstock. *Plant Physiology and Biochemistry*, 83, ss. 207
- Winter, C. (2009). Börja odla ekologiskt i växthus. *Jordbruksinformation*, 6.
- Workneh, F., van Bruggen, A.H.C, Drinkwater, L. E. & Shennan, C. (1993). Variables associated with corky root and phytophthora root rot of tomatoes in organic and conventional farms, *Phytopathology*, 83(5), ss. 581.
- Workneh, F. & van Bruggen, A.H.C. (1994a). Microbial density, composition, and diversity in organically and conventionally managed rhizosphere soil in relation to suppression of corky root of tomatoes. *Applied Soil Ecology*, 1, ss. 219-230
- Workneh, F. & van Bruggen, A.H.C. (1994b). Suppression of corky root of tomatoes in soils from organic farms associated with soil microbial activity and nitrogen status of soil and tomato tissue. *Phytopathology*, 84, ss. 688-694.
- Zhang, S., Roberts, P.D., McGovern, R.J. & Datnoff, L.E. (2011). Fusarium crown and root rot of tomato in Florida, Pp, 52.
- Ögren, E. Johansson, K. M., Forsberg, A.S. & Sahlström, K. (2000). Uppföljning av åtgärder mot rottröta i ekologiska tomatodlingar. *Jordbruksinformation 2*, Jordbruksverket, Jönköping.
- Ögren E. (2007). Odlingssystem – odling i markbädd, avgränsad bädd och kruka. *Ekologisk odling i växthus*, 2007/2008. Jordbruksverket, Jönköping.