



Sveriges lantbruksuniversitet  
Swedish University of Agricultural Sciences

Fakulteten för naturresurser och  
jordbruksvetenskap

# Bekämpning av potatisbladmögel i ekologisk produktion

Control of potato late blight in organic production

*Sigrid Johansson*



# Bekämpning av potatisbladmögel i ekologisk produktion

Control of potato late blight in organic production

*Sigrid Johansson*

**Handledare:** Hanna Friberg, Sveriges lantbruksuniversitet, institutionen för skoglig mykologi och växtpatologi

**Btr handledare:** Lina Sjöholm, Sveriges lantbruksuniversitet, institutionen för skoglig mykologi och växtpatologi

**Examinator:** Björn Andersson, Sveriges lantbruksuniversitet, institutionen för skoglig mykologi och växtpatologi

**Omfattning:** 15 hp

**Nivå och fördjupning:** Grundnivå, G2E

**Kurstitel:** Självständigt arbete i biologi – kandidatarbete 15.0 hp

**Kurskod:** EX0689

**Program/utbildning:** Agronom mark/växt

**Utgivningsort:** Uppsala

**Utgivningsår:** 2018

**Omslagsbild:** Potatisbladmögel på en potatisplanta, foto: Lina Sjöholm

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

**Nyckelord:** Potatisbladmögel, *Phytophthora infestans*, bekämpning, ekologisk produktion

**Sveriges lantbruksuniversitet**  
**Swedish University of Agricultural Sciences**

Fakulteten för naturresurser och jordbruksvetenskap  
Institutionen för skogligmykologi och växtpatologi

## Sammanfattning

*Nyckelord:* Potatisbladmögel, *Phytophthora infestans*, bekämpning, ekologisk produktion

Potatisbladmögel orsakas av den aggressiva oomyceten *Phytophthora infestans*, som om den får fäste i ett fält snabbt kan förstöra grödan och orsaka stora ekonomiska konsekvenser för lantbrukaren. Då patogenen är aggressiv behövs strategier för att bekämpa den och i den ekologiska potatisodlingen i Sverige finns inga effektiva bekämpningsmedel, utan lantbrukare har endast odlingstekniska åtgärder att tillgå. I denna litteraturstudie har olika organismer eller substanser som kan tänkas bli godkända i svensk ekologisk potatisproduktion studerats, såsom bakterier, svampar, en oomycet, oljor och växtextrakt från växter, samt ett kemiskt lågriskämne. De metoder som behandlingarna studerats med innefattar *in vitro*, studier på enskilda blad som plockats från plantan (detached leaf assay), plantor i växthus och fältförsök. De flesta försök är gjorda i laboratoriemiljö och få är gjorda i fält. Behandlingarna hämmar *P. infestans* antingen genom direkt verkan på oomyceten med toxiska substanser eller mykoparasitism, eller genom att de ger upphov till inducerad resistens i växten. Ingen organism eller substans som studerats ger ett totalt skydd, men flera av dem visar på positiva resultat som med mer forskning och utveckling kan bli effektiva preparat i sig eller i kombination med andra behandlingar.

## Abstract

*Keywords:* Potato late blight, *Phytophthora infestans*, control, organic production

Potato late blight is caused by the aggressive oomycete *Phytophthora infestans*, that if it gets a grip of the potato-field can quickly destroy the crop and cause major economic consequences for the farmer. Because the pathogen is aggressive, strategies to control it are necessary. In Sweden there are no effective pesticides that can be used in organic production, the farmers only have cultivation techniques to apply. In this literature study different organisms and substances that have the possibility to be approved for organic potato production in Sweden has been studied, such as bacteria, fungi, one oomycet, oils and extracts from plants, and a chemical low risk substance. The methods that the treatments were studied with include *in vitro*, detached leaf assay, plants in greenhouse and field studies. Most of the studies were made in laboratory environment and few were made under field conditions. The treatments inhibit *P. infestans* directly by toxic substances or mycoparasitism, or by initiating induced resistance in the plant. None of the organisms or substances that have been studied give a total disease control, but several of them show positive results that with more research and development can become effective treatments by themselves or in combination with other treatments.

# Innehållsförteckning

<b>1</b>	<b>Inledning</b>	<b>7</b>
<b>2</b>	<b>Material och metod</b>	<b>8</b>
<b>3</b>	<b>Resultat</b>	<b>9</b>
3.1	Bakgrund	9
3.1.1	Potatisbladmögel	9
3.1.2	Bekämpning av potatisbladmögel i Sverige	11
3.2	Alternativ bekämpning i ekologisk odling i Sverige	11
3.2.1	Bakterier	12
3.2.2	Svampar	15
3.2.3	Oomyceter	17
3.2.4	Växtextrakt och oljor	18
3.2.5	Kemiskt lågriskämne	20
<b>4</b>	<b>Diskussion</b>	<b>21</b>
	<b>Referenslista</b>	<b>24</b>



# 1 Inledning

Oomyceten *Phytophthora infestans* orsakar sjukdomarna potatisbladmögel och brunröta, och är en viktig skadegörare inom potatisodlingen globalt. Om skadegöraren får fäste i en odling kan den snabbt döda hela fältet och därmed orsaka stora ekonomiska förluster för potatisodlaren. Då *P. infestans* är en aggressiv skadegörare krävs det strategier för att bekämpa den.

Den ekologiska matpotatisproduktionen stod för 6% av Sveriges totala skörd under 2016 (jordbruksverket, 2017a), något som kan tänkas öka i takt med den ökande efterfrågan på ekologiska livsmedel bland konsumenter (Ryegård & Ryegård, 2018).

Den ekologiska odlingen i Sverige styrs av nationella riktlinjer för ekologisk produktion som är en nationell tolkning av EU:s lagstiftning för ekologisk produktion. För att få sälja sina produkter som ekologiska i Sverige måste EU:s lagstiftning följas (Jordbruksverket, 2018a). För att ett preparat ska få användas i den ekologiska odlingen i Sverige måste den först godkännas eller få dispens av Kemikalieinspektionen och därefter få ett godkännande för ekologisk produktion i EU. Detta gäller för alla typer av direkt bekämpning (Jordbruksverket, 2018b).

## **Syfte/frågeställningar**

Syftet med detta arbete är att genom litteraturstudier sammanställa och beskriva möjliga bekämpningsstrategier i fält mot potatisbladmögel som är eller kan tänkas bli tillåtna i svensk ekologisk potatisproduktion. Bekämpningsstrategier som studerats innefattar bakterier, svampar och oomyceter som kan tänkas användas som biologisk bekämpning, extrakt och oljor från växter, samt ett kemiskt lågriskämne. Sammanställningen tar upp hur långt utvecklingen kommit mot tillämpning av respektive strategi, med vilken metod de testats, samt vilka mekanismer som antas vara av betydelse för bekämpningen.

## 2 Material och metod

Arbetet är en litteraturstudie som till största delen är baserad på vetenskapliga artiklar. Artiklarna är hämtade från vetenskapliga tidskrifter via databasen Web of Science. Material som är kopplat till regelverk och statistik i Sverige är hämtat från Jordbruksverkets hemsida för att få aktuell information för regionen som arbetet handlar om.

För att hitta lämpliga artiklar i databasen användes ett urval av sökord, exempel på sökord var ”phytophthora infestans”, ”potato late blight”, ”organic farming”. Dessa sökord kombinerades och i de sökningar där fokus låg på att hitta artiklar om specifika behandlingsmetoder lades dessa metoder till i sökorden exempelvis ”trichoderma”. De artiklar som kom ur sökningarna gav i sin tur ny information som ledde till nya sökningar.

Avgränsningar som gjorts i arbetet är till metoder och preparat som kan tänkas bli godkända inom den ekologiska odlingen av potatis i Sverige. Då de flesta av metoderna som finns beskrivna i arbetet inte är godkända idag är det svårt att vara helt säker på att de kommer fungera i den ekologiska odlingen i Sverige i framtiden. De måste prövas av Kemikalieinspektionen för att vara godkända i Sverige och sedan görs en bedömning om de kan tillåtas i den ekologiska odlingen.



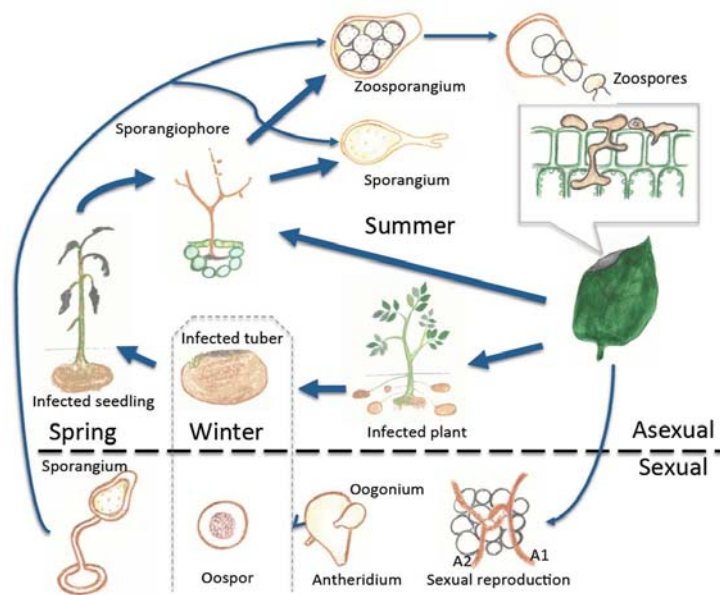
## 3 Resultat

### 3.1 Bakgrund

#### 3.1.1 Potatisbladmögel

Potatisbladmögel orsakas av oomyceten *Phytophthora infestans*, som är en av de mest förödande patogenerna i potatisodlingar runt om i världen. Oomyceten kan angripa knöl, stjälk och blad (Fehrmann & Dimond, 1967). Om knölna angrips kallas sjukdomen brunröta.

Livscykeln för *Phytophthora infestans* kan delas upp i två delar, en asexuell cykel och en sexuell cykel (figur 1). *P. infestans* har två parningstyper, A1 och A2. Om endast en av dessa finns närvarande sker förökningen genom en asexuell cykel, medan om de båda typerna finns närvarande kan förökning ske genom en sexuell cykel.



Figur 1 *Phytophthora infestans* livscykel. (Illustration: Alvar Grönberg 2012)

I den asexuella cykeln växer sporangioforer ut från infekterade blad eller stjälk, vilka producerar sporangier som är oomycetens förökningskroppar. De kan spridas till nya potatisfält med vind, men avståndet är begränsat då de påverkas negativt av UV-ljus (Mizubuti et al., 2000). Sporangier som landar på en mottaglig värdväxt kan själva infektera plantan eller släppa ifrån sig zoosporer som i sin tur infekterar plantorna. När plantorna är infekterade bildar oomyceten ett mycel som växer inne i bladvävnaden och ger upphov till att vävnaden dör. Patogenen bildar snabbt nya sporangier som kan ge upphov till nya infektioner (Fry, 2008). Knölar kan infekteras genom att sporangier eller zoosporer följer med vatten från regn eller bevattning ner genom jordprofilen till knölen. Även kontakt med infekterad blast eller kontaminerad jord kan ge upphov till infektion i knölen (Nowicki et al., 2012).

Om en planta infekteras av båda parningstyperna kan förökning ske genom en sexuell cykel när infektioner av A1 och A2 växer ihop och bildar oosporer. Oosporeorna bildas inuti plantans blad och stjälkar och hamnar i marken när plantan vissnar, där de kan överleva flera år då de har tjocka väggar som skyddar dem mot yttre faktorer. Vid gynnsamma förhållanden växer ett sporangium ut från oosporen som kan infektera nya plantor och sprida patogenen vidare (Drenth et al., 1995).

### 3.1.2 Bekämpning av potatisbladmögel i Sverige

#### *Konventionell odling*

I den konventionella odlingen av potatis i Sverige förlitar sig odlaren på förebyggande odlingstekniska åtgärder för att förebygga angrepp av potatisbladmögel, exempelvis genom att använda friskt utsäde samt att inte återkomma med odlingen av potatis för ofta till samma fält, men också på kemiska bekämpningsmedel. Bekämpningen med kemiska preparat sker i förebyggande syfte med behandling i växande gröda där behandlingen kan baseras på olika prognosprogram eller erfarenhet hos lantbrukaren (Jordbruksverket, 2018c).

#### *Ekologisk odling*

I den ekologiska odlingen är det inte tillåtet att använda kemiska bekämpningsmedel. I stora delar av Europa är det tillåtet att behandla potatisen med kopparsulfat, men detta är inte tillåtet i Sverige. Det medför att ekologiska potatisproducenter i Sverige inte har något effektivt bekämpningsmedel mot potatisbladmögel i dagsläget. Producenterna måste förlita sig helt på förebyggande åtgärder i sin odling såsom friskt utsäde, tidig sådd, val av tidiga sorter som kan sköras innan patogenen hinner angripa, val av potatissorter som har bra motståndskraft mot potatisbladmögel, och en bra växtföljd där man inte återkommer med potatisodlingen till ett fält för ofta (Jordbruksverket, 2017b).

## 3.2 Alternativ bekämpning i ekologisk odling i Sverige

Nedan är en tabell (tabell 1) över de testade behandlingar och genom vilken metod de testats med. De metoder som behandlingarna testats med innefattar *in vitro*, detached leaf assay, plantor i växthus och fältförsök. *In vitro* innebär att behandlingen testas på en agarplatta där *P. infestans* odlas. I detached leaf assay tas ett blad från den växt som behandlingen ska studeras och läggs i exempelvis en petriskål. Därefter behandlas bladet och inokuleras med *P. infestans*. I försök med plantor i växthus testas behandlingen på hela plantor som behandlas och inokuleras med oomyceten. Den sista metoden är fältförsök där behandlingen testas på plantor i fält. Några av behandlingarna är gjorda på tomat, en växt som är intressant att studera då den är släkt med potatis och angrips av *P. infestans*, men det är viktigt att poängtera att det finns skillnader i hur aggressiva olika genotyper av patogenen är mellan potatis och tomat.

Tabell 1. Sammanställning av de organismer och substanser som undersökts för sin effekt mot *P. infestans* eller potatisbladmögel, och vilka metoder som använts i undersökningarna (gråmarkerade fält)

Behandling	Metod			
	In vitro	Detached leaf assay	Plantor i växthus	Fältförsök
<i>Pseudomonas fluorescens</i>				
<i>Pseudomonas koreensis</i>				
<i>Bacillus pumilus</i>				
<i>Bacillus subtilis</i>				
<i>Xenorhabdus bovienii</i>				
<i>Xenorhabdus nematophilus</i> var. <i>pekingensis</i>				
<i>Lysobacter capsici</i>				
<i>Fusarium oxysporum</i>				
<i>Trichoderma harzianum</i>				
<i>Chaetomium globosum</i>				
<i>Epicoccum nigrum</i>				
<i>Metschnikowia pulcherrima</i>				
<i>Pythium oligandrum</i>				
<i>Allium sativum</i>				
<i>Solidago canadensis</i>				
<i>Rheum rhabarbarum</i>				
<i>Cupressus benthamii</i>				
<i>Vetiveria zizanioides</i>				
<i>Citrus bergamia</i>				
<i>Citrus X sinensis</i>				
<i>Origanum vulgare</i>				
<i>Hyssopus officinalis</i>				
BABA				

### 3.2.1 Bakterier

#### *Pseudomonas*

*Pseudomonas* spp. är ett släkte gramnegativa aeroba bakterier. Flera arter har undersökts för sin förmåga att hämma *P. infestans* och potatisbladmögel.

*Pseudomonas fluorescens* isolat C148 inhiberade tillväxten av *P. infestans* både *in vitro* och *in vivo*. *In vivo* testades bakterien genom att först tillsätta av en suspension innehållande bakterien direkt på potatisplantor i växthus och därefter inokulera

med *P. infestans*. Bäst resultat gav försök där suspensionen tillsattes i en hög koncentration (Jongebloed et al., 1995). I försök *in vitro* och på hela plantor i växthus inhiberade *P. fluorecens* isolat LBUM 636 patogenens tillväxt, då den producerar ett antibiotikum, phenazine-1-carboxylic acid (PCA) som har antioomycetiska egenskaper (Morrison et al., 2017). *P. fluorecens* producerar även cyclic lipopeptid (CLPs) där föreningen massetolide A uppvisar egenskaper som hämmar sporangietillväxten av *P. infestans* (van de Mortel et al., 2009) *P. fluorecens* isolat SS101 hade en bra inhiberande effekt på tillväxten av *P. infestans* på blad av en tomatplanta i växthus. Bakterien producerar metaboliten massetolide A som hämmar myceltillväxten (Tran et al., 2007)

*Pseudomonas koreensis* testades *in vivo*. Med metoden detached leaf assay behandlades potatisblad med en suspension innehållande *P. koreensis* isolat 2.74, där försöket visade att bakterien minskade tillväxten av *P. infestans* jämfört med kontrollen. *P. koreensis* producerar ytaktiva ämnen, så kallade surfaktanter, som har hämmande effekt på svamp och oomyceter. Dessa renades fram och testades *in vitro*, och visade en hämmande effekt på tillväxten av *P. infestans* vid koncentrationen 1 mg/ml, samt en direkt påverkan på zoosporerna, men ingen effekt på produktionen av sporangier. Vid tillsättning av surfaktanten på potatisblad i en detached leaf assay observerades en signifikant minskning i utbredningen av *P. infestans* vid koncentrationen 0,5 mg/ml jämfört med kontrollen (Hultberg et al., 2010). Vid behandling av hela potatisplantor i växthus där *P. infestans* inokulerats efter behandlingen med surfaktanten förhindrades en snabb utveckling av patogenen jämfört med kontrollplantorna. Försöket visar att surfaktanten ensam har en bättre förmåga att hämma *P. infestans* än bakteriesuspensionen (Bengtsson et al., 2015). Detta resultat kan bero på en minskad produktion av surfaktanter hos *P. koreensis* när den befinner sig i fyllospäran, istället för i sin naturliga miljö som är rhizospäran (Hultberg et al., 2008).

### *Bacillus*

*Bacillus spp.* är ett släkte grampositiva bakterier. Flera arter i släktet har studerats för sina hämmande effekter av *P. infestans* och potatisbladmögel.

*Bacillus pumilus* testades både *in vitro* och *in vivo* mot *P. infestans*. Isolat W1 inhiberade tillväxten av *P. infestans* *in vitro* med 85% jämfört med kontrollen, men vid behandling med detached leaf assay och behandling av hela potatisplantor i växthus gav bakterien sämre effekt. I försöket med behandling av hela plantor testades behandlingen lokalt på vissa blad medan andra blad på samma planta lämnades obehandlade. Isolat W1 gav 17% inhiberande effekt på de blad som blivit behandlade samt 47% inhiberande effekt på obehandlade blad av samma planta. I samma försök

gav isolatet M1 något sämre resultat än isolat W1 *in vitro* och detached leaf assay, medan den gav ett bättre resultat vid behandlingen av hela plantor. Isolat M1 inhi-berade tillväxten av *P. infestans* med 36% på blad som blivit behandlade och med 67% på de blad som var obehandlade på samma planta. Resultaten tyder på att be-handling med bakteriesuspensionen av både isolat W1 och M1 inducerar resistens i plantan, vilket innebär att bakterien trigger växtens egna försvar mot patogener och därmed ger ett skydd (Daayf et al., 2003).

*Bacillus subtilis* studerades för sin hämmande verkan på *P. infestans in vitro* och *in vivo*. Isolat QST 713 är den aktiva substansen i det kommersiella växtskyddspreparatet Serenade. I försök *in vitro* hämmade bakterien tillväxten av *P. infestans* med nära 100% jämfört med kontrollen vid tillsättningen av preparatet i koncentrationen 100 ppm och 1000 ppm innan inokulering av patogenen. Den hämmande effekten höll en jämn nivå över tid, och efter 21 dagar såg resultatet likadant ut. *In vivo* tes-tades preparatet genom behandling av hela potatisplantor i växthus och här häm-made bakterien tillväxten av oomyceten med 30–40% jämfört med på kontrollplan-torna. Men Serenade i en hög koncentration gav en fytotoxisk effekt på plantorna (Olanya & Larkin, 2006). I ett annat försök visade *B. subtilis* isolat B1 en hämmande effekt på tillväxten av *P. infestans in vitro* med 81%. *In vivo* studerades bakterie-suspensionen med detached leaf assay där behandlingen gav ett 10–20% skydd mot patogenen. Vid tillsättning av bakteriesuspension på vissa blad av potatisplantor i växthus gav bakterien 60% skydd på de blad som blivit behandlade samt ett 70% skydd av blad på samma planta som inte blivit behandlade. Det visar på att bakterien ger upphov till inducerad resistens i växten (Daayf et al., 2003).

#### *Xenorhabdus*

*Xenorhabdus spp.* är ett släkte gramnegativa bakterier som lever i symbios med en-tomopatogena nematoder i släktet *Steinernema*. Några arter har studerats och de uppvisar hämmande effekt mot *P. infestans* och potatisbladmögel.

*Xenorhabdus bovienii* har hittats i tarmen hos nematoder i släktet *Steinernema* i dess juvenila stadier. Bakterien producerar metaboliter med antimikrobiell verkan. Metaboliter från isolat A2 har i försök renats fram och testats för sin antimikrobiella aktivitet mot *P. infestans*. Försöket gjordes både *in vitro* och *in vivo* på 4–5 veckors gamla potatisplantor i växthus. I testet *in vitro* visade metaboliterna på en häm-mande effekt på tillväxten av oomyceten i koncentrationen 0,1mg/ml. Vid tillsätt-ning av metaboliterna på hela plantor i växthuset i koncentrationerna 5,0 mg/ml och 10,0 mg/ml hämmades utvecklingen av patogenen i båda fallen. Den högre koncent-rationen hämmade *P. infestans* bäst men hade också en hög fytotoxisk effekt på bladen. Sammansättningen av metaboliterna är oklar (Ng & Webster, 1997).

*Xenorhabdus nematophilus* var. *pekingensis* har isolerats från jord från Beijing, Kina där bakterien lever i symbios med nematoden *Steinernema carpocapsae*. Bakterien producerar antibakteriella metaboliter, där Xenocoumacin 1 (Xcn1) är en viktig antimikrobiell substans. Xcn1 renades fram från isolatet CB6 och testades i försök mot *P. infestans* både *in vitro* och *in vivo*. *In vitro* hämmade Xcn1 i koncentrationen 1,5µg/ml myceltillväxten av *P. infestans* med 100% jämfört med kontrollen. Behandlingen hade även en hämmande effekt på sporangiebildningen. *In vivo* testades Xcn1 mot oomyceten både med detached leaf assay och med behandling av hela potatisplantor i växthus. Behandlingen med Xcn1 i koncentrationerna 12µg/l och 6µg/l gav nästintill fullständigt skydd mot tillväxt av oomyceten, 100% respektive 92,63% jämfört med kontrollen med detached leaf assay. Hela potatisplantor i växthus behandlades med koncentrationerna 6µg/l och 3µg/l och inokulerades med *P. infestans*. Sju dagar efter inokulum av *P. infestans* visade Xcn 1 en inhiberande effekt av tillväxten av patogenen med 80,27% respektive 70,53% jämfört med kontrollplantorna (Yang et al., 2011).

#### *Lysobacter*

*Lysobacter* spp. är ett släkte gramnegativa bakterier som återfinns i jord och vatten (Christensen & Cook, 1978). De har egenskaper som är intressanta inom biologisk bekämpning av ett flertal patogener (Hayward et al., 2010). En art ur släktet visar på egenskaper som hämmar *P. infestans*.

*Lysobacter capsici* har testats både *in vitro* och *in vivo* mot *P. infestans*. Isolat AZ78 hämmade myceltillväxten av *P. infestans* med 73% jämfört med kontrollen *in vitro*. Bakterien gav upphov till toxiska effekter på *P. infestans* sporangier. *In vivo* testades hela tomatplantor i växthus. De behandlades med en suspension innehållande bakterien innan de inokulerades med *P. infestans*. *L. capsici* har en hög effektivitet mot patogenen och skyddade plantan upp till 92,4% jämfört med kontrollplantorna. Bakterien producerar metaboliter som verkar antimikrobiellt, där en viktig metabolit är cyclo(L-Pro-L-Tyr) som är toxisk för sporangier (Puopolo et al., 2014).

### 3.2.2 Svampar

#### *Fusarium*

*Fusarium* är ett släkte filamentösa svampar, där de flesta arter är ofarliga för växter med undantag för några växtpatogener (Gordon & Martyn, 1997). En art har visat på hämmande effekter av patogenen *P. infestans* och potatisbladmögel.

*Fusarium oxysporum* är en art inom *Fusarium*-släktet som innehåller både patogena och icke-patogena isolat. Isolat EF119 är ett icke-patogent isolat som visade på antimikrobiella egenskaper mot *P. infestans* både *in vitro* och *in vivo*. *In vitro* hämmade *F. oxysporum* patogenen upp mot 90% jämfört med kontrollen. Svampen bildar antimikrobiella substanser, där två har identifierats som bikaverin och fusariumsyra. De testades *in vivo* där hela tomatplantor i växthus behandlades med en lösning innehållande bikarverin respektive fusariumsyra, och därefter inokulerades plantorna med isolat av *P. infestans*. Båda behandlingarna inhiberade tillväxten av *P. infestans* på plantorna (Son et al., 2008).

#### *Trichoderma*

*Trichoderma* är ett släkte svampar som återfinns i jorden och kring växters rötter. Släktet innehåller flera arter som är intressanta inom biologisk bekämpning av flera patogener (Harman et al., 2004.) En av dem är *Trichoderma harzianum* som hämmar *P. infestans*.

*Trichoderma harzianum* har testats mot *P. infestans in vitro* och *in vivo*. Isolat HNA14 hämmade tillväxten av *P. infestans in vitro* med 56,8% jämfört med kontrollen och växte över oomyceten. Svampen testades även på potatisplantor i växthus och gav då en signifikant minskning av patogenens utbredning. I försök gjorda i fält reducerade svampen angreppen av patogenen signifikant jämfört med kontrollen. *T. harzianum* utsätter *P. infestans* för mykoparasitism, då dess hyfer slingrar sig kring samt in i oomycetens hyfer. Svampen producerar även antimykotiska metaboliter som hämmar patogenens tillväxt. (Yao et al., 2016).

#### *Chaetomium*

*Chaetomium* är ett släkte svampar som finns naturligt i jorden. Flera arter har studerats utifrån sina egenskaper att hämma ett flertal patogener (Soytong et al., 2001). En art har undersökts för sin förmåga att hämma *P. infestans* och potatisbladmögel.

*Chaetomium globosum* har testats *in vitro* och *in vivo* mot *P. infestans*. Isolat Cg-6 visade på inhiberande effekt på tillväxten av *P. infestans* i test *in vitro* med 72,3% jämfört med kontrollen. Svampen testades *in vivo* i fält med behandling av jord, knöl och blad, där behandlingen bestod av en suspension innehållande *C. globosum*. Behandlingarna av de olika växtdelarna testades var för sig samt i en kombination. Bäst resultat mot patogenen gav försöket som kombinerar behandlingarna. Isolatet producerar antibiotikan Chaetomin vilket antas ha en hämmande effekt på tillväxten av *P. infestans* (Shanthiyaa et al., 2013).



### *Epicoccum*

*Epicoccum* är ett släkte svampar där arten *Epicoccum nigrum* i tidigare studier har visat kunna hämma patogener (Larena et al., 2004; Madrigal et al., 1994). Detta gör det intressant att studera artens effekt på *P. infestans*.

*Epicoccum nigrum* isolat XF1 studerades *in vitro* och *in vivo* mot *P. infestans*. *E. nigrum* hämmade tillväxten av *P. infestans in vitro*. Den visar på mykoparasitiska egenskaper då hyfer av oomyceten som befann sig närmast *E. nigrum* blev förkrympta och förvrängda. Svampen hämmade även sporangietillväxten och bildandet av zoosporer. *In vivo* testades svampens effekt mot oomyceten med detached leaf assay, där behandlingen hämmade utbredningen av potatisbladmögel med nära 90% jämfört med kontrollen. Svampen testades även på hela potatisplantor i växthus, där behandlingen gav ett 66% skydd. Därefter testades *E. nigrum* i ett fältförsök, vilket gav ett sämre resultat än försöken i laboratoriemiljö och växthus. (Li et al., 2013).

### *Metschnikowia*

*Metschnikowia pulcherrima* är en jästsvamp som studerats *in vivo* för sin förmåga att hämma *P. infestans* och potatisbladmögel i potatis. I försök med detached leaf assay av potatis tillsattes en suspension av jästsvampen innan inokulering av *P. infestans*. Svampen hämmade *P. infestans* tillväxt upp till 80% sju dagar efter inokulering, men därefter sjönk effekten (Hadwiger et al., 2015). Jästsvampars cellväggar innehåller kitin som omvandlas till kitosan när svampen bryts ner (Wan et al., 2008). Kitosan har en hämmande effekt på *P. infestans* tillväxt, samt triggat växtens eget försvar mot växtskadegöraren genom inducerad resistens (Atia et al., 2005).

## 3.2.3 Oomyceter

### *Pythium*

*Pythium* är ett släkte oomyceter som innehåller både patogener och icke-patogener. Flera arter har visat på hämmande effekt på växtpatogener (Karaca et al., 2008; Ribeiro & Butler, 1995). En art har testats för sin förmåga att hämma *P. infestans* och potatisbladmögel.

*Pythium oligandrum* är en art som visar på en hämmande effekt på *P. infestans* och har studerats *in vitro* och *in vivo*. I försök *in vitro* där både *P. oligandrum* och *P. infestans* odlades på samma agarplatta visade *P. oligandrum* på mykoparasitiska egenskaper. *P. oligandrum* lindade sina hyfer runt *P. infestans* hyfer när de kommer

nära varandra (Horner et al., 2012). *P. oligandrum* är en aktiv substans i växtskyddsmedlet Polyversum, som testades i försök i fält. I de led där både knölar och blad behandlats finns det en signifikant skillnad mellan behandlingen och kontrollen, där behandlingen har en lägre utbredning av *P. infestans* (Kurzawinska & Mazur, 2009).

### 3.2.4 Växtextrakt och oljor

#### *Vitlök*

Vitlök (*Allium sativum*) är en lökväxt där klyftorna testats i behandling mot potatisbladmögel. När cellväggarna förstörs bildas ämnet allicin då ämnet alliin blandas med enzymet alliin-lyase. Allicin är en antimikrobiell substans som *in vitro* hämmade myceltillväxten av *P. infestans*. När *P. infestans* utsättes för allicin i gasform hämmades bildningen av sporangier märkbart. *In vivo* testades allicin på potatisknölar, både med gas och med vätska direkt på knölen. Bäst effekt gav behandling innan eller samtidigt som inokulum av *P. infestans* (Curtis et al., 2004). Vid försök med behandling med allicin på tomatplantor i höga koncentrationer hämmades sporbildningen av *P. infestans* (Portz et al., 2008).

#### *Kanadensiskt gullris*

Kanadensiskt gullris (*Solidago canadensis*) är en växt inom familjen korgblommiga växter. Extrakt från växtens blad, stammar och blommor har testats för sin förmåga att hämma *P. infestans*. I försök med detached leaf assay där potatisbladet behandlades 24 timmar innan det inokulerades med *P. infestans* var utbredningen av potatisbladmögel på bladet ca 5% medan kontrollen hade en utbredning på 40%. När bladet behandlades en timme efter inokulering av patogenen blev resultatet något sämre med en utbredning på ca 12%. När hela plantor behandlades och sedan inokulerades med *P. infestans* blev resultatet sämre än på detached leaf assay (Stephan et al., 2005).

#### *Rabarber*

Rabarber (*Rheum rhabarbarum*) är en växt tillhörande familjen slideväxter. Extrakt från rabarber har testats för sin förmåga att hämma *P. infestans* och potatisbladmögel. Extraktet undersöktes med detached leaf assay och på hela potatisplantor i växthus. När bladen behandlades 24 timmar innan *P. infestans* inokulerades är utbredningen av patogenen ca 28% jämfört med kontrollen. Vid tillsättning av extraktet på bladet 1 timme efter inokulering av *P. infestans* var utbredningen ca 10%. I försöket när hela plantor i växthus behandlades med extraktet blev resultatet sämre än med detached leaf assay, men det var en signifikant minskning av *P. infestans* utbredning (Stephan et al., 2005).

### *Cypress*

Cypress (*Cupressus benthamii*) är en cypressväxtart där extrakt från bladen studerats för sin hämmande effekt på *P. infestans* och potatisbladmögel. Cypressextrakt testades *in vivo* med detached leaf assay av tomatblad och på plantor i växthus. I försöket med detached leaf assay behandlades bladet först med extraktet och därefter tillsattes *P. infestans* i en suspension, vilket resulterade i att behandlingen gav ett högt skydd mot *P. infestans*. Vid behandling av hela plantor i växthus gav behandlingen en sämre effekt, men fortfarande ett skydd då den försenade utbredningen av patogenen på bladen. Verkningsmekanismen hos extraktet mot *P. infestans* är inte klarlagd (Goufo et al., 2008)

### *Vetiveria zizanioides*

*Vetiveria zizanioides* är ett halvgräs där extrakt från roten har undersökts *in vitro* och *in vivo* för sin hämmande förmåga av *P. infestans* och potatisbladmögel. *In vitro* visade extraktet på en hämmande effekt på 23% på sporbildningen av *P. infestans* jämfört med kontrollen. *In vivo* testades behandlingen på tomatblad med detached leaf assay, där behandlingen hämmar patogenens utbredning på bladet. Därefter testades behandlingen på hela tomatplantor i växthus, där försöket visade på något sämre skydd än med detached leaf assay. Extraktets verkningsmekanism mot *P. infestans* är inte klarlagd. (Goufo et al., 2008)

### *Bergamott*

Bergamott (*Citrus bergamia*) är en citrusfrukt där oljan från skalet har testats för sin hämmande effekt på *P. infestans* och potatisbladmögel. Oljan från bergamott innehåller ca 5% oxiderade monoterpener som är antimikrobiella (Messgo-Moumene et al., 2015). Oljan testades *in vitro* där den inhiberade tillväxten av *P. infestans* mycel med 55% jämfört med kontrollen. Både ren olja och utspädd 1:10 hindrade patogenens sporulation med 100%. *In vivo* testades oljan med detached leaf assay, både med ren olja samt utspädd i koncentrationen 1:10. I båda fallen uppnåddes en god hämmande effekt på tillväxten av patogenen.

### *Apelsin*

Apelsin (*Citrus x sinensis*) är en citrusfrukt vars skal innehåller en olja som testats för sin förmåga att hämma *P. infestans* och potatisbladmögel. Oljan hämmade myceltillväxten av *P. infestans* *in vitro* med 53% jämfört med kontrollen. Den utspädda oljan inhiberade sporulationen med 50% och utspädd 1:10 inhiberade sporulationen med 27%. Oljan hämmade även tillväxten av patogenen med detached leaf assay. Oljan från apelsin innehåller ca 2,2% oxiderade monoterpener som är antimikrobiella (Messgo-Moumene et al., 2015).

### *Oregano*

Oregano (*Origanum vulgare*) är en växt inom familjen kransblommiga växter, där oljan från oregano har testats för sin hämmande förmåga av *P. infestans*. *In vitro* hämmade oljan tillväxten av *P. infestans* i koncentrationerna 100 ppm och 1000 ppm med 90% respektive 100% jämfört med kontrollen. *In vivo* testades oljan genom att hela plantor behandlades och därefter inokulerades med *P. infestans*. Oljan hämmade utbredningen av patogenen med 20–38% jämfört med kontrollen. Oregano innehåller antimikrobiella substanser som hämmar *P. infestans* (Olanya & Larkin, 2006).

### *Isop*

Isop (*Hyssopus officinalis*) är en växt inom familjen kransblommiga växter. Extrakt från växten testades för sin förmåga att hämma *P. infestans* *in vitro* och *in vivo*. *In vitro* gav extraktet 55% inhibering av *P. infestans* myceltillväxt jämfört med kontrollen. *In vivo* testades hela potatisplantor i växthus, där behandlingen gav 70–85% inhibering av patogenens tillväxt jämfört med kontrollen. Att extraktet har en låg verkningsgrad *in vitro* och en högre verkningsgrad *in vivo* kan indikera att behandlingen ger upphov till inducerad resistens i plantan (Quintanilla et al., 2002).

## 3.2.5 Kemiskt lågriskämne

Det är inte självklart att ett kemiskt lågriskämne kan bli godkänt inom den ekologiska odlingen då gränsen mellan kemiska bekämpningsmedel och en oorganisk förening är subtil. Föreningen kan bli intressant inom den ekologiska odlingen om den kan hämma potatisbladmögel effektivt och samtidigt inte ha någon toxisk verkan på miljön.

### *BABA*

DL-3-aminobutyric acid (BABA) är ett ämne som studerats då den visat på egenskaper som inducerar resistens i ett flertal växter (Cohen, 2002). I försök behandlades potatisblad med BABA med detached leaf assay vid olika tillväxtstadier. Behandlingar gjorda i tidiga stadier gav bäst skydd mot *P. infestans*, men resultaten varierade mellan olika potatissorter (Andreu et al., 2006). När BABA tillsättes till potatisplantor i växthus minskade *P. infestans* utbredning på bladen med 40–50% jämfört med kontrollen, dock minskade effekten av behandlingen efter 4–5 dagar (Liljeroth et al., 2010). Vid behandling med BABA ger behandlingen upphov till inducerad resistens i växten (Bengtsson et al., 2014).

## 4 Diskussion

Potatisbladmögel är en viktig sjukdom inom potatisodlingen globalt. Då den snabbt kan förstöra potatisodlingar behöver potatisproducenter ha strategier för att bekämpa den. Med en ökad efterfrågan på ekologiska livsmedel borde det finnas potential för den ekologiska potatisproduktionen att öka, men risken för att drabbas av potatisbladmögel och bristen på effektiva ekologiskt godkända preparat har sannolikt en hämmande effekt på den utvecklingen.

Bakterier, svampar och oomyceten som tagits upp i arbetet är levande organismer, som när de används som behandling mot växtsjukdomar ingår i begreppet biologisk bekämpning. Biologisk bekämpning kan vara en del i lösningen för att bekämpa potatisbladmögel i ekologisk potatisproduktion. Vid biologisk bekämpning samverkar ofta flera verkningsmekanismer, vilket försvårar för patogenen att utveckla resistens mot bekämpningen, till skillnad från ett kemiskt preparat som verkar genom en eller några få verkningsmekanismer. Några bakterier som är intressanta att fortsätta studera är *Bacillus subtilis*, *Xenorhabdus nematophilus* var. *Pekingensis* och *Lysobacter capsici* då de visar på att de har bra effekt mot patogenen. Även svamparna *Fusarium oxysporum*, *Trichoderma harzianum* och *Epicoccum nigrum* hämmar *P. infestans*, men inte lika effektivt som de nämnda bakterierna. Oomyceten *Pythium oligandrum* är också en intressant organism att fortsätta studera då den visar på bra hämmande egenskaper mot *P. infestans*.

Det är svårt att säga exakt hur ett kemiskt bekämpningsmedel och ett bekämpningsmedel som är godkänt i den ekologiska odlingen skiljer sig åt. Ett kemiskt ämne som BABA har ingen självklar plats som en potentiell bekämpningsstrategi för potatisbladmögel. BABA inducerar resistens i potatisplantan och kan vara intressant då den inte uppvisar någon skadlig inverkan på varken planta eller miljö.

De behandlingar som består av vegetabiliska oljor och extrakt från bergamott, oregano och isop hämmar *P. infestans* effektivt. För att utvinna dem i större skala behövs stora kvantiteter av växten i fråga och det kan vara svårt att motivera en så resurskrävande framställning där priset på den färdiga produkten troligtvis blir högt, vilket troligen hämmar utvecklingen av dessa typer av behandlingar.

De substanser som presenteras i detta arbete har antingen en direkt påverkan på *P. infestans* eller ger upphov till inducerad resistens i värdväxten. När metoden detached leaf assay används för test av behandling mot *P. infestans* går det bara att studera behandlingens direkta påverkan på patogenen. Det gör det svårt att testa om en behandling kan ge upphov till inducerad resistens i växten, vilket är en tänkbar strategi för att minska patogenens inverkan i odlingen. I de studier där detached leaf assay används som metod för att screena lämpliga behandlingsmetoder riskeras de metoder som ger upphov till inducerad resistens att bli upptäckta.

Det är få försök som är gjorda i fält, vilket troligtvis beror på att sådana försök är resurskrävande och kostsamma. I de försök som är gjorda i fält ger ofta behandlingen ett sämre resultat än försöken i laboratorium med samma behandling. Att effekten generellt blir sämre i fält än i laboratorium beror på att förhållandena i fält skiftar mer och parametrar så som sol, vind, regn och andra patogener kan påverka behandlingarnas verkan på växten eller patogenen. Det kan vara svårt att få preparaten att fästa på bladen där de behövs för att göra verkan, och i de behandlingar där levande organismer används är det en svårighet att få dem att trivas och föröka sig. Det är önskvärt om de metoder som verkar lovande i laboratoriemiljö kan testas i fält och kunna utvecklas för att klara av skiftande förhållanden.

I de olika försöken som tas upp i detta arbete användes olika genotyper av *P. infestans*, vilket gör det svårt att jämföra behandlingarna med varandra då vissa genotyper är mer aggressiva än andra. I försök i laboratoriemiljö utsätts de olika behandlingarna för en bestämd genotyp, till skillnad från fältförsök där behandlingarna utsätts för en mer naturlig population av *P. infestans* som är svår att testa i laboratoriet. Det hade varit intressant att studera behandlingar tillsammans med genotyper som förekommer i Sverige. Ett första steg kan vara att testa behandlingar i laboratoriemiljö med genotyper som finns i Sverige, och därefter gå vidare med de behandlingar som känns lovande och testa dem i fält.

De flesta försök som tagits upp i arbetet är testade på potatis, vilken är den gröda som syftet i arbetet fokuserar på. Några försök är gjorda på tomat, en växt som tillhör samma familj som potatis och som är intressant att studera då *P. infestans* angriper även denna växt. Av de försök som ser ut att ha potential i försöken gjorda

på tomat exempelvis *Lysobacter capsisi* är det intressant att gå vidare med försök gjorda på potatis för att se hur behandlingen fungerar där. Man måste dock vara klar över att det finns skillnader i hur aggressiva olika isolat av *P. infestans* är på potatis respektive tomat.

Ingen behandling som tas upp i detta arbete ger ett totalt skydd mot *P. infestans*, något som kan förklara varför det inte finns så många kommersiella preparat på marknaden. Däremot finns det flera behandlingar som visar på utvecklingspotential, där det behövs mer forskning och utveckling för att de ska bli mer effektiva och klara den påfrestande miljö som råder i fält. Behandlingarna behöver inte nödvändigtvis ge ett totalt skydd mot *P. infestans* själva, utan de kan tänkas användas tillsammans med odlingstekniska åtgärder och därmed ge ett bra skydd mot patogenen. Även att kombinera olika behandlingar som kan komplettera varandra genom olika verkningsmekanismer eller olika behandlingstidpunkter kan vara tänkbara strategier för att bekämpa potatisbladmögel. De behandlingar som utvecklas för den ekologiska potatisodlingen kan vara intressanta även för den konventionella odlingen, som komplement till de nuvarande kemiska bekämpningsmedlen eller som ersättare om de förbjuds eller om *P. infestans* utvecklar resistens mot dem.

### **Slutsats**

I dagsläget finns inga preparat för kommersiell användning som har en effekt i nivå med kemiska bekämpningsmedel. För att studera behandlingarnas inverkan på *P. infestans* har man i försöken använt olika metoder, där vissa metoder används mer frekvent än andra. De flesta behandlingarna har studerats *in vitro*, med detached leaf assay och på hela plantor i växthus, men endast några få är testade i fält. Behandlingarna som tagits upp i arbetet verkar antingen direkt på *P. infestans* genom toxiska substanser eller mykoparasitism, eller ger upphov till inducerad resistens i plantan.

Ingen bekämpningsstrategi som studerats i detta arbete ger ett fullgott skydd mot potatisbladmögel, däremot finns det flera behandlingar som i försök gett positiva resultat som med mer forskning och utveckling kan ha potential att nå kommersiell tillämpning.

## Referenslista

- Andreu, A.B., Guevara, M.G., Wolski, E.A., Daleol, G.R. & Caldiz, D.O. (2006). Enhancement of natural disease resistance in potatoes by chemicals. *Pest Management Science* 62(2), 162-170.
- Atia, M.M.M., Buchenauer, H., Aly, A.Z. & Abou-Zaid, M.I. (2005). Antifungal activity of chitosan against phytophthora infestans and activation of defence mechanisms in tomato to late blight. *Biological Agriculture & Horticulture* 23(2), 175-197.
- Bengtsson, T., Holefors, A., Liljeroth, E., Hultberg, M. & Andreasson, E. (2015). Biosurfactants Have the Potential to Induce Defence Against Phytophthora infestans in Potato. *Potato Research* 58(1), 83-90.
- Bengtsson, T., Holefors, A., Witzell, J., Andreasson, E. & Liljeroth, E. (2014). Activation of defence responses to Phytophthora infestans in potato by BABA. *Plant Pathology* 63(1), 193-202.
- Christensen, P. & Cook, F.D. (1978). Lysobacter, a new genus of non-fruiting, gliding bacteria with a high base ratio. *International Journal of Systematic Bacteriology* 28(3), 367-393.
- Cohen, Y.R. (2002). beta-aminobutyric acid-induced resistance against plant pathogens. *Plant Disease* 86(5), 448-457.
- Curtis, H., Noll, U., Stormann, J. & Slusarenko, A.J. (2004). Broad-spectrum activity of the volatile phytoanticipin allicin in extracts of garlic (Allium sativum L.) against plant pathogenic bacteria, fungi and Oomycetes. *Physiological and Molecular Plant Pathology* 65(2), 79-89.
- Daayf, F., Adam, L. & Fernando, W.G.D. (2003). Comparative screening of bacteria for biological control of potato late blight (strain US-8), using in-vitro, detached-leaves, and whole-plant testing systems. *Canadian Journal of Plant Pathology-Revue Canadienne De Phytopathologie* 25(3), 276-284.
- Drenth, A., Janssen, E.M. & Govers, F. (1995). Formation and survival of oospores of phytophthora-infestans under natural conditions. *Plant Pathology* 44(1), 86-94.
- Evangelista-Martinez, Z. (2014). Isolation and characterization of soil Streptomyces species as potential biological control agents against fungal plant pathogens. *World Journal of Microbiology & Biotechnology* 30(5), 1639-1647.
- Fehrmann, H. & Dimond, A.E. (1967). Peroxidase activity and phytophthora resistance in different organs of potato plant. *Phytopathology* 57(1), 69-&.
- Fry, W. (2008). Phytophthora infestans: the plant (and R gene) destroyer. *Molecular Plant Pathology* 9(3), 385-402.
- Gordon, T.R. & Martyn, R.D. (1997). The evolutionary biology of Fusarium oxysporum. *Annual Review of Phytopathology* 35, 111-128.



- Goufo, P., Mofor, C.T., Fontem, D.A. & Ngnokam, D. (2008). High efficacy of extracts of Camedean plants against tomato late blight disease. *Agronomy for Sustainable Development* 28(4), 567-573.
- Hadwiger, L.A., McDonel, H. & Glawe, D. (2015). Wild Yeast Strains as Prospective Candidates to Induce Resistance Against Potato Late Blight (*Phytophthora infestans*). *American Journal of Potato Research* 92(3), 379-386.
- Hayward, A.C., Fegan, N., Fegan, M. & Stirling, G.R. (2010). *Stenotrophomonas* and *Lysobacter*: ubiquitous plant-associated gamma-proteobacteria of developing significance in applied microbiology. *Journal of Applied Microbiology* 108(3), 756-770.
- Horner, N.R., Grenville-Briggs, L.J. & Van West, P. (2012). The oomycete *Pythium oligandrum* expresses putative effectors during mycoparasitism of *Phytophthora infestans* and is amenable to transformation. *Fungal Biology* 116(1), 24-41.
- Hultberg, M., Bengtsson, T. & Liljeroth, E. (2010). Late blight on potato is suppressed by the biosurfactant-producing strain *Pseudomonas koreensis* 2.74 and its biosurfactant. *Biocontrol* 55(4), 543-550.
- Hultberg, M., Bergstrand, K.J., Khalil, S. & Alsanius, B. (2008). Characterization of biosurfactant-producing strains of fluorescent pseudomonads in a soilless cultivation system. *Antonie Van Leeuwenhoek International Journal of General and Molecular Microbiology* 94(2), 329-334.
- Jongebloed, P.H.J., Kessel, G.J.T., vanderPlas, C.H., Molhoek, W.M.L. & Fokkema, N.J. (1995). Possibilities for biocontrol of *Phytophthora infestans* in potato with two bacterial antagonists. *Environmental Biotic Factors in Integrated Plant Disease Control*, 277-282.
- Jordbruksverket (2017a). *Skörd för ekologisk och konventionell odling 20 16*. Jönköping: Jordbruksverket. (JO 14 SM 1701) Tillgänglig: [http://www.jordbruksverket.se/webdav/files/SJV/Amnesomraden/Statistik,%20fakta/Vegetabilieproduktion/JO14/JO14SM1701/JO14SM1701\\_ikortdrag.htm](http://www.jordbruksverket.se/webdav/files/SJV/Amnesomraden/Statistik,%20fakta/Vegetabilieproduktion/JO14/JO14SM1701/JO14SM1701_ikortdrag.htm) [2018-04-27]
- Jordbruksverket. (2017b). *Ekologisk odling av matpotatis*. [Broschyr JO17:3]. Jönköping: Jordbruksverket. Tillgänglig: [https://www2.jordbruksverket.se/download/18.4c8614ac1602a4751f81d8b8/1512632904005/jo17\\_3.pdf](https://www2.jordbruksverket.se/download/18.4c8614ac1602a4751f81d8b8/1512632904005/jo17_3.pdf) [2018-04-27]
- Jordbruksverket (2018a). *Certifierad ekologisk produktion*. Tillgänglig: <http://www.jordbruksverket.se/amnesomraden/odling/ekologiskodling/reglerochcertifiering/certifieradekologiskproduktion.106.510b667f12d3729f91d80008097.html> [2018-04-27]
- Jordbruksverket (2018b). *Växtskydd i ekologisk odling*. Tillgänglig: <http://www.jordbruksverket.se/amnesomraden/odling/ekologiskodling/vaxtskydd.106.510b667f12d3729f91d80008122.html> [2018-04-27]
- Jordbruksverket (2018c). *Skadegörare i potatisodling*. Tillgänglig: <http://www.jordbruksverket.se/amnesomraden/odling/jordbruksgrador/potatis/skadegorare.4.32b12c7f12940112a7c800023819.html> [2018-04-27]
- Karaca, G., Tepedelen, G., Belghouthi, A. & Paul, B. (2008). A new mycoparasite, *Pythium lycopersicum*, isolated in Isparta, Turkey: morphology, molecular characteristics, and its antagonism with phytopathogenic fungi. *Fems Microbiology Letters* 288(2), 163-170.
- Kurzwajska, H. & Mazur, S. (2009). The evaluation of *Pythium oligandrum* and chitosan in control of *Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary on potato plants. *Folia Horticulturae* 21(2), 13-23.
- Larena, I., De Cal, A. & Melgarejo, P. (2004). Solid substrate production of *Epicoccum nigrum* conidia for biological control of brown rot on stone fruits. *International Journal of Food Microbiology* 94(2), 161-167.
- Li, Y., Xia, L.Q., Wang, Y.N., Liu, X.Y., Zhang, C.H., Hu, T.L. & Cao, K.Q. (2013). The inhibitory effect of *Epicoccum nigrum* strain XF1 against *Phytophthora infestans*. *Biological Control* 67(3), 462-468.

- Liljeroth, E., Bengtsson, T., Wiik, L. & Andreasson, E. (2010). Induced resistance in potato to *Phytophthora infestans*-effects of BABA in greenhouse and field tests with different potato varieties. *European Journal of Plant Pathology* 127(2), 171-183.
- Madrigal, C., Pascual, S. & Melgarejo, P. (1994). Biological-control of peach twig blight (*monilinia-laxa*) with *epicoccum-nigrum*. *Plant Pathology* 43(3), 554-561.
- Messgo-Moumene, S., Li, Y., Bachir, K., Houmani, Z., Bouznad, Z. & Chemat, F. (2015). Antifungal power of citrus essential oils against potato late blight causative agent. *Journal of Essential Oil Research* 27(2), 169-176.
- Mizubuti, E.S.G., Aylor, D.E. & Fry, W.E. (2000). Survival of *Phytophthora infestans* sporangia exposed to solar radiation. *Phytopathology* 90(1), 78-84.
- Morrison, C.K., Arseneault, T., Novinscak, A. & Filion, M. (2017). Phenazine-1-Carboxylic Acid Production by *Pseudomonas fluorescens* LBUM636 Alters *Phytophthora infestans* Growth and Late Blight Development. *Phytopathology* 107(3), 273-279.
- Ng, K.K. & Webster, J.M. (1997). Antimycotic activity of *Xenorhabdus bovienii* (Enterobacteriaceae) metabolites against *Phytophthora infestans* on potato plants. *Canadian Journal of Plant Pathology-Revue Canadienne De Phytopathologie* 19(2), 125-132.
- Nowicki, M., Fooled, M.R., Nowakowska, M. & Kozik, E.U. (2012). Potato and Tomato Late Blight Caused by *Phytophthora infestans*: An Overview of Pathology and Resistance Breeding. *Plant Disease* 96(1), 4-17.
- Olanya, O.M. & Larkin, R.P. (2006). Efficacy of essential oils and biopesticides on *Phytophthora infestans* suppression in laboratory and growth chamber studies. *Biocontrol Science and Technology* 16(9), 901-917.
- Portz, D., Koch, E. & Slusarenko, A.J. (2008). Effects of garlic (*Allium sativum*) juice containing allicin on *Phytophthora infestans* and downy mildew of cucumber caused by *Pseudoperonospora cubensis*. *European Journal of Plant Pathology* 122(1), 197-206.
- Puopolo, G., Cimmino, A., Palmieri, M.C., Giovannini, O., Evidente, A. & Pertot, I. (2014). *Lyso-bacter capsici* AZ78 produces cyclo(L-Pro-L-Tyr), a 2,5-diketopiperazine with toxic activity against sporangia of *Phytophthora infestans* and *Plasmopara viticola*. *Journal of Applied Microbiology* 117(4), 1168-1180.
- Quintanilla, P., Rohloff, J. & Iversen, T.H. (2002). Influence of essential oils on *Phytophthora infestans*. *Potato Research* 45(2-3), 225-235.
- Ribeiro, W.R.C. & Butler, E.E. (1995). Comparison of the mycoparasites *pythium-periplocum*, *pythium-acanthicum* and *pythium-oligandrum*. *Mycological Research* 99, 963-968.
- Ryegård, C. & Ryegård, O. (2018). *Ekologisk livsmedelsmarknad. Lidköping: Ekoweb*. (Marknadsrapport) Tillgänglig: <http://www.ekoweb.nu/attachments/67/37.pdf> [2018-04-27].
- Shanthiyaa, V., Saravanakumar, D., Rajendran, L., Karthikeyan, G., Prabakar, K. & Raguchander, T. (2013). Use of *Chaetomium globosum* for biocontrol of potato late blight disease. *Crop Protection* 52, 33-38.
- Son, S.W., Kim, H.Y., Choi, G.J., Lim, H.K., Jang, K.S., Lee, S.O., Lee, S., Sung, N.D. & Kim, J.C. (2008). Bikaverin and fusaric acid from *Fusarium oxysporum* show antioomycete activity against *Phytophthora infestans*. *Journal of Applied Microbiology* 104(3), 692-698.
- Soytong, K., Kanokmedhakul, S., Kukongviriyapa, V. & Isobe, M. (2001). Application of *Chaetomium* species (*Ketomium*((R))) as a new broad spectrum biological fungicide for plant disease control: A review article. *Fungal Diversity* 7, 1-15.
- Stephan, D., Schmitt, A., Carvalho, S.M., Seddon, B. & Koch, E. (2005). Evaluation of biocontrol preparations and plant extracts for the control of *Phytophthora infestans* on potato leaves. *European Journal of Plant Pathology* 112(3), 235-246.

- Tran, H., Ficke, A., Asiimwe, T., Hofte, M. & Raaijmakers, J.M. (2007). Role of the cyclic lipopeptide massetolide A in biological control of *Phytophthora infestans* and in colonization of tomato plants by *Pseudomonas fluorescens*. *New Phytologist* 175(4), 731-742.
- Trejo-Estrada, S.R., Paszczynski, A. & Crawford, D.L. (1998). Antibiotics and enzymes produced by the biocontrol agent *Streptomyces violaceusniger* YCED-9. *Journal of Industrial Microbiology & Biotechnology* 21(1-2), 81-90.
- van de Mortel, J.E., Ha, T., Govers, F. & Raaijmakers, J.M. (2009). Cellular Responses of the Late Blight Pathogen *Phytophthora infestans* to Cyclic Lipopeptide Surfactants and Their Dependence on G Proteins. *Applied and Environmental Microbiology* 75(15), 4950-4957.
- Wan, J., Zhang, X.-C., Neece, D., Ramonell, K.M., Clough, S., Kim, S.-y., Stacey, M.G. & Stacey, G. (2008). A LysM receptor-like kinase plays a critical role in chitin signaling and fungal resistance in *Arabidopsis*. *Plant Cell* 20(2), 471-481.
- Yang, X.F., Qiu, D.W., Yang, H.W., Liu, Z., Zeng, H.M. & Yuan, J.J. (2011). Antifungal activity of xenocoumacin 1 from *Xenorhabdus nematophilus* var. *pekingensis* against *Phytophthora infestans*. *World Journal of Microbiology & Biotechnology* 27(3), 523-528.
- Yao, Y.P., Li, Y., Chen, Z.Q., Zheng, B.Q., Zhang, L.T., Niu, B., Meng, J.L., Li, A.J., Zhang, J.M. & Wang, Q. (2016). Biological Control of Potato Late Blight Using Isolates of *Trichoderma*. *American Journal of Potato Research* 93(1), 33-42.