

SLULRAPPORT AVSEENDE PROJEKTET:

” Inventering av förekomst av *Alternaria* ssp. på potatis och i jord”

Projektnummer : H0842015

Projektansvarig: Eva Edin (fd Blixt), medsökande Björn Andersson
Institutionen för Skoglig mykologi och växtpatologi, SLU

Mål och Sammanfattning

Målet med projektet var att undersöka utbredningen av och orsaken till problemen med angrepp av de patogena svamparna *Alternaria solani* och *Alternaria alternata* som orsakar torrfläcksjuka i svensk potatisodling. Projektet genomfördes som en omfattande inventering av patogenpopulationen i Kristianstadstrakten och Kalmar/Öland vilka är hårt drabbade odlingsområden. Insamlingen av blad gjordes vid flera tidpunkter under odlings säsongen. Identifiering av de båda svamparna genom molekylära metoder skulle kunna fastställa var och när i produktionen smittan förekommer för att åstadkomma ett bättre underlag vid utvecklandet av bekämpningsstrategier. De två första åren visade det sig att *A. solani* var den svamp som orsakat bladfläckarna medan *A. alternata* förekom sporadiskt, oftast i samexistens med *A. solani*. Under år 2011 var det andra förhållanden då det vid analysen påvisades att *A. solani* återfanns i majoriteten av de prover som samlats in under september, och bara sporadiskt under insamlingen i augusti. Å andra sidan förekom *A. alternata* rikligt vid alla tre tidpunkterna, vilket medför att båda svamparna förekom samtidigt i samma fläck under september. Teorin är att *A. alternata* är en sekundär svamp, i vart fall en svagare patogen, som tar sig an de områden på bladet där *A. solani* eller någon fysiologisk reaktion redan banat väg vid infektionen. Frågan är bara vad den huvudsakliga orsaken till fläckarna på bladen insamlade under augusti 2011 var. En möjlig förklaring följer nedan.

Vid första årets insamling observerades stora angrepp av torrfläcksjuka trots en eller två behandlingar med strobiluriner. Detta väckte misstankar om att svampen har förlorat känsligheten, vilket har skett i Nordamerika. Därvid vidareutvecklades den metod som utformades av ett amerikanskt forskarlag med att göra en ny primer i PCR-analysen. Detta resulterade i en artspecifik metod som i fortsättningen användes både som diagnosmetod och för att ta fram PCR-produkter för sekvensering. Vid analysen amplifierades en DNA-sekvens i den gen som kodar för cytokrome *b* (ett protein inblandat i energiförsörjning hos svampar) där en utbytt aminosyra resulterar i tolerans mot strobiluriner. Lyckosamt nog hittades inga genetiska tecken på att den svenska populationen av *A. solani* har förlorat känsligheten mot strobiluriner.

Vad som däremot påträffades vid sekvensering av några prover med *A. alternata* var att åtta av de nio bra sekvenserna hade aminosyrasubstitutionen G143A, vilken medför tolerans mot strobiluriner. Dessa prover kom från två olika fält; det ena från Kalmartrakten och det andra utanför Kristianstad. Analyserna gjordes en gång till för att verifiera dessa resultat men utan fullgott resultat. En annan metod testades men även den utan resultat. Tillslut gjordes försök till att utveckla en egen metod men slutsatsen var att det behövs nya resurser för att kunna vidareutveckla detta till en säker och reproducerbar metod.

Bakgrund

Biologi och sjukdomsbild

Torrfläcksjuka på potatis är det samlingsnamn på de symptom som orsakas av svampen *Alternaria solani* eller av släktingen *A. alternata*. *Alternaria alternata* anses vara en svagare patogen än *A. solani*. Symtom av torrfläcksjuka uppträder oftast först i det nedre bladverket

eftersom äldre blad är mer mottagliga än yngre blad. Även stjälkar kan angripas. Infekterade blad åldras snabbare än friska blad och området runt angreppsfläckarna blir ofta guldfärgat, men hänger kvar på plantan (Fig. 1a). Om det är *A. alternata* som orsakat skadorna släpper bladen från stjälken. Symtomen på bladen är mörka, kantiga fläckar begränsade av bladnerverna med de typiska koncentriska ringarna (Fig. 1b-c). Angreppen leder till att bladens gröna yta minskar vilket leder till minskad knölproduktion och stärkelseinlagring. *A. solani* övervintrar på växtrester i jorden och två- eller fleråriga värdväxter, såsom nattskatta och är en mycket vanligt förekommande svamp.



Figur 1. Bladangrepp av *Alternaria solani* på planta (A) och blad (B), samt närbild på en bladfläck (C). Foto: E. Edin

Angreppsnivån påverkas av flera faktorer såsom sort, infektionstidpunkt, näringsstatus hos grödan, väderbetingelser, växtföljd och fungicidbehandling (Shtienberg & Fry, 1990; Shtienberg *et al.*, 1996; Persson, 2002; Andersson & Wiik, 2008). Angreppen kan även begränsas genom att minska mekaniska skador och insektsangrepp på potatisplantorna. Tidiga sorter är ofta mer mottagliga än senare sorter eftersom det verkar finnas en fysiologisk motståndskraft under den tidiga utvecklingen. Omogna eller skadade knölar kan smittas vid upptagning då de kommer i kontakt med blast där svampen sporulerar. Det finns dock endast få rapporter om knölinfektion i Sverige. På de infekterade knölar bildas mörka, insjunkna, men ytliga fläckar som utvidgas under lagring. Runt fläckarna finns ofta en upphöjd kant och vävnaden under fläckarna är brun, torr och seg.

Förekomst och bekämpning

Torrfläcksjuka förekommer över hela världen men är ett problem i vissa delar såsom Europa, Nordamerika och Centralasien. Den kemiska bekämpningen görs i stora delar av världen med fungicider baserade på strobiluriner. Preparat med substanser som mancozeb, boscalid och klortalonil har också visat sig vara effektiva mot svampen. Den nordamerikanska populationen av både *A. solani* och *A. alternata* har förlorat känsligheten mot strobiluriner vilket har lett till drastiska förändringar i bekämpningsstrategierna (Pasche *et al.*, 2005; Rosenzweig *et al.* 2008). Toleransen beror på ett utbyte (substitution) av en aminosyra, s.k. substitution, i proteinet cytokrome *b* på vilket strobilurin verkar. I resistent populationer *A. solani* är det vid aminosyraposition 129 (F129L, fenylalanin mot leucin) och i *A. alternata* är det vid position 143 (G143A, glycin mot alanin).

I Sydsverige observeras ganska ofta angrepp av torrfläcksjuka trots upprepade behandlingar med strobiluriner. Detta är bakgrunden till den bestämning av förekomsten av fungicidresistens mot strobiluriner som detta projekt utvidgades med.

Resultat

Bladinsamling

I varje fält samlades 24 blad in i fyra rader, d.v.s. sex prover med tio meters mellanrum togs per rad (en rad var åttonde kupa). Huvuddelen av de provtagna fälten var belägna söder om Kalmar, på södra Öland, i Kristianstadstrakten samt ute på Listerlandet (se tabell 1). Under 2010 och 2011 gjordes insamlingar i ekologiskt odlad stärkelsepotatis utanför Kalmar och Kristianstad för att jämföra om det finns några skillnader i infektionstidpunkt mellan odlingstyperna. Vid det sista insamlingstillfället i september varje år var det några fält som fallit ifrån på grund av upptagning eller som i flera ekologiska fält att blasten var för nedvissnad på grund av stora angrepp av både bladmögel och torrfläcksjuka. Fler fält än de som analyserades provtogs för att säkerställa att det fanns tillräckligt med material.

Tidsmässigt skedde insamlingarna i månadskiftet juli/augusti, slutet av augusti samt i mitten av september vilket gav ett intervall på tre veckor. Under 2010 gjordes en insamling i slutet av juni och en i mitten på juli vid alla lokaler för att undersöka om när angreppen uppkommer i ekologiskt respektive konventionellt odlade fält samt hur tidigt svampen kan identifieras med molekylära metoder (se nedan).

Under 2010 gjordes även insamlingar i nio ekologiskt eller konventionellt odlade matpotatisfält i Östergötland och Västergötland. Även ett matpotatisfält på Öland provtogs. De konventionellt odlade fälten var behandlade med strobiluriner och inga tydliga torrfläckssymtom hittades så dessa analyserades inte vidare. I de ekologiska fälten fanns det spridda fläckar vilket enbart resulterade i ett positivt prov med *A. solani* från Västergötland.

Metodutveckling

En ny primer för PCR utvecklades för identifiering av *A. solani* och tillsammans med en reverseprimer från Rosenzweig *et al.*, (2008) blev metoden artspecifik samtidigt som den kunde identifiera substitutionen som orsakar fungicidresistens mot strobiluriner. Området för den specifika substitutionen sekvenserades i alla prover som gav positivt resultat för *A. solani*. Metoden är publicerad i tidskriften Crop Protection under 2012. För identifiering av *A. alternata* användes en PCR-metod publicerad av Zur *et al.* (2002). Samtliga prover analyserades två gånger för båda svamparterna för att säkerställa resultatet.

Under 2011 sekvenserades även prover som var positiva för *A. alternata* med primerkombinationen ARF4 (Ma & Michailides, 2004) och AR (Ma *et al.*, 2003). Ursprungligen kördes alla prover från Kristianstad Ö insamling II och III samt Kalmar insamling II och III. Av dessa gav bara 24 prover PCR-produkt, varav enbart 9 gav fullgott resultat vid sekvenseringen. På grund av tidsbrist gjordes ingen optimering av metoden. Däremot omanalyserades alla prover med avseende på vilken aminosyra som svampen i provet hade vid position 143. För detta användes primern ARF4, dels i kombination med ASR (Luo *et al.*, 2007) som amplifierar de svampprover som har den ursprungliga aminosyran glycin (G), och dels med primern ARR4 som amplifierar de svampprover som har den aminosyra, alanin (A) som ger strobilurintoleransen. Detta gav heller inget bra resultat och nya primrar är under utveckling, men det får vara inom ett kommande projekt.

I ansökan var intentionen att jordprover skulle tas för att spåra inokulumkällan. Vid vidare litteraturstudier och samtal med forskare vid Cornell University, Ithaca, USA, beslutades att delprojektet med jordprover skulle upphöra. Anledningen var att studier har visat att *A. solani* är markburen eftersom mycel och sporer kan överleva flera år på växtrester i jorden.

Orsaken till torrfläcksjukan

Under de två första åren identifierades *A. solani* i flertalet av proverna varvid det antogs att det var denna svamp som orsakat bladfläckarna. *Alternaria alternata* förekom endast sporadiskt, oftast i samexistens med *A. solani* (se tabell 1). Under år 2011 visade analyserna att *A. solani* endast återfanns sporadiskt under insamlingen i augusti samt i majoriteten av proverna från september. Däremot förekom *A. alternata* rikligt vid alla tre tidpunkterna oftast i samexistens med *A. solani*. I september 2011 påträffades även nattskatta med torrfläcksjukesymtom på Öland och utanför Kristianstad och vid analys identifierades *A. alternata* i samtliga fläckar.

Känslighet mot strobiluriner

Alla prover av *A. solani* som sekvenserades hade de ursprungliga aminosyrorna vid position 129, 137 samt 143. Detta indikerar att det inte finns någon genetisk förklaring till varför torrfläcksjukan förekommer trots bekämpning. Vid sekvensanalys av några prover med *A. alternata* hade åtta av de nio bra sekvenserna aminosyrasubstitutionen G143A, vilken medför tolerans mot strobiluriner. Alla prover omanalyserades med en annan metod med det gav inget tillräckligt resultat (se ovan)

Knölprover tagna 2009

De knölar med *Alternaria*-likande symtom av matpotatissorten Melody som samlades in i Skåne, Östergötland och på Öland hösten 2009 analyserades med hjälp av diagnostikprimrarna. Samtliga prover var negativa för båda *Alternaria*-arterna. Tio knölar från varje fält skickades till Netherlands General Inspection Service for Agricultural Seeds and Seed Potatoes (NAK) för att bestämma om fläckarna orsakades av tobaksnekrosvirus (TNV). Fem av de nio proverna testades positivt för TNV. De andra knölar påvisade inga tydliga symptom och knölar från det prov som hade tydliga fläckar men som inte gav positivt utslag för TNV, var troligen angripna av *Phoma*-röta.

Diskussion

Resultaten från analyserna tyder på att *Alternaria solani* är den huvudsakliga orsaken till torrfläcksjuka i Sverige. Svampen angriper troligtvis redan i juli eftersom symtom finns redan i början av augusti. Den är mest allvarlig i sydöstra Sverige men den finns i övriga landet men den hålls i schack med hjälp av fungicidbehandlingar samt att väderbetingelserna inte alltid är lika gynnsamma. Svamppopulationen har hittills inga genetiska tecken på att den har förlorat känsligheten mot strobiluriner. Den stora förekomsten av *A. solani* kan ha orsakats av abiotiska effekter såsom odlingsåtgärder och tidpunkt för strobilurinbehandlingarna. En annan teori är den minskade användningen av fungicider baserade på diothiokarbamater (t.ex. mankozeb), vilka har visat sig ha effekt mot *A. solani*.

Det skedde dock en skiftning mot en majoritet av *A. alternata* under 2011 som kan vara orsakad av flera parametrar. Väderbetingelserna kan ha varit annorlunda vid sjukdomsutvecklingen som gynnade *A. alternata*. Visserligen anses *A. alternata* mestadels vara en sekundär svamp och en svagare patogen än *A. solani* men är troligen orsaken till

fläckarna under augusti 2011 och inte någon abiotisk effekt. Den troligaste och mest skrämmande förklaringen är att *A. alternata* har blivit resistent mot strobiluriner och att den har gynnats vid strobilurinbehandlingarna under juli. De åtta prover som hade G143A kom från två olika fält; det ena utanför Kalmar och det andra utanför Kristianstad. Tyvärr var metoden inte tillräckligt tillförlitlig för att konstatera detta. Därför är det viktigt att inom en snar framtid utveckla en säker metod för att fastställa om *A. alternata* har substitutionen G143A. I dagsläget faller detta precis mellan stolarna för finansiering med dessa medel eftersom de är slut men att arbetet behöver utföras.

Det som kan sägas om de bekämpningsstrategier som förekommer idag är de bör vara tillräckliga för att motverka *A. solani*. Det är oroande att vi har hittat G143A i *A. alternata* men att det inte behöver vara ett bekymmer eftersom *A. alternata* räknas som en svag patogen. Det är dock mycket viktigt att resultaten följs upp, även av kemikaliefirmorna. Under 2012 finansierar Jordbruksverket en uppföljning av detta projekt som kommer att bli landsomfattande. Insamlingarna kommer att utföras av E. Edin och rådgivare runt om i landet för att få en bättre uppfattning av den nuvarande situationen i Sverige och utifrån detta resultat överväga hur bekämpningarna med strobiluriner ska fortsätta.

Publikationer

Blixt, E. & Andersson, B. 2010. *Alternaria solani* - occurrence and fungicide sensitivity in Sweden. Abstract till "Twelfth EuroBlight Workshop" Arras, Frankrike, 3-6 maj 2010. *Special Report No. 14. PPO Publication no. 396*, 161-164. Lelystad, The Netherlands. ISSN 1569-32114.

Presentation: http://www.euroblight.net/Workshop/2010Arras/PPT/07_01_Blixt.pdf

Proceedings:

http://www.euroblight.net/Workshop/2010Arras/Proceedings/Page161_164_Blixt_web.pdf

Edin, E. (Blixt i tryckt version). 2011. Torrfläcksjuka på potatis, Faktablad om växtskydd, Jordbruk 128J.

[http://www.slu.se/Global/externwebben/nl-](http://www.slu.se/Global/externwebben/nl-fak/ekologi/V%c3%a4xtskydd/faktablad/Faktablad_v%c3%a4xtskydd_128J_webb_final.pdf)

[fak/ekologi/V%c3%a4xtskydd/faktablad/Faktablad_v%c3%a4xtskydd_128J_webb_final.pdf](http://www.slu.se/Global/externwebben/nl-fak/ekologi/V%c3%a4xtskydd/faktablad/Faktablad_v%c3%a4xtskydd_128J_webb_final.pdf)

Edin, E. 2011. Fungicider och fungicidresistens, Faktablad om växtskydd, Jordbruk 33J.

[http://www.slu.se/Global/externwebben/nl-](http://www.slu.se/Global/externwebben/nl-fak/ekologi/V%c3%a4xtskydd/faktablad/Faktablad_om_vaxtskydd_33J_webb.pdf)

[fak/ekologi/V%c3%a4xtskydd/faktablad/Faktablad_om_vaxtskydd_33J_webb.pdf](http://www.slu.se/Global/externwebben/nl-fak/ekologi/V%c3%a4xtskydd/faktablad/Faktablad_om_vaxtskydd_33J_webb.pdf)

Edin, E., Odilbekov, F., Garkava-Gustavsson, L., & Liljeroth, E. 2012. Genetic structure of *Alternaria solani* - a new approach. Abstract to "Thirteenth EuroBlight Workshop". *Special Report No. 15. PPO Publication no. 498*, 113-114. Lelystad, The Netherlands. ISSN 1569-3215.

Presentation: http://www.euroblight.net/Workshop/2011StPetersburg/PPT/05_03_Edin.pdf

Proceedings: http://www.euroblight.net/Workshop/2011StPetersburg/Proceedings/Page113-114_EvaEdin_web.pdf

Edin E. & Torriani S. 2012. The role of intraspecific parallel genetic adaptation to QoIs in Europe. In: Thind (red). *Fungicide Resistance in Crop Protection: Risk and Management*. 78-86. CABI: Bodmin. ISBN-13: 978 1 84593 905 2

Edin, E. 2012. Species specific primers for identification of *Alternaria solani*, in combination with analysis of the F129L substitution associates with loss of sensitivity toward strobilurins. *Crop Protection* **38**, 72-73.

Insänt manus

Edin, E. & Andersson, B. **Early blight in Sweden – are fungicide resistance causing a shift of the causal agent? Insänt till *European Journal of Plant Pathology* i juli 2012.**

Konferensbidrag och övrig resultatförmedling

”Potatis och Frilandsmässan” i Örebro 11-12 februari 2010. Muntlig presentation av ”Torrfläcksjuka på potatis - ett växande problem!?”.

”FK-dagen” anordnad av Lyckeby Stärkelsen AB, 26 augusti 2010. Muntlig presentation av ”Torrfläcksjuka på potatis - ett växande problem!?”. Även 2011, där fokus låg på förväxlingsriskerna.

”Syngenta Potato Academy” i Landskrona, 11-12 november 2010. Muntlig presentation av ”*Alternaria solani* - occurrence and fungicide sensitivity in Sweden”. Internt publicerat abstract.

”Workshop on potato breeding and disease control” i Hohhot, 24-29 januari 2011, anordnad av CIP-ESEAP. Inbjuden talare med presentation av ”*Alternaria solani* - occurrence and fungicide sensitivity in Sweden” samt ”Important viral diseases on potato”. Internt publicerat abstract.

Edin E., Odilbekov F., Garkava-Gustavsson L., Liljeroth E. Genetic structure of *Alternaria solani* - a new approach. Thirteenth EuroBlight Workshop, St Petersburg, Ryssland, 9-12 oktober 2011. Se ovan för presentation och abstract.

Projektet, men framför allt information om torrfläcksjuka på potatis, har presenterats för rådgivare och odlare samt andra personer inom potatisnäringen vid ett tiotal tillfällen i Sverige och Danmark 2009 - 2011. Det har oftast varit vid odlarmöten eller sammankomster för rådgivare. Fokus har på senare tid legat på förväxlingssymtom eftersom det i vissa delar av Sverige, framför allt Mellansverige, besprutas fastän det inte är helt tydligt att det är torrfläcksjuka som finns i fält. Rådgivarna har även varit viktiga när jag har följt sjukdomsutvecklingen i fält eller behövde diskutera saker som rådde potatisodlingen.

En mycket positiv utgång av det här är att det har skapats en bra kontakt med potatisrådgivare och andra aktörer inom näringen över hela landet. Det har lett till ett erfarenhetsutbyte oss emellan och på flera håll har vi har skapat funderingar över framtida projekt, vilka helst kommer att ske i samarbete mellan SLU och näringen. **Ett av samarbetena har lett till beviljat projekt, huvudsakligen finansierat av Jordbruksverket där en bilddatabas över fläckar på potatisblad ska utvecklas tillsammans med rådgivare på Hushållningssällskapet i Skaraborg.**

Sammanfattning till blankett 1000 tecken

Målet med projektet var att undersöka vilken av de patogena svamparna *Alternaria solani* och *Alternaria alternata* som orsakar torrfläcksjuka i svensk potatisodling. Projektet genomfördes som en omfattande inventering av patogenpopulationen under odlingssäsongerna 2009-2011 i

Kristianstadstrakten och Kalmar/Öland vilka är hårt drabbade odlingsområden. Identifieringen av de båda svamparna genom molekylära metoder visade att *A. solani* orsakat bladfläckarna under de två första åren, medan *A. alternata* förekom sporadiskt, oftast i samexistens med *A. solani*. År 2011 påvisades *A. solani* mestadels i september och bara sporadiskt under augusti. Å andra sidan förekom *A. alternata* rikligt vid alla tre tidpunkterna. Inga sekvenserade prover av *A. solani* hade några genetiska tecken på strobilurintolerans. Vid sekvenseringen av *A. alternata* hade åtta av nio prover den substitution, G143A, som ger tolerans mot strobiluriner men vidare analyser måste göras för att säkerställa resultatet.

Populärvetenskaplig sammanfattning 8000 tecken

Inventering av förekomsten av Alternaria ssp. som orsakar torrfläcksjuka på potatis

Torrfläcksjuka på potatis är det samlingsnamn på de symptom som orsakas av svampen *Alternaria solani* (early blight på engelska) eller av släktingen *A. alternata* (brown spot på engelska). I Sverige förekommer torrfläcksjukan i alla potatisodlande regioner men det är i de sydöstra regionerna som den kan vara mycket allvarlig eftersom det ofta är torrare och mer sandiga jordar där än i övriga delar av landet. Projektet genomfördes som en omfattande inventering av patogenpopulationen i konventionellt och ekologiskt odlade stärkelsepotatisfält i Kristianstadstrakten och Kalmar/Öland vilka är hårt drabbade odlingsområden. Insamlingen av blad gjordes vid tre tidpunkter under augusti och september vilket är mot slutet av odlingssäsongen. Identifiering av de båda svamparna genom molekylära metoder skulle kunna fastställa var och när i produktionen smittan förekommer för att åstadkomma ett bättre underlag vid utvecklandet av bekämpningsstrategier. Under 2010 gjordes även två tidigare insamlingar samt i matpotatis i Västergötland och Östergötland, vilka enbart gav enstaka positiva resultat för *A. solani*.

Resultaten från de insamlingar som gjordes under 2009-2010 visade att i majoriteten av fläckarna med symptom kunde *A. solani* identifieras. Detta tolkades som att det var denna svamp som orsakat fläckarna. Under 2011 skedde en skiftning i svamppopulationen då *A. solani* hittades först under september samt i ett fält i slutet av augusti, medan *A. alternata* förekom rikligt redan i början av augusti. Teorin är att *A. alternata* är en sekundär svamp, i vart fall en svagare patogen, som tar sig an de områden på bladet där *A. solani* eller någon fysiologisk reaktion redan banat väg vid infektionen. I september 2011 påträffades även nattskatta med symptom på torrfläcksjuka på Öland och utanför Kristianstad och vid analys identifierades *A. alternata* i samtliga fläckar. Den rikliga förekomsten kan dock innebära att *A. alternata* har varit den svamp som orsakat fläckarna som påträffades i augusti 2011 och inte någon fysiologisk effekt. Frågan är bara varför denna skiftning kunnat ske och en möjlig förklaring följer nedan.

Symptomen orsakade av de två svamparna liknar varandra och bladfläckar uppträder oftast först i det nedre bladverket eftersom äldre blad är mer mottagliga än yngre blad. Även stjälkar kan angripas. Infekterade blad åldras snabbare än friska blad och området runt angreppsfläckarna blir ofta guldfärgat, men hänger kvar på plantan (Fig. 1a). Om det är *A. alternata* som orsakat skadorna släpper bladen från stjälken. Symptomen på bladen är mörka, kantiga fläckar begränsade av bladnerverna med de typiska koncentriska ringarna (Fig. 1b-c). Angreppen leder till att bladens gröna yta minskar vilket leder till minskad knölproduktion och stärkelseinlagring. *A. solani* övervintrar på växtrester i jorden och två- eller fleråriga värdväxter, såsom nattskatta. *A. alternata* finns överallt i naturen och är svår att förhindra.



Figur 1. Bladangrepp av *Alternaria solani* på planta (A) och blad (B), samt närbild på en bladfläck (C). Foto: E. Edin

Angreppsnivån påverkas av flera faktorer såsom sort, infektionstidpunkt, näringsstatus hos grödan, väderbetingelser, växtföljd och fungicidbehandling. Angreppen kan även begränsas genom att minska mekaniska skador och insektsangrepp på potatisplantorna. Tidiga sorter är ofta mer mottagliga än senare sorter eftersom det verkar finnas en fysiologisk motståndskraft under den tidiga utvecklingen. Omogna eller skadade knölar kan smittas vid upptagning då de kommer i kontakt med blast där svampen sporulerar. Det finns dock endast få rapporter om knölinfektion i Sverige. På de infekterade knölar bildas mörka, insjunkna, men ytliga fläckar som utvidgas under lagring. Runt fläckarna finns ofta en upphöjd kant och vävnaden under fläckarna är brun, torr och seg.

Det finns en relativt stor förväxlingsrisk med de fläckar som orsakas av olika näringsbrister. Kaliumbrist är vanligast på lätta jordar vars tidiga symtom är att yngre blad blir mörkgröna och att äldre blad får nekroser (små runda bruna fläckar med döda bladceller) mellan bladnerverna eller vid bladkanten. Manganbrist uppträder vanligen fläckvis i fält med lätta jordar. De yngre bladen gulnar mellan bladnerverna, så kallad marmorering. På äldre blad uppträder mörkbruna nekrotiska fläckar längs bladnerverna. Tidiga symtom på magnesiumbrist är ljusgröna till gula partier på äldre blad, främst i bladspetsarna och mellan bladnerverna, men håller sig till mitten av bladet. Efterhand blir de ljusgröna områdena nekrotiska medan bladkanterna fortfarande är gröna.

Torrfläcksjuka förekommer över hela världen men är ett problem i vissa delar såsom Europa, Nordamerika och Centralasien bekämpas mestadels med fungicider baserade på strobiluriner. Preparat med substanser som mancozeb, boscalid och klorothalonil har också visat sig vara effektiva mot svampen. Den nordamerikanska populationen av både *A. solani* och *A. alternata* har förlorat känsligheten mot strobiluriner vilket har lett till drastiska förändringar i bekämpningsstrategierna. Toleransen beror på ett utbyte (substitution) av en aminosyra i proteinet cytokrome *b* på vilket strobilurin verkar. I resistent populationer av *A. solani* är det vid aminosyraposition 129 (F129L, fenylalanin har bytts ut mot leucin) och i *A. alternata* är det vid position 143 (G143A, glycin har bytts ut mot alanin).

I Sydsverige observeras ganska ofta angrepp av torrfläcksjuka trots upprepade behandlingar med strobiluriner. För att se om detta var orsakat av någon av ovanstående substitution skickades alla prover som var positiva för *A. solani* på analys av aminosyrasekvensen. Under

de tre åren som inventeringen pågick hittades inga genetiska förklaringar till varför sjukdomsangreppen var högre vid den senare delen av odlingssäsongen.

Den stora förekomsten av *A. alternata* 2011 förbryllade varvid några prover sekvenserades för att se om det fanns aminosyrasubstitutionen G143A. Åtta av de nio lyckade sekvenseringarna hade denna substitution vilken medför att populationen kan vara tolerant mot strobiluriner. Försök gjordes för att verifiera resultaten men det fanns brister i metoden så att nya metoder är under utveckling eftersom det är mycket viktigt att få reda på hur situationen är hos den svenska populationen av *A. alternata*. De positiva proverna kom från två olika fält cirka 20 mil ifrån varandra varvid det är viktigt att följa upp hur situationen utvecklar sig. Nya analyser kommer att genomföras under 2012 och detta resultat kan vara en hjälp i att utforma bekämpningsstrategier i framtiden.

Referenser

- Andersson, B. & Wiik L. (2008). Betydelsen av torrfläcksjuka (*Alternaria* ssp.) på potatis. Slutrapport av SLF 0455031
- Ma, Z.H., Felts, D. & Michailides, T.J. (2003). Resistance to azoxystrobin in *Alternaria* isolates from pistachio in California. *Pesticide Biochemistry and Physiology* 77, 66-74.
- Ma, Z., & Michailides, T.J. (2004). An allele-specific PCR assay for detecting azoxystrobin-resistant *Alternaria* isolates from pistachio in California. *Journal of Phytopathology* 152, 118–121.
- Luo, Y., Z.H. Ma, H.C. Reyes, D. P. Morgan & Michailides, T.J. (2007). Using real-time PCR to survey frequency of azoxystrobin-resistant allele G143A in *Alternaria* populations from almond and pistachio orchards in California. *Pesticide Biochemistry and Physiology* 88, 328-336.
- Pasche, J.S., Piche, L.M. & Gudmestad, N.C. (2005). Effect of the F129L mutation in *Alternaria solani* on fungicides affecting mitochondrial respiration. *Plant Disease* 89, 269-278.
- Persson, N. (2002). *Bladfläckar på potatis - en pilotstudie*. Examensarbete inom agronomprogrammet 2002, 46s. Sveriges Lantbruksuniversitet, Alnarp.
- Rosenzweig, N., Atallah, Z.K., Olaya, G. & Stevenson, W.R. (2008). Evaluation of QoI fungicide application strategies for managing fungicide resistance and potato early blight epidemics in Wisconsin. *Plant Disease* 92, 561-568
- Shtienberg, D. & Fry, W.E. (1990). Influence of host resistance and crop rotation on initial appearance of potato early blight. *Plant Disease* 74, 849-852.
- Shtienberg, D., Blachinsky, D., Ben-Hador, G. & Dinoor, A. (1996). Effects of growing season and fungicide type on the development of *Alternaria solani* and on potato yield. *Plant Disease* 80, 994-998.
- Zur G., E. Shimoni, E. Hallerman & Kashi, Y. (2002). Detection of *Alternaria* fungal contamination in cereal grains by a polymerase chain reaction-based assay. *Journal of Food Protection* 65, 1433-1440.

Tabell 1. Fördelning av prover som var positiva för *Alternaria solani* och *A. alternata* (inom parentes) ibland de 24 prover per fält.

Tid för ins.	2009			2010			2011			Sum <i>A. sol</i>	Sum <i>A. alt</i>
	1v Aug	4v Aug	3v Sep	1v Aug	4v Aug	3v Sep	1v Aug	4v Aug	3v Sep		
Kristianstad Ö	8	11	21	0	0 (1)	9 (12)	1 (12)	2 (8)	17 (20)	69 (32% ^c)	53 (24% ^c)
Kristianstad N konv.	- ^a	-	-	2	3 (3)	-	0 (7)	19 (1)	-	24 (25%)	11 (11%)
Kristianstad N eko.	-	-	-	7	10 (10)	-	0 (12)	0 (15)	-	17 (18%)	37 (38%)
Kristianstad V	17	20	21	n.a. ^b	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	58 (80%)	0
Kristianstad S	15	19	12	n.a.	n.a.	n.a.	-	-	-	46 (64%)	0
Listerlandet	7	8	18	n.a.	n.a.	n.a.	-	-	-	33 (46%)	0
Kalmar 1	13	18	22	0	3 (1)	6 (17)	0 (5)	2 (18)	19 (20)	83 (38%)	61 (28%)
Kalmar 2	6	20	23	n.a.	n.a.	n.a.	-	-	-	49 (68%)	0
Kalmar 3	1	2 (1)	13	-	-	-	-	-	-	16 (22%)	1 (1%)
Kalmar eco.	-	-	-	9	17 (22)	0 (3)	n.a.	-	-	26 (36%)	25 (35%)
Öland	5	13	-	n.a.	n.a.	-	n.a.	n.a.	-	18 (38%)	0
Summa insamling	72	111 (1)	130	18	33 (37)	15 (32)	1 (36)	23 (42)	36 (40)	439 (40%)	188 (17%)

^aEj insamlad vid denna tidpunkt. ^bInsamlad men ej analyserad. ^cProcent av analyserade prover. N=1104.