

Förekomst och påverkan av *Verticillium* i sockerbetor i Sverige

Åsa Olsson, Lars Persson
Nordic Beet Research

Inledning

Grön blast hela växtsäsongen är en nyckelfaktor för att få så hög sockerinlagring som möjligt och därmed en hög sockerskörd. Vissnesjuka angriper kärldrängarna och gör att transporten till delar av bladet blockeras och slutligen dör enskilda partier, vilket resulterar i en sockerförlust för plantan. Inom släktet *Verticillium* finns det olika arter som angriper oljeväxter och potatis men även sockerbetor.

Bakgrund

I oljeväxtodling är vissnesjuka och kransmögel orsakat av svampsläktet *Verticillium* spp. en känd företeelse som har orsakat stora skördebortfall. Sjukdomen har varit svår att studera och prognosticera med traditionell metodik. Mindre känt är att även sockerbetor kan angripas av *Verticillium* och orsaka vissnande blad, ofta delar av bladet. I Holland pågår det undersökningar på sortmaterialets känslighet för denna sjukdom (Pers. medd. B. Hanse, IRS, NL). På kraftigt smittade jordar kan skördeförlusterna där uppgå till nästan 20 %. För att kunna använda oss av denna information kring olika betsorters känslighet krävs det att vi vet smittoläget i det svenska odlingsområdet.

Under en rad av år har observationer av angripna blad gjorts i svenska fält i den senare delen av växtsäsongen. Den gula delen av bladen har avgränsats av mittnerven i bladet och det har varit tydligt att orsaken till symptomen har kommit från kärldrängarna. I Tyskland och Holland har liknande symptom konstaterats vara orsakade av svampen *Verticillium*, men att även arter av *Fusarium* kan ge liknande symptom.

Samarbete med det TEMA-programmet BioSoM Uppsala/Skara och det till programmet anslutna laboratoriet Intertek ScanBi Diagnostics, Alnarp, har gjort det möjligt att göra effektiva analyser av infektion i plantmaterial med molekylär PCR-metodik. Under 2011 genomförde NBR en inledande undersökning på jordprov och blad med PCR från 50 fält i odlingsområdet och där kunde vi konstatera att *Verticillium* fanns närvarande i jorden, men att det inte blev någon infektion under växtsäsongen i fält, troligtvis beroende på årsmånen.

Projektet har haft nära samarbete med BioSom och de forskare som har varit aktiva där. Jordar och isolat har bl.a. analyserats av forskaren Sarosh Bejai på Institutionen för Växtbiologi/ Prof. Dixelius lab, SLU Uppsala. Samarbetet har varit mycket givande och gett synergieffekter för båda projekten. Det har skapat en verksamhet som har pågått i ett flöde från akademien och ut i fält och via ett kommersiellt analysföretag.

Målsättning

Målet var att 1) Inventera förekomsten av *Verticillium* på sockerbetor i odlingsområdet; 2) ta reda på vilken eller vilka arter av *Verticillium* som angriper sockerbetor; 3) fastställa om symptomen av halvt vissna blad är orsakade av *Verticillium* eller någon annan svamp; 4) och utreda betydelsen av andra grödor för skadegraden.

Material och metoder

Grundstommen i projektet var de 222 provytor (20 x 20 meter) i betodlingsområdet som NBR har kartlagt och arbetat med under tidigare SLF-projekt åren 2003–2011. Provytorna är analyserade för grundläggande parametrar och långsamt eller icke föränderliga parametrar som kornstorleksfördelning, CEC, orgC och lermineralogi.

Under våren i samband med sådd togs ett jordprov i de provytor som ska odlas med sockerbetor det aktuella året. Under de tre åren provtogs totalt 152 ytor om 20 x 20 meter jämnt fördelade över området. Proven lagrades i 10°C under ca två månader. Därefter gjordes ett biotest i växthus. Under fyra veckor växte tio betplantor per kruka (0,5 l) i sex upprepningar (krukor). Plantorna tvättas rena från jord och graderades med avseende på angrepp av *Aphanomyces cochlioides*. De 60 plantorna klipptes av vid fröfästet, rotsystemen delades upp i två delar, varav en del skickades till Intertek ScanBi Diagnostics, Alnarp som analyserade proven för *Verticillium* spp., *Fusarium culmorum* och *F. avenaceum* med qPCR och resterande analyserades för jordburna svampar samt oomyceter med traditionell teknik av NBR. Dessa två arter av *Fusarium* valdes med hänsyn till resultat från tidigare inventeringar på NBR där *F. culmorum* och i viss mån även *F. avenaceum* har hittats i stor omfattning och den förra i samband med rötter i blastfästet. Arten *F. oxysporum*, som orsakar vissnesjuka i bl a USA, har hittats endast i låg frekvens i Sverige och Danmark, men då inte som vissnesjuka.

Delar av jordproven skickades till Eurofins, Kristianstad för analys enligt paket 2, däribland P-AL, K-AL, Ca-AL, pH, organiskt material, lerhalt och jordart. Jordproven skickades även till Nematodlaboratoriet Alnarp för analys av frilevande nematoder. I den ursprungliga planen skulle proven analyseras för betcystnematoden, men projektgruppen beslöt att ändra analysen till frilevande nematoder eftersom det var mer relevant i förhållande till förekomst av *Verticillium* spp. och *Fusarium* spp. Indikationer finns från andra undersökningar på att frilevande nematoder kan vara inkörsport för svampangrepp av bl a *Verticillium* spp. (pers. medd. H. Schneider, MSU Eastern Agr. Research Station, USA).

I september månad strax före skörd besöktes provytorna för bedömning av symptom i fält. Blad med typiska symptom dvs. halvt vissna eller gulnande, samlades in genom att bryta av dem i blastfästet vid betnacken. Från blastfästet, och 3-4 cm in, skars två 5 mm tjocka sektioner av med en steril kniv. En del skickades till Intertek ScanBi Diagnostics för analys med avseende på *Verticillium* spp. och *Fusarium culmorum* och *F. avenaceum* med qPCR på samma sätt som ovan. Den andra biten ytsteriliserades med natriumhypoklorit och lades på PD-agar för odling av förekommande svampar i kärlsystemet. Kolonier som växte fram renodlades för identifiering i ljusmikroskop och i några fall med PCR i BioSom-projektet. Provtagningen upprepas under åren 2012–2014 och gav analyser samt observationer från provytor i 152 fält. Inledningsvis gjordes försök till gradering av vissnesjukan i fält, men med den relativt låg förekomsten under 2012 och det faktum att halvsidigt vissna blad fanns i alla fält, koncentrerades arbetet till att samla in blast för analys.

För att få en bild av kopplingen mellan sockerbetor och oljeväxter för uppförökning av *Verticillium* och *Fusarium* i den sydsvenska växtföljden, besöktes under 2013 och 2014 höstrapsfält med symptom av vissnesjuka i Skåne. Provtagningen gjordes strax före plantornas mognad, då de ännu var gröna. Plantor som är brådmogna med angrepp av *Verticillium* eller någon annan kärllpatogen syns då tydligt eftersom de är mognadsgula. Plantor med synliga angrepp samlades in och bitar av kärllsträngarna ytsteriliserades i natriumhypoklorit och lades på PD-agar. Utväxande kolonier renodlades på nya plattor för identifiering i ljusmikroskop och med PCR i BioSom-projektet.

De insamlade isolaten från 2013 i sockerbetor och höstraps visade sig enligt PCR-analysen alla vara *Verticillium dahliae*. Detta är den art som enligt tidigare erfarenheter angriper sockerbetor och orsakar vissnesjuka. Eftersom alla isolaten från sockerbetor tillhörde *V. dahliae* bedömdes arbetet med inventering av vissnesjuka i höstraps i fält och insamling av isolat vara viktigare och mer relevant än att försöka uppnå infektion i ett test i växthus. Höstraps och sockerbetor är de vanligaste omväxlingsgrödorna i sydsvensk växtföljd och de odlas i stor utsträckning på samma fält.

Metodik för extraktion och rening av DNA (ScanBi Diagnostics, Alnarp)

Proverna har extraherats med CTAB och kloroform. Rötter har krossats i Bioreba-påsar och jorden (5 g) har skakats i 50 ml-rör. Efter centrifugering har supernatanten renats med NucleoSpin 96 Plant II kit (Macherey-Nagel). Sekvenser och koncentrationer för primer/probe för *Verticillium spp.* och *F. culmorum* och *F. avenaceum* är tagna från Atallah et al (2007) respektive Waalwijk et al. (2004). Dessa sekvenser särskiljer inte *V. dahliae* och *V. longisporum* från varandra men från andra arter av *Verticillium* (pers.medd. L. Sandager, Intertek ScanBi Diagnostics). I analyserna jämförs proverna med varandra under förutsättningen att det är samma mängd ursprungsmaterial. Resultatet presenteras som en semikvantitativ analys för *Verticillium spp.*, *F. culmorum* och *F. avenaceum* i klasserna ND=ej detekterad; 1=låg; 2=mellan; och 3=hög.

Metodik för extraktion, rening och kvantifiering av DNA från isolat och jord (Sarosh Bejai, SLU, Uppsala)

DNA extraherades från isolaten med Fermentas DNA extraction kit. DNA kvantifierades med Qubit (Invitrogen) och qPCR analysen gjordes med primers specifika för *V. dahliae*, *V. longisporum*, *V. albo-atrum*, och *V. tricorpus*. För DNA-analysen från jord togs 10 gram av jorden och finmalades i en kvarn. Tre delprover a 350 mg togs från varje jordprov och utgjorde replikat. DNA extraktionen gjordes med MolBio Soil DNA extraction kit. DNA koncentration kvantifierades med Qubit (Invitrogen). qPCR gjordes med primers enligt ovan.

Tabell 1. Analysprogram i projektet 2012–2014

Analys 2012-2014	Analysmaterial	Antal prov
Biotest följt av agarodling	Plantor från biotest	152
<i>Verticillium, Fusarium</i> PCR	Plantor från biotest	152
Frilevande nematoder, Alnarp	Jord	152
Växtnäring jordart	Jord	152
<i>Verticillium, Fusarium</i> PCR	Blad från fält	152

Resultat

Under 2011 gjordes en första preliminär undersökning av *Verticillium spp.* i odlingsområdet. Av 51 testade jordar under 2011 innehöll 22 % smitta av svampsläktet. Jordarna testades i biotest och rötterna analyserades med PCR för *Verticillium spp.*. Däremot hade inga av de blad med synlig gulfärgning på halva bladet som hittades under senare delen av växtsäsongen någon förekomst av *Verticillium* det året.

Biotestet med jordprov avslutades efter fyra veckor och inga symptom på vissnesjuka med kunde ses efter den tiden, men *Verticillium spp.* kunde trots det detekteras i rotsystemen med PCR. Totalt under åren hade 13 % av provytorna jordsmitta av *Verticillium spp.* vid tidpunkten för sådd (tabell 2). Analyserna på fältprov under de tre åren 2012-2014 tyder på att totalt 13 % av fälten hade sockerbetsplantor med infektion av *Verticillium spp.* i kärllsträngarna på hösten i senare delen av odlingsåret (tabell 2). Det fanns en positiv korrelation i detektion av *Verticillium* med PCR mellan rötter från biotest och blast från fält ($P = 0,025$; tabell 8).

Blast med halvsidig vissning kunde hittas i de flesta fält och framförallt på äldre blad. Symptombilder på blast med förekomst av enbart *V. dahliae* eller *F. culmorum* visar inga tydliga skillnader (fig 1-2). Inga fält hittades under åren med ovanligt stor andel gula blad.

Isolat samlades in från bladskaft och sockerbetsblast med halvsidig vissning och av totalt 7 stycken identifierades alla som *V. dahliae* (tabell 3a). Inga av isolaten visade positiv signal för primers för *V. longisporum*, *V. albo-atrum* eller *V. tricorpus*.

Vid inventeringen i höstraps under 2013 besöktes fält i Skåne och tre av dessa hade tydliga symptom av vissnesjuka, dvs halvt eller helt vissna rapsplantor. Isolat togs fram av förekommande svampar i kärldrängarna och analyserna med PCR enligt ovan visade att samtliga tre fält hade infektion av *V. dahliae*.

På 12 av provytorna i sockerbetor med förekomst av *Verticillium* spp. i biotestet eller i vissnande blast i fält gjordes PCR-analys även direkt på jordprovet. Resultaten visade att *V. dahliae* fanns i 8 st, *V. longisporum* i 4 st, men att varken *V. albo-atrum* eller *V. tricorpus* hittades (tabell 3b).

Data från odlarna om fältens växtföljder visar att *Verticillium* spp./*V. dahliae* hittades i synnerhet i sockerbetor som odlats i växtföljder där även potatis förekommer (tabeller 3a-b; 4). Dessa växtföljder dominerade i Kristianstad-området. Förekomsten var mindre i växtföljder utan potatis.

Analys med qPCR på kärldrängar i blad med symptom i fält visade även att 70 % var infekterade med *F. culmorum* och 58 % med *F. avenaceum* (tabell 2). Motsvarande värden för analys med qPCR på rötter som växt i jordproven i biotest på våren innan odling var 39 respektive 18 %. Förekomsten bekräftades med isolering på PD-agar. I uppdelning i växtföljd tyder resultaten på att *F. culmorum* var mindre frekvent i växtföljder med potatis: 65 % av fälten med potatis i växtföljden hade ingen förekomst av svampen i kärldrängarna. Omvänt hade fälten med störst förekomst av *F. culmorum*, 6-7% av alla provytor, ingen potatis i växtföljden, men kännetecknades av större andel raps och spannmål.

Analys av jordproven för förekomst av frilevande nematoder indikerar en positiv signifikant korrelation mellan förekomst av *Verticillium* spp. i biotestet och antal stubbrotsnematoder (*Trichodorus* spp.; $P = 0,038$) och rotgallnematoden (*Meloidogyne hapla*; $P = 0,016$) (Tabell 7). Men det fanns ingen samband mellan frilevande nematoder och förekomst av *Verticillium* spp. i fält.

Tabell 2. Detektion av *Verticillium* spp., *F. culmorum* och *F. avenaceum* med PCR 2012-2014; andel infekterade fält % (n=152); semikvantitativ detektion 1 = spår, 2 = låga mängder, 3 = höga mängder

Patogen	n	% fält med detektion av svamp i respektive mängd			
		ej detekterad	1	2	3
<i>Verticillium</i>					
PCR rötter vh ^a	151	87	11	1	1
PCR Blast fält ^b	129	87	3	3	7
<i>F. culmorum</i>					
PCR rötter vh	151	62	20	10	9
PCR Blast fält	113	30	43	21	5
<i>F. avenaceum</i>					
PCR rötter vh	151	81	15	3	1
PCR Blast fält	113	42	35	20	3

^a analys på rötter från plantor odlade i jordprov i biotest

^b analys på blast i fält från jordprovets ursprung

Tabell 3a. Extraktion och PCR-analys av 1) plantor odlade i biotest; 2) betblast i fält (ScanBi Diagnostics); 3) isolat från betblast i fält (data Sarosh Bejai).

Prov	Mängd Vert.* i biotest	Mängd Vert.* i fältprov	isolerad art	Värdväxter förutom sockerbeter
1. Rutsbo	1	nd	<i>V. dahliae</i>	Raps
2. Trulsson	nd	3	<i>V. dahliae</i>	Potatis
3. Falk	nd	2	<i>V. dahliae</i>	Potatis, jordgubbar
4. Thim	3	nd	-	Potatis
5. Håkansson	nd	3	<i>V. dahliae</i>	-
6. Reslövsg	1	nd	-	Raps
7. Jönsson	1	nd	-	Potatis
8. Everöd	nd	3	-	Potatis
9. Granhill	2	nd	-	Potatis
10. Dahlsjö	1	3	<i>V. dahliae</i>	Potatis, spenat
11. Bramst.	1	nd	<i>V. dahliae</i>	Raps
12. Slättäng	2	3	<i>V. dahliae</i>	Potatis

*Semikvantitativ mängd *Verticillium* spp. i qPCR: nd = ej detekterad; 1 = spår; 2 = låga mängder; 3 = höga mängder.

Tabell 3b. Extraktion och qPCR-analys av jordprov med artspecifika primers, data BioSom, Sarosh Bejai, Inst f. växtbiologi SLU Uppsala

Prov	<i>V. dahliae</i> copies /g soil	<i>V. longisporum</i> copies /g soil	<i>V. albo-atrum</i> copies /g soil	<i>V. tricorpus</i> copies /g soil
1. Rutsbo	187	nd	nd	nd
2. Trulsson	nd	110	nd	nd
3. Falk	210	69	nd	nd
4. Thim	nd	nd	nd	nd
5. Håkansson	165	nd	nd	nd
6. Reslövsg	147	47	nd	nd
7. Jönsson	nd	88	nd	nd
8. Everöd	nd	nd	nd	nd
9. Granhill	237	nd	nd	nd
10. Dahlsjö	311	nd	nd	nd
11. Bramst.	140	nd	nd	nd
12. Slättäng	129	nd	nd	nd

Tabell 4. Fält (%) med potatis eller raps i växtföljden och med kvantitet *Verticillium* spp. enligt detektion med qPCR

Klass PCR semikvant. <i>Verticillium</i> spp.	Potatis i växtföljden		Raps i växtföljden	
	Ja % (n=32)	Nej % (n=74)	Ja % (n=47)	Nej % (n=38)
Ingen förekomst	72	97	98	82
1 spår	0	3	2	0
2 låga mängder	8	0	0	4
3 höga mängder	20	0	0	14

*Semikvantitativ mängd *Verticillium* spp. i qPCR: 0 = ej detekterad; 1 = spår; 2 = låga mängder; 3 = höga mängder.

Tabell 5. Fält (%) med potatis eller raps i växtföljden och med kvantitet *Fusarium culmorum* enligt detektion med qPCR

Klass PCR semikvant. <i>Fusarium culmorum</i>	Potatis i växtföljden		Raps i växtföljden	
	Ja % (n=32)	Nej % (n=74)	Ja % (n=47)	Nej % (n=38)
Ingen förekomst	65	19	20	54
1 spår	17	52	43	31
2 låga mängder	17	22	31	12
3 höga mängder	0	7	6	4

*Semikvantitativ mängd *Fusarium culmorum* i qPCR: 0 = ej detekterad; 1 = spår; 2 = låga mängder; 3 = höga mängder.

Tabell 6. Fält (%) med potatis eller raps i växtföljden och med kvantitet *Fusarium avenaceum* enligt detektion med qPCR

Klass PCR semikvant. <i>Fusarium avenaceum</i>	Potatis i växtföljden		Raps i växtföljden	
	Ja % (n=32)	Nej % (n=74)	Ja % (n=47)	Nej % (n=38)
Ingen förekomst	48	47	51	65
1 spår	26	28	23	12
2 låga mängder	26	21	17	23
3 höga mängder	0	5	9	0

*Semikvantitativ mängd *Fusarium avenaceum* i qPCR: 0 = ej detekterad; 1 = spår; 2 = låga mängder; 3 = höga mängder.

Tabell 7. Korrelationer (Kendall) mellan förekomst av frilevande nematoder och *Verticillium* spp., *F. culmorum* och *F. avenaceum* 2012-2013

Nematod-förekomst		Vert PCR	Vert	F. culm	F. culm	F. aven	F. aven
		Rötter	PCR	PCR	PCR	PCR	PCR
			Blast	Rötter	Blast	Rötter	Blast
Stubbrot	Koeff.	0,2023	ns	ns	ns	ns	ns
	Prob.	0,0385					
	n	105					
Rotsår		ns	ns	ns	ns	ns	ns
Rotgall	Koeff.	0,2353	ns	ns	ns	ns	ns
	Prob.	0,0157					
	n	105					

Tabell 8. Korrelation (Kendall) mellan detektion av *Verticillium* spp. i rötter och blast med PCR

Verticillium olika metoder		Vert PCR
		Blast
Vert PCR Rötter	Koeff.	0,3046
	Prob.	0,0251
	n	54



Fig. 1a-b. Blast med symptom av vissnesjuka och med förekomst av enbart *Verticillium dahliae* (Trulsson 2013).



Fig. 2 a-b. Blast med symptom av vissnesjuka med förekomst av enbart *Fusarium culmorum* (I. Jönsson 2013; C. Pålsson 2013)

Diskussion

Undersökningen under åren 2012-2014 och med inledande analyser 2011 av förekomst av vissnesjuka i sockerbetor tyder på att *Verticillium* spp. har funnits i mellan 13-22 % av fälten och både i blast och i jord. Arten *V. longisporum* hittades i jordprov från fyra av tolv analyserade fält, och *V. dahliae* i åtta jordprov, men isolat från både sockerbetor och höstraps visade sig alla vara *V. dahliae*. Inverkan av växtföljden med ökad förekomst av *Verticillium* spp. när även potatis odlades i samma växtföljd, tyder på att *V. dahliae* dominerar och är den art som kan orsaka vissnesjuka i sockerbetor i Sverige. Detta är välkänt sedan länge i potatis i exv USA, Red-river valley, där vissnesjuka konstaterats orsakas av både *V. dahlia* och *V. albo-atrum*, men i dessa växtföljder har sockerbetor enbart infekterats av *V. dahliae* (Brantner *et al.*, 2008). Även kålfält kan angripas av flera arter av *Verticillium*, exempelvis *V. longisporum* och *V. dahliae* (Banno, *et al.*, 2011). I tester i växthus på ett svenskt isolat av *V. longisporum* angreps inte sockerbetor av denna art (Johansson *et al.*, 2006). Den här redovisade undersökning är den första som gjorts i sockerbetor och bekräftar detta. Andra värdväxter finns inom släktet *Brassica* exv vitsenap och oljerättika (Eastburn och Paul, 2007). Men endast 2 % av fälten med raps i växtföljden hade spår och 98 % hade ingen detektion alls

av *Verticillium* spp. i blast från fältet. Detta kan jämföras med potatisväxtföljderna där 20 % av fälten hade hög detektion av *Verticillium* spp..

Inverkan på skörd har inte studerats i denna undersökning och är svår att göra eftersom sjukdomen är jordburen och kräver jordsanering för att ge förhållandet mellan skörd på infekterad och oinfekterad gröda i samma fält. Studier i Holland kunde visa att odlare på lerjordar med toppskördar hade låga förekomster av bl.a. *Verticillium* och *Rhizomania* (Hanse *et al.*, 2011). Men en möjlighet är att jämföra betsorter med och utan tolerans mot sjukdomen men dessa tester är ännu på försöksstadiet. I framtiden när sorter med påvisad tolerans finns tillgängliga, bör sortförsök utföras på fält med både sockerbetor och potatis i växtföljden för att få högt infektionstryck av *V. dahliae*.

Den relativt låga förekomsten av *V. dahliae* kan bero på att den har ett ganska högt temperaturoptimum, 25–28°C, vilket gör den vanligare i tempererade zoner och infektionen av *Verticillium* sker direkt eller genom sår på värdväxtens rötter (Agrios, 2005). Sjukdomsutvecklingen påverkas av jord- och lufttemperatur samt jordens fuktighet. Optimalt är en lufttemperatur på 23°C och jordtemperatur på 15–19°C med tillräcklig jordfuktighet (Eastburn och Paul, 2007). Under torra förhållanden ökar symptomen eftersom kärllsträngarna är påverkade, medan mycket regn leder till svagare symptom.

En annan faktor är samverkan med andra skadegörare som orsakar sår på rötterna. Vid förekomster av betcystnematoder i jorden kan symptomen av *Verticillium* förvärras (Schneider, *et al.* 2010). I denna undersökning fanns ett positivt samband med stubbrotsnematoden som är en ektoparasit och som äter på finrötterna, men även till rotgallnematoden. Men sambanden är komplicerade eftersom dessa nematodararter uppföras av potatis och även av morötter som odlas på dessa jordtyper med låg lerhalt.

Förekomsten av *Fusarium* spp. var stor och *F. culmorum* fanns i 70 % och *F. avenaceum* i 58% av fälten och i blast med halvsidig vissning. Symptomen var liknande för blast med påvisad förekomst av *V. dahliae* vilket gör det svårt att göra fältundersökningar utan tillgång till molekylära verktyg. Vissnesjuka i sockerbetor orsakat av *Fusarium* är mest känt för *F. oxysporum* fsp. *betae*, Fusarium yellows (Schneider och Whitney, 1986), men även andra arter hittas regelbundet (Christ *et al.*, 2011). I spannmål orsakar *F. culmorum* och *F. avenaceum* stråfusarioser och förekommer i kärllsträngarna. I sockerbetor ger *F. culmorum* svart vävnad i samband med torkstress och då i blasfästet och från vissnad blast, vilket kan förklaras med att svampen finns inne i kärllsträngarna. Förekomsten av *F. culmorum* var störst i proverna utan *Verticillium*, vilket kan bero på skillnader i växtföljd dvs avsaknad av potatis och större förekomst av spannmål vilket uppföras av dessa båda arter av *Fusarium*, men kan också bero på konkurrens mellan svamparterna.

En möjlig bekämpningsstrategi kan vara att välja sorter tolerant mot *Verticillium*, men hittills har inga sådana sortförsök gjorts i Sverige. Däremot har observationer gjorts om skillnader i antal vissnade blad i de officiella sortförsöken. Men för att få bra försök krävs det att ha en prognosmetod som visar om det finns *Verticillium* eller *Fusarium* i jorden. Extraktion av jord och analys med PCR direkt på jordprovet kan vara en möjlighet i framtiden.

Slutsatser och nytta med råd till näringen

- *Verticillium* spp. detekterades i 13 % (n = 151) av fält som odlades med betor åren 2012-2014 i jordprov och i blast med vissnesjukesymptom.
- Insamlade isolat från kärlsträngar i blast med vissnesjukesymptom (n = 7 fält) var *Verticillium dahliae* enligt analys med arts specifika primers och PCR.
- Extraktion av DNA direkt från jord från 12 av de inventerade jordarna och PCR-detektion visade att *V. dahliae* fanns i 8 st, *V. longisporum* i 4 st, och att varken *V. albo-atrum* eller *V. tricorpus* hittades.
- *Verticillium* spp./*V. dahliae* hittades i högre mängd i sockerbetor som odlades i växtföljder där även potatis ingick jämfört med växtföljder med oljeväxter/spannmål och utan potatis.
- Detektion av *Fusarium* spp. i kärlsträngarna av blast med halvssidig vissning visade att *F. culmorum* fanns i 69 % och *F. avenaceum* i 58 % av inventerade fält.
- I fält/blast med halvssidig vissning och med stor förekomst av *F. culmorum* kunde inte *Verticillium* spp. detekteras.
- *F. culmorum* finns i större utsträckning i växtföljder med raps/spannmål.
- Vid provning av sorter med resistens/tolerans mot *Verticillium* bör hänsyn tas till växtföljden på det aktuella fältet. Större risk för *V. dahliae* i potatisväxtföljder.

Resultatförmedling

Artiklar i Betodlaren under 2016. Första artikeln publicerad i nr 1: ”*Verticillium* i sockerbetsblast – en annorlunda bladsvamp” L. Persson och Å. Olsson.

Information på NBR:s sommar- och vintermöten 2016.

Publicering och presentationer i samarbete med BIOSOM-projektet 2015.

Aktivitet	Publikationsplan	Tidsplan
BIOSOM konferens	Betydelsen av biologisk markkartering i sockerbetor	November 2015
Konferens IIRB poster	"Verticillium wilt in sugar beets in Sweden" L. Persson, Å. Olsson	Februari
Betodlaren (faktidskrift)	" <i>Verticillium</i> i sockerbetsblast – en annorlunda bladsvamp " L. Persson, Å. Olsson	Nr. 1 2016
Betodlaren (faktidskrift)	"Inverkan av växtföljd på vissnesjuka i sockerbetor” L. Persson et al.	Sommar, höst
Vet. artikel	"Pathogens inducing wilt in sugar beet in Sweden" L. Persson et al.	Maj
Vet. artikel	"New diagnostic tool for quantifying vascular pathogens in sugar beet" L. Persson et al.	Augusti

Referenser

- Agrios, G.N. 2005. Plant pathology. Fifth edition. Elsevier.
- Atallah, Z. K., Bae, J., Jansky, S. H., Rouse, D. I., Stevenson, W. R. 2007. Multiplex real-time quantitative PCR to detect and quantify *Verticillium dahliae* colonization in potato lines that differ in response to *Verticillium* wilt. *Phytopathology* 97:865-872.
- Banno, S, *et al.*, 2011. Quantitative nested real-time PCR detection of *Verticillium longisporum* and *V. dahliae* in the soil of cabbage fields. *JOURNAL OF GENERAL PLANT PATHOLOGY* Vol: 77, 5: 282-291.
- Brantner, J. R., Windels, C. E., and Omer, M. A. 2008. *Verticillium dahliae* causes wilt on sugar beet following potato in eastern North Dakota. Online. Plant Health Progress doi:10.1094/PHP-2008-1212-01-BR.
- Christ DS, Gödecke R, von Tiedemann A, Varrelmann M. 2011. Pathogenicity, symptom development, and mycotoxin formation in wheat by *Fusarium* species frequently isolated from sugar beet. *Phytopathology*, (11):1338-45.
- Eastburn, D. M., Paul, V. H. 2007. *Verticillium* wilt. In: Compendium of Brassica diseases. Eds.:Rimmer, S. R., Shattuck, V. I., Buchwaldt, L. APS Press.
- Hanse B.; Schneider J. H. M.; Termorshuizen A. J.; *et al.* 2011. Pests and diseases contribute to sugar beet yield difference between top and averagely managed farms. *CROP PROTECTION*, vol.: 30, 6:671-678.
- Johansson A; Goud JKC; Dixelius C. 2006. Plant host range of *Verticillium longisporum* and *microsclerotia* density in Swedish soils. *EUROPEAN JOURNAL OF PLANT PATHOLOGY* Vol.: 114, 2: 139-149.
- Schneider, J. H. M., van Oorschot, P. M. S. Schone, A. H. L. 2010. *Verticillium*, the causal agent of “yellow necrosis” of sugar beet in the Netherlands. 72nd IIRB Congress – 22-24 June 2010 Copenhagen.
- Schneider, C. L. and Whitney, E. D. 1986. *Fusarium* Yellows. Page 18 In: Compendium of Beet Diseases and Insects. E. D. Whitney and J. E. Duffus (Eds.). APS Press, St. Paul, MN.
- Waalwijk, C., van der Heide, R., de Vries, I., van der Lee, T., Schoen, C., Costrel-de Corainville, G., Häuser-Hahn, I., Kastelein, P., Köhl, J., Lonnet, P., Demarquet, T. & Kema, G. H. J. (2004). Quantitative Detection of *Fusarium* Species in Wheat Using TaqMan. *European Journal of Plant Pathology*, vol. 110, pp. 481–494.