

EPIDEMIOLOGI OCH KONTROLL AV VETEDVÄRGVIRUS

Redovisning av anslag H1133221 från Stiftelsen lantbruksforskning

Sammanfattning

Vetedvärgsjuka är ett återkommande problem, och för att hålla sjukdomen under kontroll är det viktigt med förbättrade kunskaper om dess epidemiologi och tillförlitliga prognoser. I projektet har vi kunnat bekräfta att rajgräs utgör en potentiell smittkälla för vetedvärgvirus (WDV) som orsakar sjukdomen. Viruset kunde detekteras i rajgräs från områden som tidigare år haft problem med vetedvärgsjuka. Kontrollerade infektionsförsök med virusbärande stritar resulterade i symptomfria rajgräsplantor med en låg virusnivå. Stritar kunde ändå föra över virus från dessa rajgräsplantor till vete. Sekvensanalyser av virusgenomet visade att WDV-isolat från vete, rajgräs och stritar är nära besläktade och att det troligen är samma genotyp av viruset som cirkulerar mellan olika värdar. WDV-infekterade veteplantor och WDV-bärande stritar identifierades också under år med annars begränsad förekomst av sjukdomen, vilket visar att viruset ständigt finns kvar.

Wheat dwarf disease is a reoccurring problem, and to keep the disease under control it is important with improved knowledge about its epidemiology and reliable forecasts. In the project, we have been able to confirm that ryegrass is a potential source for wheat dwarf virus (WDV), which causes the disease. The virus could be detected in ryegrass from areas, which previously have had problems with wheat dwarf disease. Controlled infection trials with viruliferous leafhoppers resulted in symptomless ryegrass plants with a low virus titre. Still, leafhoppers were able to transmit virus from these ryegrass plants to wheat. Sequence analyses of the virus genome showed that WDV isolates from wheat, ryegrass and leafhoppers are closely related and that probably the same genotype of the virus is circulating between different hosts. WDV-infected wheat plants and leafhoppers were also identified during years when the disease otherwise was rare, which shows that the virus constantly is present.

Bakgrund

Introduktion

Växtvirus är mycket viktiga skadegörare på grödor. En ingående förståelse för hur dessa virus överförs mellan växter och hur virusen förökar sig och sprids i växten är nödvändigt för att kunna begränsa deras skadeverkningar. En av de viktigare sjukdomarna som orsakas av växtvirus i Sverige och Europa är vetedvärgsjuka (Kvarnheden et al., 2016). Under 1900-talet har sjukdomen periodvis orsakat omfattande skador på vete i Sverige. Det har sedan slutet av 1990-talet åter dykt upp i Mellansverige med i vissa fall omfattande skador (Lindsten och Lindsten 1999; Lindblad och Waern, 2002). Den periodvisa återkomsten av vetedvärgsjuka har funnits vara associerad med förändrade jordbruksmetoder (Lindsten och Lindsten, 1999; Lindblad och Waern, 2002). Vetedvärgsjuka har också relativt nyligen börjat uppträda i stora delar av Europa på både vete och korn, samt i Afrika och Asien (se t.ex. Najar et al., 2000; Vacke et al., 2004; Köklü et al., 2007; Xie et al., 2007). Angripna plantor gulnar, stannar av i växten och axbildningen hämmas. Vetedvärgsjukan orsakas av vetedvärgvirus (WDV), som är ett geminivirus (familjen *Geminiviridae*, släktet *Mastrevirus*) och överförs på ett persistent sätt med den randiga dvärgstriten (*Psammotettix alienus*) (Lindsten, 1980). Arvsmassan i viruspartikeln utgörs av enkelsträngat DNA och vid produktionen av nya viruskopior genomgår viruset en dubbelsträngad form. Det har ett av de minsta virusgenomen med en

storlek som varierar mellan 2734 och 2750 nukleotider (Kvarnheden et al., 2002; Vacke et al., 2004; Schubert et al., 2007; Ramsell et al., 2009).

Stritarna övervintrar som ägg och vinglösa stritnymfer sprider sedan WDV i fältet under våren (Lindblad och Sigvald, 2004). Höstfångsterna av vuxna *P. alienus* i vintervetefält har visats öka med stigande temperaturer (Lindblad och Arenö, 2002). När höstvetet inte infekteras på hösten blir skadorna av WDV-infektion nästan alltid begränsade. Vete uppvisar resistens mot WDV efter växtstadium DC31 (Lindblad och Sigvald, 2004). När den bevingade adulta formen av *P. alienus* är redo att överföra WDV mellan fält har vetet redan nått den åldern där resistens utvecklats. Ett förändrat klimat med ökade temperaturer under hösten ökar risken för primära WDV-infektioner och allvarligare skador av vetedvärgsjuka (Roos et al., 2011).

Det finns två former av WDV: en stam anpassad till vete och en stam anpassad till korn (Lindsten och Vacke, 1991; Ramsell et al., 2009). Dessa två stammar har överlappande värdkrets, men vetestammen har svårt att infektera korn och tvärtom. I stora delar av Europa påverkas höstkorn av WDV-infektioner. Det finns nu en risk att även kornstammen av WDV kommer dyka upp i Sverige.

Alla hittills testade vetesorter är mottagliga för WDV. Forskning pågår för att hitta resistens och nyligen har ett par ungerska sorter med viss resistens identifierats liksom i vilda släktingar till vete (Benkovics et al., 2010; Nygren et al., 2015). Kontrollen av WDV är för närvarande helt beroende av insekticider och odlingsmetoder som sen sådd och jordbearbetning. Ökad kunskap är nödvändig för att helt förstå WDV:s epidemiologi och på så sätt kunna använda odlingsmetoder som minskar infektionsrisken. Med förbättrade prognosmetoder kan insekticidbekämpningen sättas in när det verkligen behövs. Behovet av nya metoder för att minska infektionsrisken är också stort.

Tidigare resultat

Anders Kvarnheden har i samarbete med Roland Sigvald, Inst. för ekologi, SLU tidigare genomfört studier av den genetiska variationen hos WDV, förekomst och spridning av WDV och *P. alienus* samt molekylära interaktioner mellan WDV och värdväxten. Stöd till forskningen har då erhållits från SLF, CF Lundströms stiftelse, Nilsson-Ehle-fonden, IMOP forskarskola (SLU) och Carl Tryggers Stiftelse.

De kompletta sekvenserna har bestämts för veteisolat av WDV från Sverige samt för kornisolat av WDV från Ungern och Turkiet (Kvarnheden et al., 2002; Köklü et al., 2007; Ramsell et al., 2008; Ramsell et al., 2009). Dessutom har flera veteisolat från Uppland, Västergötland, Östergötland och Finland partiellt sekvensbestämts (Kvarnheden et al., 2002; Ramsell et al., 2008). Jämförelse mellan dessa isolat och från andra delar av världen visade att alla WDV-isolat från vete var mycket lika med mindre än 3% skillnad i nukleotidsekvensen, oberoende av geografiskt ursprung. Däremot skilde sig vete- och kornstammen med 16% (Kvarnheden et al., 2002; Köklü et al., 2007; Ramsell et al., 2009). Det verkar alltså finnas en klar skillnad mellan korn- och veteinfekterande stammar av WDV. Prover av ängsgröe (*Poa pratensis*), åkerven (*Apera spica-venti*), flyghavre (*Avena fatua*), rågvete och vektorn *P. alienus* fanns vara positiva för WDV. Partiella sekvensanalyser visade att dessa WDV-isolat också tillhörde vetestammen och ingen specifik gruppering kunde härledas till artspecificitet eller geografiskt ursprung (Ramsell et al., 2008). Rågvete och gräs kan alltså förmodligen utgöra smittkällor för WDV-infektion av vete. Jämfört med vetestammen har sekvensanalyser av isolat från kornstammen visat på en större genetisk variation (Köklü et al., 2007).

Infektiösa kloner konstruerades för ett vete- och ett kornisolat av WDV (Ramsell et al., 2009). Användandet av infektiösa kloner för WDV eliminerar behovet av stritar och tillåter mer kontrollerade förhållanden vid infektion. Infektiviteten av dessa två kloner med *Agrobacterium tumefaciens* påvisades med ELISA, PCR och Southern blot-analyser av

infekterade växter. Kornisolatet visades dessutom kunna överföras med *P. alienus* (Ramsell et al., 2009). Förutom korn kunde kornisolatet även infektera havre och råg samt med låg frekvens vete. De infekterade veteplantorna visade då kraftiga symtom och dog vid tidig ålder.

Målsättning

Vetedvärgvirus (WDV) orsakar periodvis omfattande skador på höstvetete i Sverige, samtidigt som virusets utbredning runt om i Europa, Asien och Afrika ökar. Det finns med varmare klimat, förändrade odlingsmetoder och nya grödor en stor risk i Sverige för att infektioner av höstvetete med WDV får större omfattning än tidigare. WDV har t.ex. nyligen för första gången drabbat höstvetete i Skåne, och även utbredningen norrut till norra Uppland har noterats. Kornstammen av WDV finns dessutom på nära håll i Tyskland där den orsakar betydande skador på korn, och man kan anta att den sprids även till Sverige om förhållandena är de rätta. Projektets mål har varit att öka förståelsen för WDV:s epidemiologi samt utveckla förbättrade metoder för diagnostik och kontrollåtgärder.

Genomförande och ekonomisk redovisning

Projektet har drivits som ett doktorandprojekt och medel har använts för att anställa en doktorand, Elham Yazdkhasti, från juli 2012 efter att tjänsten utlysts och den mest lämpliga kandidaten valts ut. Dessutom har lönebidrag använts för en forskningsassistent, Ingrid Eriksson, på 20% under 2012 och fram till och med maj 2013 då hon gick i pension, samt för forskaren Richard Hopkins (Inst. för ekologi; medsökande) på 10% från juli 2012 till mars 2014. Elham har genomfört sina doktorandstudier med Anders Kvarnheden som huvudhandledare samt Richard Hopkins och Eugene Savenkov (Inst. för växtbiologi, SLU) som biträdande handledare. En ansökan till SLF om förlängd dispositionstid av anslaget bifölls så att det täcker doktorandtiden bättre. Medel har också använts för driftkostnader (ELISA, PCR, RCA, kloning, sekvens-bestämning), växthuskostnader, del av kostnader för att delta i internationella konferenser, resor för att samla in material och för att bjuda in en av de sökande till doktorandtjänsten för intervju. Elham har periodvis varit sjukskriven och en annan doktorand, Jim Nygren, har då tidvis engagerats för att utföra virustester och ta hand om vår odling av dvärgstritar för överföringsförsök. Elham är just nu föräldraledig fram till hösten 2017 och disputationen är planerad till hösten 2018. Under det sista året kommer hon bl.a att sammanställa resultat från SLF-projektet för publikation. Lönen täcks då av bidrag från institutionen.

Resultat

Identifiering av smittkällor för WDV

1. Förekomst av WDV i vete och stritar

Under 2009 och 2010 drabbades en del vetefält i Mälardalen hårt av vetedvärgsjuka och 2010 konstaterades också förekomst av sjukdomen på sex platser i Skåne. Däremot har förekomsten av vetedvärgsjuka varit ytterst begränsad under hela projektperioden från 2012 till 2016. Enstaka angripna veteplantor har noterats i de områden där sjukdomen tidigare förekommit, dvs i länen Skåne, Västra Götaland, Östergötland, Södermanland, Stockholm och Uppsala, och angreppen har varit på en låg nivå (se årsrapporter för Växtskyddscentralerna i Alnarp, Skara, Linköping och Uppsala för perioden 2012-2015). Orsakerna till den minskade omfattningen av vetedvärgsjuka sedan 2010 är antagligen flera: färre trädor efter höstvetete, mindre andel tidigt sådd höstvetete, färre fält med reducerad jordbearbetning efter vete och ogynnsamt väder under höst och/eller vår för stritarna (se rapport från Växtskyddscentralen Uppsala Nr. 29, 2015-09-01). Även om förhållandena har varit ogynnsamma för smittspridning i Sverige så hade södra Tyskland och Österrike stora problem med

vetedvärgsjuka i höstvetete under 2012. Detta är förknippat med att de under 2011 hade en lång och mild höst följt av en varm och torr vår. Under projektets gång har veteplantor med misstänkta symtom av vetedvärgsjuka skickats in från Växtskyddscentraler, rådgivare eller lantbrukare och vi har också samlat in eget material från Uppsalatrakten. I vissa fall kunde infektion med WDV detekteras, medan plantorna i andra fall var infekterade med rödsotvirus (BYDV-PAV, BYDV-MAV eller CYDV-RPV). Symtomen orsakade av rödsotvirus och WDV i unga veteplantor är liknande och tester är ofta nödvändiga för att särskilja vilket virus det är. I vissa andra fall har plantorna inte varit positiva för varken WDV eller rödsotvirus och andra möjliga orsaker till symtomen är då t.ex. svampangrepp, insektsangrepp eller torkstress. Vetepröver från bl.a. Halland och Själland (Danmark) med dvärgväxt och guldfärgade blad testades, men fanns vara negativa för WDV. Sammantaget visar resultaten att det i de områden som tidigare drabbats av mer omfattande förekomst av vetedvärgsjuka även finns enstaka WDV-infekterade veteplantor, vilka utgör möjliga smittkällor. Eftersom det endast är yngre plantor som påverkas av infektion, så finns det antagligen många äldre WDV-infekterade veteplantor utan symtom i fälten. Förutom vete har även symptomatiska kornplantor och slumpvisa gräsprover i områden med vetedvärgsjuka testats. Inga WDV-infekterade plantor har då påträffats förutom rajgräs, för vilken en större undersökning gjordes (se separat redovisning nedan).

2. Rajgräs som smittkälla

Rajgräs är värd för WDV och odlas allmänt, både som vallgröda och fångstgröda. Det är dessutom vanligt i gräsmarker och som ogräs i veteåker. Jordbruksverket har i sina rekommendationer till lantbrukare angett närvaro av rajgräs som en riskfaktor för spridning av WDV till vete. För att undersöka detta i mer detalj och dessutom använda rajgräs som modell för WDV i gräs har vi gjort flera undersökningar och försök. Rajgräsprover erhöles under sommaren 2012 från två fält i Västra Götalands län där vetedvärgsjuka tidigare förekommit. I det ena fältet bekräftade vi WDV-infektion av höstvetete under 2011. Dessa prover testades med ELISA för att se om rajgräs är infekterat av WDV och kan utgöra en smittkälla även under ett år då förekomsten av vetedvärgsjuka är låg. Rajgräset hade i detta fält såtts in som fångstgröda flera år tidigare och har sedan dess funnits kvar i delar av fälten. ELISA-analyserna visade att en planta av 425 var positiv för WDV (0,2%) samt att det även fanns en låg frekvens av infektion med rödsotvirus (BYDV-PAV, BYDV-MAV och CYDV-RPV). Sekvensanalys av en PCR-produkt från det positiva provet visade att det var ett isolat av vete stammen av WDV, dvs av samma typ som i vete. Under 2013 samlades prover av rajgräs och vete in från ett fält i Stockholms län och av rajgräs från ett fält i Uppsala län där vete i båda fall tidigare drabbats av vetedvärgsjuka. I det förstnämnda fallet är det en kvarvarande rest av en vallodling medan det i andra fallet är en sortprovning av rajgräs. ELISA-testerna bekräftade WDV-infektion av symptomatiska veteplantor i fältet i Stockholms län medan alla 20 testade rajgräsprover var negativa. För proverna från Uppsala län var 4 av 400 rajgräsprover i sortprovningen positiva för WDV (1%). Överföringsförsök med stritar i växthus bekräftade att olika rajgrässorter kan infekteras av WDV. Rajgräsplantorna uppvisade inga symtom och virushalten var betydligt lägre än i veteplantorna från samma försök. I de flesta fallen var virusnivån för låg för att detekteras med ELISA och WDV kunde påvisas endast med PCR eller kvantitativ PCR. Virusnivån var ändå tillräckligt hög i rajgräs för att dvärgstritar sedan i uppföljande försök kunde ta upp virus från dem och överföra det till vete som utvecklade symtom. Veteplantorna var positiva för WDV enligt både ELISA och PCR, och även stritar som användes var positiva för WDV i PCR-tester. Den här studien visar att det finns WDV-infekterade rajgräsplantor i fält även under år då vetedvärgsjuka annars är ovanligt samt att rajgräs är infekterat med rödsotvirus. Infektionsförsöken visade att WDV-halten är låg i infekterade rajgräsplantor och eftersom vi använde ELISA för att testa

fältprover är våra resultat på 0,2-1% infekterade plantor troligen en underskattning. Trots den låga WDV-halten i infekterade rajgräsplantor är det dock tillräckligt för att stritar ska kunna ta upp virus och sprida det till vete. Rajgräs i anslutning till vetefält är därför en klar smittrisk, särskilt om det är i samma fält.

Diversitet av WDV

Under 2010 drabbades en del fält i Mälardalen hårt av vetedvärgsjuka, och vi startade då en kultur av dvärgstritar för överföringsförsök i samband med ett Formas-projekt om WDV-resistens. För att se hur denna WDV-genotyp är besläktad med tidigare karakteriserade WDV-isolat, bestämde vi under 2012 den fullständiga genomsekvensen för WDV-isolat från två vetepantor som infekterats i växthus med virusbärande stritar. WDV-genomen amplifierades med hjälp av rolling circle amplification (RCA) följt av kloning och sekvensbestämning av tre kloner per isolat. Alla 6 genomsekvenser visade hög DNA-identitet (99%) med de WDV-sekvenser som vi tidigare karakteriserat (Kvarnheden et al., 2002; Ramsell et al., 2008), och det nära släktskapet bekräftades genom fylogenetiska analyser. Det är alltså samma typ av WDV som förekommit i Mälardalen sedan 1998, då de första proverna togs. Den fullständiga genomsekvensen har också bestämts för två isolat från skånska stritprover. Sekvensanalyser visade att dessa två WDV-isolat var nära släkt med europeiska WDV-isolat från vete, och att WDV-utbrottet i Skåne inte är förknippat med en ny WDV-genotyp. I undersökningen av rajgräs som smittkälla bestämdes partiella genomsekvenser för WDV och rödsotvirus från rajgräs. WDV-isolatet var nära besläktat med de som studerats från vete och stritar, medan isolatet av rödsotvirus visade nära släktskap med BYDV-PAV från stråsåd och gräs. Alla de WDV-sekvenser som analyserats är alltså nära släkt oavsett geografiskt ursprung och om de kommer från stritar, gräs eller vete.

För att studera diversiteten hos WDV med högre upplösning och för att hitta eventuella nya WDV-varianter eller andra virus med genom av cirkulärt DNA har vi initierat försök med storskalig sekvensbestämning av RCA-produkter från stritar. Metoden har tidigare utnyttjats för att hitta nya geminivirus från mjöllöss (Ng et al., 2011) och identifiera varianter av papillomavirus hos människor (Ameur et al., 2014). Jämfört med att leta efter virus i växtprover kan det vara mer effektivt att analysera vektorerna. Analyserna utförs vid SciLife Lab i Uppsala med extra ekonomiskt bidrag från Kungliga Fysiografiska Sällskapet i Lund. De första analyserna visar att metoden fungerar för att studera WDV-diversitet i proverna och vi arbetar nu med att optimera identifiering av andra eventuella virus som bärs av stritarna.

Prognos baserat på antal stritar och andel stritar med WDV

Dvärgstritar har samlats in av Växtskyddscentraler under projektperioden och dessa har analyserats med PCR för att studera förekomst av WDV. Testresultaten har använts av Växtskyddscentraler som underlag för riskprognoser till lantbrukare. Materialet har också använts för att prova ut metoder för virustester av stritar och för analyser av WDV-diversitet. Med testerna går det att analysera flera stritar i samma prov, vilket kan vara nödvändigt eftersom ofta endast en mindre andel av dem bär på WDV. Även om andelen virusbärande stritar är låg kan det dock vara en risk när det finns många stritar. Vi har nu testat stritar för WDV sedan 2002 och resultaten från detta utgör tillsammans med annan data, såsom förekomst av vetedvärgsjuka och väderförhållanden, en stark grund för att följa förloppen över en period av många år och se hur väl prognoser stämmer samt för att förbättra dem. Denna sammanställning kommer att utföras under sluttiden av Elham Yazdkhastis doktorandstudier.

Eventuella avvikelser från projektplanen

Vissa delar av projektet har varit svåra att genomföra eftersom förekomsten av vetedvärgsjuka varit låg. Det har t.ex. påverkat möjligheten att utföra fältförsök. Vi har trots det i stort sett följt planen.

Resultatförmedling

Resultat från projektet har presenterats genom föredrag i olika sammanhang: lokala workshops med deltagande av forskare, rådgivare och näringsliv; lokala och internationella vetenskapliga möten; externa besök på SLU. Projektet har diskuterats med Växtskyddscentralerna runt om i Sverige och med rådgivare i Sverige och Danmark. Resultat av analyser har lämnats till Växtskyddscentraler som informerat de berörda lantbrukarna samt generellt i form av växtskyddsbrev och presentationer på möten. Analysresultaten av stritar finns sammanfattade i årsrapporterna för Växtskyddscentralen i Skara (2015), Växtskyddscentralen Linköping (2012-2015), och Växtskyddscentralen i Uppsala (2012-2015). I samband med provtagningar och testanalyser har vi också diskuterat med lantbrukarna.

Vetedvärgvirus och dess epidemiologi har tagits upp vid undervisning för studenter på SLU i Ultuna (främst mark/växt-agronomer, studenter på masterprogrammet Plant Biology och kandidatstudenter i biologi) och Alnarp (hortonomer och trädgårdsingenjörer) samt Uppsala universitet (masterprogrammet Infection Biology) och Estonian University of Life Sciences (mark/växt-agronomer och hortonomer). Två studenter från Université de Picardie Jules Verne, Amiens, Frankrike har utfört praktikarbeten i projektet under somrarna 2012 och 2013. En SLU-student gjorde sitt kandidatarbete på isolering och sekvensbestämning av WDV-isolat från stritar insamlade i Skåne.

Ett manuskript gällande WDV och rödsotvirus i rajgräs håller på att färdigställas och planeras skickas till tidskriften Plant Pathology. Två ytterligare manuskript kommer att sammanställas för Elham Yazdkhastis avhandling och publiceras i vetenskapliga tidskrifter.

Publikationer

Lidemalm L: Characterisation of *Wheat dwarf virus* isolates from the vector *Psammotettix alienus*. Examensarbete Bioteknologi – kandidatprogram, Institutionen för växtbiologi och skogsgenetik, SLU, 138, (http://stud.epsilon.slu.se/6436/18/lidemalm_1_140226.pdf)

Yazdkhasti E, Hopkins R, Kvarnheden A: Reservoirs for wheat dwarf virus, barley yellow dwarf virus and cereal yellow dwarf virus among grasses. Manuskript för tidskriften Plant Pathology

Presentationer

Muntliga

Kvarnheden A: Factors determining the incidence of *Wheat dwarf virus* in wheat. 7th International Geminivirus Symposium/5th International ssDNA Comparative Virology Workshop. Hangzhou, Kina, 3/11-9/11 2013.

Kvarnheden A: Virus, virus, överallt virus. Professorsinstallationsföreläsning. SLU, Uppsala, 3/4 2014.

Kvarnheden A: Virus infections of plants. Växtskydd mot skadegörare och ogräs vid SLU. Tranås, 2/10-3/10 2014.

Kvarnheden A: Virus. Övervintring under ”moderna vintrar”. Workshop arrangerad av HIR Skåne, Partnerskap Alnarp och Fältforsk Odlingsystem. Alnarp, 20/4 2015.

Kvarnheden A: Virussjukdomar i stråsäd – en översikt. Workshop om rödsotvirus i stråsäd. Alnarp, 5/6 2015.

- Kvarnheden A: Infection of grasses and cereals by wheat dwarf virus and a diverse set of luteoviruses. XVIII International Plant Protection Congress – Mission possible: food for all through appropriate plant protection. Berlin, Tyskland, 24/8-27/8 2015.
- Kvarnheden A: Hot mot växter och jordbruksproduktion. Föredrag vid studiebesök från Sveriges veterinärmedicinska anstalt (SVA). SLU, Uppsala 7/10 2015.
- Kvarnheden A: Plant-infecting viruses in the Nordic countries and the possible effects of climate change. Environmental Adaptation: from Molecules to the Planet. The Estonian Center of Excellence in Environmental Adaptation (ENVIRON), Final Conference. Tartu, Estland, 1/10-3/10 2015.
- Kvarnheden A: Department of Plant Biology, Section of Plant Virology. Föredrag vid studiebesök från Hebei Academy of Agriculture and Forestry Sciences, Kina. SLU, Uppsala 4/7 2016.
- Kvarnheden A: Variability in response in different host plants to infection by *Wheat dwarf virus*. International Advances in Plant Virology. Greenwich, Storbritannien, 7/9-9/9 2016.
- Yazdkhasti E och Kvarnheden A: Interna muntliga presentationer på SLU. 2012-2016.

Poster

- Yazdkhasti E: Ryegrass, a potential reservoir for Wheat dwarf virus and viruses associated with barley yellow dwarf disease. Plant Science for Future Needs, Uppsala 10/10-11/10 2012.
- Yazdkhasti E: Ryegrass, a potential reservoir for Wheat dwarf virus and viruses associated with barley yellow dwarf disease. NJF Seminar 457: Sustainable agriculture in the Baltic Sea Region with focus on climate change. Uppsala 30/10-31/10 2012.
- Yazdkhasti E: Ryegrass, a potential reservoir for *Wheat dwarf virus* and viruses associated with barley yellow dwarf disease. 10th International Congress of Plant Pathology. Beijing, Kina 25/8-30/8 2013.
- Kvarnheden A: Wheat dwarf virus and a diverse set of luteoviruses infect both grasses and cereals. EMBO Workshop: Green viruses, from gene to landscape. Hyères-les-Palmiers, Frankrike 7/11-11/11 2013.
- Yazdkhasti E: Ryegrass, a potential reservoir for *Wheat dwarf virus* and viruses associated with barley yellow dwarf disease. NJF Seminar 468: Suction traps in studying distribution and occurrence of insects and forecasting pests and vector borne viruses. Kristianstad 30/10 2013.

Mötesabstracts

- Yazdkhasti E, Hopkins R, Kvarnheden A: Ryegrass, a potential reservoir for Wheat dwarf virus and viruses associated with barley yellow dwarf disease. Plant Science for Future Needs, Uppsala 10/10-11/10 2012.
- Yazdkhasti E, Hopkins R, Kvarnheden A: Ryegrass, a potential reservoir for Wheat dwarf virus and viruses associated with barley yellow dwarf disease. NJF Seminar 457: Sustainable agriculture in the Baltic Sea Region with focus on climate change. Uppsala 30/10-31/10 2012.
- Yazdkhasti E, Eriksson I, Hopkins RJ, Kvarnheden A: Ryegrass, a potential reservoir for *Wheat dwarf virus* and viruses associated with barley yellow dwarf disease. 10th International Congress of Plant Pathology. Beijing, Kina 25/8-30/8 2013.
- Eriksson I, Yazdkhasti E, Sathees K, Bordalo DM, Hopkins R, Kvarnheden A: Wheat dwarf virus and a diverse set of luteoviruses infect both grasses and cereals. EMBO Workshop: Green viruses, from gene to landscape. Hyères-les-Palmiers, Frankrike 7/11-11/11 2013.
- Yazdkhasti E, Eriksson I, Hopkins RJ, Kvarnheden A: Ryegrass, a potential reservoir for *Wheat dwarf virus* and viruses associated with barley yellow dwarf disease. NJF Seminar

- 468: Suction traps in studying distribution and occurrence of insects and forecasting pests and vector borne viruses. Kristianstad 30/10 2013.
- Eriksson I, Nygren J, Shad N, Yazdkhasti E, Lidemalm L, Hopkins R, Westerbergh A, Kvarnheden A: Factors determining the incidence of *Wheat dwarf virus* in wheat. 7th International Geminivirus Symposium/5th International ssDNA Comparative Virology Workshop. Hangzhou, Kina 3/11-9/11 2013.
- Eriksson E, Yazdkhasti E, Sathees K, Bordalo DM, Hopkins R, Kvarnheden A: Infection of grasses and cereals by wheat dwarf virus and a diverse set of luteoviruses. XVIII International Plant Protection Congress – Mission possible: food for all through appropriate plant protection. Berlin, Tyskland 24/8-27/8 2015.
- Kvarnheden A: Plant-infecting viruses in the Nordic countries and the possible effects of climate change. Environmental Adaptation: from Molecules to the Planet. The Estonian Center of Excellence in Environmental Adaptation (ENVIRON), Final Conference. Tartu, Estland 1/10-3/10 2015.
- Nygren J, Yazdkhasti E, Shad N, Hopkins R, Kvarnheden A, Westerbergh A: Variability in response in different host plants to infection by *Wheat dwarf virus*. International Advances in Plant Virology, Greenwich, Storbritannien 7/9-9/9 2016.

Referenser

- Ameur A, Meiring TL, Häggqvist S, Lindau C, Lindberg JH, Gustavsson I, Mbulawa ZZ, Williamson AL, Gyllenstein U: Comprehensive profiling of the vaginal microbiome in HIV positive women using massive parallel semiconductor sequencing. *Sci Rep* 4: 4398 (2014).
- Benkovics AH, Vida G, Nelson D, Veisz O, Bedford I, Silhavy D, Boulton MI: Partial resistance to *Wheat dwarf virus* in winter wheat cultivars. *Plant Pathol* 59: 1144-1151 (2010).
- Huth W: Viruses of Graminae in Germany – a short overview. *J Plant Dis Protect* 107: 406-414 (2000).
- Jezewska J: First report of Wheat dwarf virus occurring in Poland. *Phytopathol Polonica* 21: 93-100 (2001).
- Kvarnheden A, Lett J-M, Peterschmitt M: Mastreviruses: Tropical and temperate leafhopper-borne geminiviruses. Publicerat i: "Vector-Mediated Transmission of Plant Pathogens", s. 231-241, Brown JK (editor), American Phytopathological Society Press, St. Paul, MN, USA (2016). ISBN 978-0-89054-516-4
- Kvarnheden A, Lindblad M, Lindsten K, Valkonen JPT: Genetic diversity of *Wheat dwarf virus*. *Arch Virol* 147: 205-216 (2002).
- Köklü G, Ramsell JNE, Kvarnheden A: The complete genome sequence for a Turkish isolate of *Wheat dwarf virus* (WDV) confirms the presence of two distinct WDV strains. *Virus Genes* 34: 359-366 (2007).
- Lindblad M, Arenö P: Temporal and spatial population dynamics of *Psammotettix alienus*, a vector of wheat dwarf virus. *Int J Pest Manag* 48: 233-236 (2002).
- Lindblad M, Sigvald R: Temporal spread of wheat dwarf virus and mature plant resistance in winter wheat. *Crop Protect* 23: 229-234 (2004).
- Lindblad M, Waern P: Correlation of wheat dwarf incidence to winter wheat cultivation practices. *Agr Ecosyst Environ* 92: 115-122 (2002).
- Lindsten K: Vetedvärgsjukan - en gammal sjukdom som förorsakas av ett säreget och tidigare okänt virus. *Växtskyddsnotiser* 44: 54-60 (1980).
- Lindsten K, Lindsten B: Wheat dwarf – an old disease with new outbreaks in Sweden. *J Plant Dis Prot* 106: 325-332 (1999).
- Lindsten K, Vacke J: A possible barley adapted strain of wheat dwarf virus (WDV). *Acta Phytopath Entomol Hungarica* 26: 175-180 (1991).

- Martin DP, Williamson C, Posada D: RDP2: recombination detection and analysis from sequence alignments. *Bioinformatics* 21: 260-262 (2005).
- Najar A, Othman FB, Boudhir H, Makkouk KM, Zarouk R, Bessai RR, Kumari SG: Viral diseases of cultivated legume and cereal crops in Tunisia. *Phytopathol Mediterr* 39: 423-432 (2000).
- Ng TF, Duffy S, Polston S, Polston JE, Bixby E, Valld GE, Breitbart M: Exploring the diversity of plant DNA viruses and their satellites using vector-enabled metagenomics on whiteflies. *PLoS One* 6: e19050 (2011).
- Nygren J, Shad N, Kvarnheden A, Westerbergh A: Variation in susceptibility to *Wheat dwarf virus* among wild and domesticated wheat. *PLoS One* 10: e0121580 (2015).
- Oruetxebarria I, Kvarnheden A, Valkonen JPT: Analysis of putative interactions between potyviral replication proteins and plant retinoblastoma proteins. *Virus Genes* 24: 65-75 (2002).
- Ramsell JNE: Genetic variability of *Wheat dwarf virus*. Doktorsavhandling, Sveriges lantbruksuniversitet (2007).
- Ramsell JNE, Lemmetty A, Jonasson A, Andersson A, Sigvald R, Kvarnheden A: Sequence analyses of *Wheat dwarf virus* isolates from different hosts reveal low genetic diversity within the wheat strain. *Plant Pathol* 57: 834-841 (2008).
- Ramsell JNE, Boulton MI, Martin DP, Valkonen JPT, Kvarnheden A: Studies on the host range of the barley strain of *Wheat dwarf virus* using an agroinfectious clone. *Plant Pathol* 58: 1161-1169 (2009).
- Roos J, Hopkins R, Kvarnheden A, Dixelius C: The impact of global warming on plant diseases and insect vectors in Sweden. *Eur J Plant Pathol* 129: 9-19 (2011).
- Schubert J, Habekuss A, Kazmaier K, Jeske H: Surveying cereal-infecting geminiviruses in Germany – Diagnostics and direct sequencing using rolling circle amplification. *Virus Res* 127: 61-70 (2007).
- Vacke J, Kvarnheden A, Lindblad M, Lindsten K: Wheat dwarf. Publicerat i: “Viruses and Virus Diseases of *Poaceae* (*Graminae*)”, s. 590-593, Lapierre H och Signoret P-A (editorer), INRA Editions, Frankrike (2004).
- Xie J, Wang X, Liu Y, Peng Y, Zhou G: First report of the occurrence of WDV in wheat in China. *Plant Dis* 91: 111 (2007).