

Slutrapport för projektet

**”Odlingssystemets inverkan på svamp- och nematodangrepp i sockerbetor”**

Lars Persson och Åsa Olsson

## **Inledning och bakgrund**

Växtföljd och val av bruksmetoder är viktiga faktorer för hur odlingssystemet fungerar. Det har en stor påverkan på uppförkning och infektion av en mängd skadegörare och patogener, däribland många som vi har begränsade möjligheter att bekämpa på kemisk väg.

Den vita betcystnematoden (VBCN) uppförkas förutom av sockerbetor även av raps och förekomsten styrs av hur ofta dessa grödor odlas i växtföljden. Ett annat exempel är rotbrandssvampen *Aphanomyces cochlioides* som har sockerbetor och spenat som värdväxter. Det finns även mer okända patogener som *Fusarium culmorum* som angriper både spannmål och sockerbetor. Sockerbetans blad är mål för svampsjukdomar som *Ramularia beticola* och det har visat sig att denna gynnas av korta växtföljder.

Den stora utmaningen i att studera dessa skadegörare och patogener och förstå kopplingen till odlingsmetoder och växtföljder, är att täcka in den stora variation som skapas av jordtyp och klimat. Vi har i detta projekt valt att arbeta med provtytor på många olika fält för att sedan analysera data statistiskt med multivariata metoder. Projektet hade som utgångspunkt 135 provtytor analyserade i ett tidigare projekt, men även nya provtytor. En viktig komponent i dessa studier är att ha en detektionsmetod som på ett snabbt och effektivt sätt visar smittonivån och där ger PCR nya möjligheter.

Målsättningen var att 1) ta fram data om förändringen av jordsmitten av *A. cochlioides* över en längre tidsperiod 2) Utvärdera användning av molekylär teknik för analys av jordsmitta av *A. cochlioides*, 3) följa jordsmitten av *Fusarium* genom växtföljden och ta fram data på betydelsen av samverkan mellan *Fusarium* och betcystnematoder för skörd och lagring, och 4) studera utbredning och angrepp av bladsvampar.

## **Material och metoder**

### **Genomförande av provtagning**

Provytor som hade analyserats årligen i ett tidigare projekt under åren 2003-2005 och bl.a. analyserats för förekomst av jordburna patogener provtogs på nytt årligen under 2006-2008 för att följa förändringen av jordsmitten. Totalt återtestades 74 provtytor årligen, vilket gav 35 prov med en tidsserie på 6 år efter odling av sockerbetor år 2003 och 39 prov med en tidsserie på 5 år efter odling år 2004. Dessutom provtogs och testades 31 jordar före och efter odling av sockerbetor år 2007.

Nya provtytor med känd förekomst av VBCN valdes ut och analyserades enligt nedan för att få data för samband mellan nematoder och svampförekomst och jordfaktorer. Jordprov togs in både före och efter betodling för att följa uppförkningen av VBCN. Totalt analyserades 90 nya provtytor i Sverige, 15 i Finland och 15 i Danmark under de tre åren. Jord och plantor provtogs från ytorna i Danmark och Finland på samma sätt som i Sverige och sändes till Sverige för att genomgå samma analys. Alla provtytor i de tre länderna handskördades och analyserades i Sverige. Provytorerna i Finland kom till stor del att koncentreras till fält där sockerbetor odlades varje år eftersom det är en vanlig odlingsform.

### **Analys av nematoder och karakterisering av jord**

Jordproven analyserades för en rad olika biologiska och kemisk-fysikaliska parametrar. Antalet ägg och cystor av VBCN analyserades av Nematodlaboratoriet på Alnarp, SLU. Kornstorleksfördelning, pH, koncentration av näringsämnen K, P, Mg och Ca enligt extraktion med ammoniumlaktat (AL), ledningstal analyserades av AnalyCen, Kristianstad. Organiskt kol, katjonutbytes kapacitet (CEC), samt analys av lermineralogin utfördes av Docent Siv Olsson, Geochimica. Organiskt och karbonatbundet kol bestämdes genom stegvis upphettning i en Lecougn (Carbon Analyzer RC-412)

och registrering av koldioxidavgång. CEC bestämdes på material <2 mm genom utbyte med koppar(II)-trietylentetramin enligt Meier & Kahr (1999) och Amman et al (2005). Lerfraktionens mineralogiska sammansättning (<0,002 mm) bestämdes genom röntgendiffraktionsanalys (XRD) på orienterade s.k. Dreverpreparat (Drever, 1973) med en Philips diffraktometer. Identifieringen baserades effekten efter olika behandlingar: 1) magnesiummättat prov torkat i luft vid rumstemperatur; 2) magnesiummättat prov behandlat med etylenglykol under 48 timmar vid 60° C; och 3) upphettning till 550° C under 3 timmar. En semi-kvantitativ utvärdering av proportionerna av de olika lermineraltyperna gjordes och uttrycktes som ett smektit/vermikulitindex (Persson och Olsson, 2000).

### **Analys av jordburna svampar i jordprov**

Jordproven blandades och fördelades på sex krukor. I varje kruka såddes tio obetade betfrön av sorten Rasta och placerades i växthus (19°C på natten, 23°C på dagen och extra belysning 16 timmar/dag). Jordarna vattnades varje dag till fältkapacitet för att få optimala förhållanden för infektion. Krukorna inspekterades dagligen och döende plantor markerades med en sticka. Fyra veckor efter sådd togs plantorna ur jorden, tvättades i vatten och bedömdes med avseende på rotbrandsangrepp enligt Larsson och Gerhardsson (1990) för bedömning av rotbrand på spenat: 0 = inga synliga symptom, 10 = cirka 10% av rotsystemet mörkfärgat, 25 = cirka 50% av rotsystemet mörkfärgat, 50 = hela rotsystemet mörkfärgat men inga symptom på hypokotylen (rothalsen), 75 = hela rotsystemet och hypokotylen mörkfärgat, 100 = plantan död. Ett genomsnittligt sjukdomsindex (DSI) räknades fram.

Rotbitar från tio av de mest angripna plantorna lades på potatisdextrosagar och framväxande kulturer ympades över till nya plattor med PD eller majsagar (CM) beroende på art (Persson *et al.* 1997) kolonier identifierades i mikroskop och utifrån färg och form på kolonier och konidier eller sporer. En frekvens för varje art och jord räknades fram utifrån antalet kolonier från de tio rotbitarna.

### **Riskbedömning för angrepp av *Aphanomyces* med PCR**

Ur de jordar som återtestades för rotbrand togs 35 jordprov för test av jordsmitta dels med traditionellt jordtest i växthus enligt ovan, och dels med PCR-metodik, vilken har utvecklats och utförts av Syngenta, Landskrona. Betplantor odlas i jordprov i växthus, och efter två veckor testas rötterna för förekomst av *A. cochlioides* med hjälp av molekylära markörer. Resultatet presenterades för varje jord som frekvens angripna plantor med angrepp av *A. cochlioides* (Hovi och Nihlgård, 2005).

### **Angrepp av jordburna svampar och bladsvampar i fält**

Vid 1:a örtbladsparet grävdes 10 plantor upp på fem platser i varje provyta i fält, totalt 50 plantor. Betraderna närmast intill skörderaderna betraktades som skyddsrad och inga plantor grävdes upp i dessa rader. Rötterna tvättades i vatten och rotbrandsangreppet bedömdes enligt samma skala som i jordtestet beskrivet ovan. Även angripande svampar isolerades från plantorna och identifierades på samma sätt som beskrivits ovan.

I mitten av augusti graderades angreppen av bladsvampar på fyra plantor på fem ställen, totalt 20 plantor. Bedömning gjordes av bladfläckar, mjöldagg och rost enligt SBU:s graderingsystem (0-100) för dessa patogener. Förekommande arterna identifierades i mikroskop. Ett genomsnittligt angreppsindex räknades ut för varje provruta.

### **Skörd och bedömning av kronisk rotröta**

Samtliga betor i skörderutorna handskördades under de två första veckorna i oktober varje år. Betorna nackades, räknades och lades i säckar som transporterades till Agri Provtvätt på Örtofta sockerbruk där skördeparametrar analyserades: nettovikt, bruttovikt, sockerhalt (%), blåtal (mg/100 g beta) samt kalium- och natriumhalt (mekv/100 g beta). I samband med att betorna tvättats rena på Agri provtvätt gjordes en bedömning av kroniska symptom på rotröta. Betorna i varje skörderuta

delades in i tre klasser: 1. Betor med mycket svaga symptom, dvs. endast något skrovliga på ytan i övrigt av normal storlek; 2. Betor med svaga symptom, dvs. skrovliga och antydning till insnörning under betnacken; och 3. Betor med kraftiga symptom, dvs. mycket skrovliga, tydligt insnörda under betnacken och av reducerad storlek. Betorna i varje klass räknades och ett rotröteindex (RI) beräknades.

### Insamling av fältuppgifter från odlare

Uppgifter om respektive fälts odlingshistoria, odlingsteknik samt uppgifter om kalkning och gödsling samlades årligen in från odlarna via en enkät. Enkäten innehöll frågor om det aktuella fältets växtföljd de senaste 20 åren, användning av fånggröda, förfrukt, hantering av halm samt jordbearbetning före betorna. Även uppgifter om bevattning, betsort och sådatum efterfrågades. Samma uppgifter samlades in från odlarna i de olika nordiska länderna.

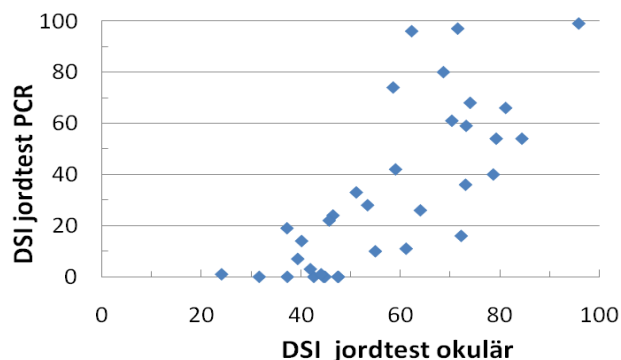
### Statistiska beräkningar

Pearson korrelationskoefficienter mellan jordartsp parametrar och växthusindex beräknades med hjälp av PROC CORR, SAS 9.1. Svaren angående odlingsteknik från enkäterna kodades i form av binära data (Ja = 1, Nej = 0), därefter kunde Kendalls korrelationskoefficienter för icke-parametriska data beräknas mellan odlingsteknik, antal år mellan betorna och förekomst av olika jordburna svampar och bladsvampar. Principal komponentanalys beräknades med PROC PRINCOMP i SAS. Data standardiserades först genom att från varje värde minska med medelvärdet och dividera med standardavvikelsen.

## Resultat

### PCR-teknik för analys av jordsmitta av *A. cochlioides*

Testerna av samma jord med molekylära markörer för *Aphanomyces cochlioides* och med traditionellt jordtest visar på relativt god samstämmighet (Fig.1). Vid DSI under 40 med det traditionella testet finns det enligt PCR-metodiken endast lite *Aphanomyces* (DSI = 0). Vid mycket hög jordsmitta när 75 % eller mer av alla plantor enligt PCR-testet är infekterade med *Aphanomyces* ger det traditionella testet mellan 60-100 i DSI. Enligt det traditionella jordtestet innehöll jordarna även andra patogener och skadegörare än *A. cochlioides* exv. olika arter av *Fusarium* och betcystnematoder.



Figur 1. Samband mellan två metoder för avläsning av angrepp av rotbrand i test i växthus av 35 jordar från Skåne: okulärt och PCR.

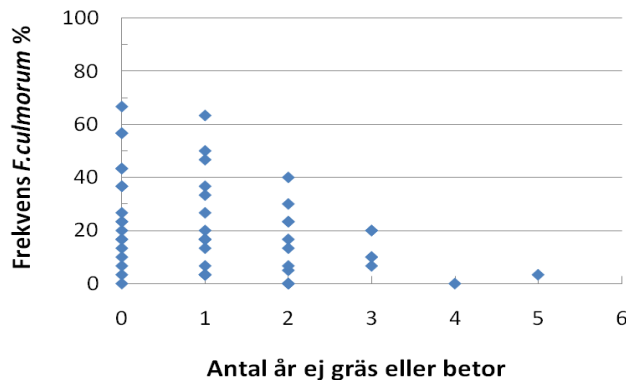
### Förändringen av rotbrandssmitta över fem eller sex år

Provtagning och test av jord för rotbrand före och efter odling av sockerbetor under tre år 2003, 2004 och 2007 visar tydligt hur jordsmittan ökar efter sockerbetsgrödan. Uppförökningen, ökning av DSI, var mellan 25 till 34 %. Den fortsatta provtagningen och test i växthus av jordar från 74 provtytor gav information om förändringen av jordsmittan, och förekomsten av patogena svampar åren efter sockerbetsgrödan. Via enkäter till odlarna samlades data på växtföljden in från de aktuella

provytorna i återtestet. Sockerbetor återkom i växtföljden i genomsnitt efter 4,5 år. Av de 57 odlare som lämnade in uppgifter på växtföljd förekom en period med treårig sockerbetsväxtföljd hos 20 stycken och var särskilt vanlig under perioden 1998-2003.

Generellt var det ingen stor förändring i någon riktning i genomsnittligt DSI över de provtagna jordarna åren efter sockerbetsgrödan (Tabell 2). För de jordar med en växtföljd på fyra år eller mer var den genomsnittliga minskningen efter fyra år 4,5 indexenheter och för jordar med en växtföljd på fem år eller mer var den genomsnittliga minskningen 5,1 indexenheter.

De vanligaste patogenerna som isolerades från betrötter i jordtest i växthus under åren 2006-2008 och i jordarna som återtestades var *A. cochlioides*, *F. culmorum*, *F. redolens* och *F. oxysporum*. Svampen *Rhizoctonia* var mindre vanlig. Provytor med en växtföljdshistoria av varierande grödor från olika familjer dvs. odling av ärt och oljeväxter tillsammans med spannmål, vall och sockerbetor hade en låg förekomst av *F. culmorum* (Figur 2). Intensiv odling av spannmål, vall och sockerbetor i korta växtföljder kunde ge hög förekomst av *F. culmorum* men inte alltid. Denna art gynnas av vall, spannmål och sockerbetor, men kan bekämpas med jordbearbetning. Även den genomsnittliga frekvensen av *A. cochlioides* var lägre i jordar med en växtföljd med få år med spannmål, vall och sockerbetor.



Figur 2. Frekvens (%) isoleringar av *F. culmorum* från betplantor i jordtest i ett genomsnitt över åren 2006-2008 plottat mot antal år de senaste tio åren utan odling av spannmål, vall eller sockerbetor.

Det fanns inga tydliga samband mellan förekomst av *A. cochlioides* och antal år med sockerbetor under perioden 1998-2007. Däremot var det så att jordar med högt ledningstal generellt hade en lägre förekomst av *A. cochlioides*.

### Läget i de nordiska länderna

Ägg och cystor av VBCN var vanlig i alla tre nordiska länder. I Sverige och Danmark fanns den i ungefär hälften av de provtagna fälten, medan den i Finland fanns i 73 % av de undersökta fälten (Tabell 1). Gul betcystnematod fanns i fem av de 90 svenska undersökta fälten och i tre av 15 finska fält men inte alls i de danska fälten.

Uppdelning av antalet ägg i klasser med stigande tätheter visar att fälten i Sverige och Danmark är jämnt fördelade över de olika klasserna upp till åtta ägg/g jord (Tabell 2). Medan i Finland så dominerar de infekterade fälten med tätheter från 2 till 16 ägg/ g jord.

Läget är liknande för rotbrandssvampen *Aphanomyces* med förekomst i knappt hälften av de undersökta fälten i Sverige och Danmark, men i 87 % av de finska fälten (Tabell 1). Förhållandet var det omvända för *F. culmorum* som var vanlig i Sverige och Danmark, 73 respektive 57 %, men mindre vanlig i Finland (27 %). *F. oxysporum* var mer vanlig i Finland och Danmark än i Sverige. Fördelningen av jordarna i grad av infektion visar att de flesta undersökta fälten i Danmark hade ett lågt sjukdomsindex, medan de svenska jordarna låg på en högre grad av infektion med 5 % med stor risk för rotbrand (sjukdomsindex = 80-100) (Tabell 3). Majoriteten av jordarna från Finland hade höga värden på sjukdomsindexet i testet.

Tabell 1. Andel infekterade fält med förekomst av vit betcystnematod och svamp

	Sverige % (90 fält)	Danmark % (15 fält)	Finland % (15 fält)
Ägg vit betcystnematod (Pi)	46	53	73
<i>Aphanomyces</i>	46	43	87
<i>F. culmorum</i>	73	57	27
<i>F. oxysporum</i>	8	50	47
<i>F. redolens</i>	60	50	40
<i>Rhizoctonia</i>	6	0	7

Tabell 2. Antal ägg av vit betcystnematod i provtytor i Sverige, Danmark och Finland 2006-2008

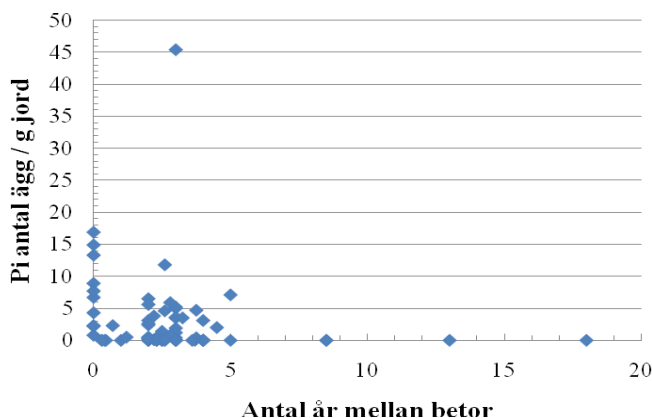
Pi ägg VBCN	Sverige (90 st)	Danmark (15 st)	Finland (15 st)
	% av provtytor		
0	54	47	27
0,1-0,49	11	7	0
0,5-0,9	5	20	7
1,0-1,9	6	7	0
2,0-3,9	11	7	20
4,0-7,9	9	12	20
8,0-15,9	2	0	20
16,0-32,0	1	0	6
>32,0	1	0	0

Tabell 3. Sjukdomsindex i jordtest

Sjukdomsindex	Sverige (90 st)	Danmark (15 st)	Finland (15 st)
	% av provtytor		
0-39	27	20	0
40-59	43	73	6
60-79	25	7	67
80-100	5	0	27

### Växtföljder i de nordiska länderna

Betodlingen i Finland bedrivs till en del med enbart sockerbeter i växtföljden. Några fält i undersökningen hade odlat sockerbeter varje år i 20 år och det var i dessa fält som de största mängderna nematoder påträffades.



Figur 3. Antal år mellan sockerbeter under en period av 20 år och Pi ägg/g jord av VBCN i svenska jordar 2006-2008.

De provtyper som har haft en växtföljd på fyra år eller längre har också lägst antal ägg (Figur 3). Smittan av *Aphanomyces* fanns fördelad i alla jordar. I Danmark var växtföljden i genomsnitt treårig med i huvudsak höstvetete som förfrukt och i Sverige var det ett genomsnitt på växtföljden på 4,6 år mellan sockerbetorna och också här i huvudsak höstvetete som förfrukt.

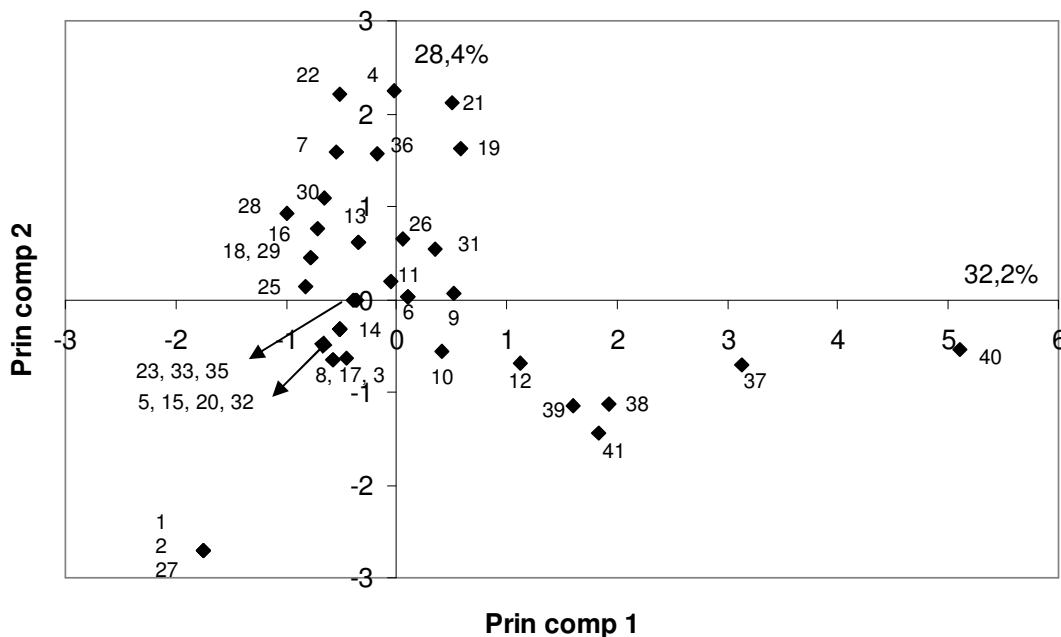
### Samband mellan VBCN och svamp

Analyserna gjordes på data från alla länder men även uppdelad på respektive land. Sjukdomsangreppen på rotsystemet (DSI) lästes av både på plantor från jordtest i växthus och på plantor från fält. Överensstämmelsen var god mellan DSI i jordtest och i fält ( $r = 0,35$ ;  $P < 0,0001$ ). Det fanns ett positivt samband mellan antalet cystor och ägg av VBCN och DSI i testet ( $r = 0,33$ ;  $P = 0,0003$ ). Men även frekvensen isolering av *A. cochlioides* i fält och i jordtest var positivt korrelerat till DSI i jordtestet ( $r = 0,43$ ;  $P < 0,0001$ ). Däremot fanns det inget samband mellan frekvens av *A. cochlioides* och cystor eller ägg av VBCN.

PCO-analysen på svenska jordar kunde med faktorerna ägg av VBCN, och frekvenser av olika svamparter totalt över åren 2006-2008 förklara 51 % av variationen. Ett enskilt år (2007) kunde så mycket som 61 % av variationen förklaras med dessa faktorer (Figur 4, Tabell 4). För de finska jordarna kunde hela 72 % förklaras av dessa faktorer sett över de tre åren.

När det gäller arter av *Fusarium* fanns det ett svagt negativt samband mellan frekvens av *F. culmorum* och förekomst av cystor ( $r = -0,24$ ;  $P = 0,009$ ). Enligt analysen med PCO var förekomsten av *F. culmorum* skild från förekomsten av betcystnematoden (Pi ägg) under åren 2006-2008 både i första och andra axeln. För *F. oxysporum* i jordtestet fanns det ett signifikant positivt samband till cystor ( $r = 0,28$ ;  $P = 0,0025$ ) och även i PCO-analysen finns *F. oxysporum* och betcystnematoden i samma jordar enligt första axeln. Enligt PCO-analysen finns *F. redolens* mer i jordar med färre nematoder. Det fanns ett svagt positivt samband mellan frekvensen *F. oxysporum* och DSI i jordtest och fält ( $r = 0,22$ ;  $P = 0,017$ ).

Enligt PCO-analyserna fanns *F. redolens* och *A. cochlioides* övervägande i samma jordar. När PCO-analysen gjordes på data från jordprov uppdelad på de olika länderna visade den att *A. cochlioides* och *F. redolens* fanns i samma jordar både i Sverige och Danmark och detsamma gällde *F. oxysporum* och Pi ägg.



Figur 4. Principal komponentanalys på provtyper i Sverige 2007. I analysen ingick Pi (ägg och larver/g jord samt frekvens av de tre olika svamparna på plantor insamlade i fält: *A. cochlioides*, *F. culmorum*, *F. oxysporum*, *F. redolens*).

Tabell 4. Eigenvectorer för PCO i Figur 4, Sverige 2007

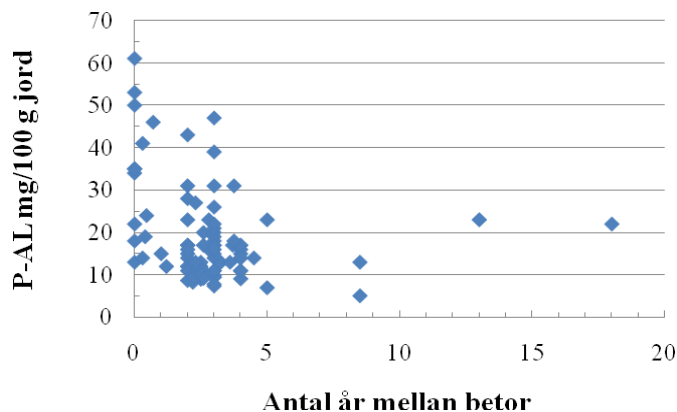
	Eigenvectors	
	Prin comp 1	Prin comp 2
Pi ägg, larver/g jord	0,662	0,054
<i>A. cochlioides</i>	-0,309	-0,544
<i>F. culmorum</i>	0,110	0,593
<i>F. oxysporum</i>	0,654	-0,279
<i>F. redolens</i>	-0,165	0,521

### Effekt på skörd

Korrelationer mellan förekommande svampar och antal nematoder och skördeparametrar visade signifikanta samband mellan DSI i jordtestet och alla skördeparametrar ( $r = -0,46$ ;  $P < 0,0001$ ) dvs ett högt DSI i ett jordprov sammanfaller med en låg renvikt- och sockerskörd vilket också gällde för DSI avläst i fält. Den viktigaste enskilda faktorn i detta material är förekomsten av VBCN och antal cystor och ägg. Den starkaste korrelationen i hela materialet finns mellan antal cystor och polsockerskörd ( $r = -0,56$ ;  $P < 0,0001$ ), men även andra samband som gäller nematoder och skörd är starka. Även frekvens av *F. oxysporum* är kopplad till en låg renvikt och polsockerskörd ( $r = -0,26$ ;  $P = 0,006$ ). Arten *F. culmorum* hade ingen koppling till skördeparametrarna och *F. redolens* var endast negativt kopplad till betornas renhet. Frekvens av rotbrandssvampen *A. cochlioides* i jordtestet var negativt kopplad till renvikt och polsockerskörd ( $r = -0,26$ ;  $P = 0,0063$ ).

### Jordparametrar och förekomst av svamp och nematoder

Korrelationsanalys visar signifikanta negativa samband mellan frekvensen *A. cochlioides* och parametrarna pH ( $r = -0,36$ ;  $P < 0,0001$ ), Ca-AL ( $r = -0,28$ ;  $P = 0,0019$ ) och ledningstal ( $r = -0,30$ ;  $P = 0,001$ ), men inte för några andra svampar. Det fanns ett starkt positivt samband mellan P-AL nivån i jorden och antal cystor ( $r = 0,64$ ;  $P < 0,0001$ ) och ägg (Pi). Men sambandet är tveksamt eftersom bland fälten med monokultur och mycket höga nematodnivåer finns några med mycket hög fosfornivå, vilket antagligen beror på hög tillförsel av gödsel (Fig. 5).



Figur 5. Växtföljd och fosfornivå i jorden

Jordanalyserna visar att sockerbetsodlingen förekommer på leriga jordar och lättleror i alla tre nordiska länder, men att det i Finland även odlas på mellan- och styva leror (Tabell 5). Förekomst av lermineralen smektit och vermikulit ger höga CEC i danska jordar, medan de höga lerhalterna i finska jordar ger höga CEC. Mängden organiskt kol och mullhalt är lägst i de danska jordarna medan de finska jordarna har överlag högt innehåll. pH är högst i Danmark med 60 % av provytorna med ett pH mellan 7,6-8,0. I Sverige har 24 % av jordarna ett pH på 6,5 eller lägre. När det gäller fosfor tillhör 100 % av de danska och finska jordarna klass IV eller klass V, medan i Sverige tillhör 20 % klass III eller lägre. För kalium är majoriteten av de danska och finska jordarna i klass III eller IV, medan de i Sverige tillhör klass II eller III. Innehållet av lättlösligt kalcium är

generellt sett högre i Danmark och Finland: 87 % är över 200 mg / 100 g jord, medan det i Sverige endast är 66 % som är över denna nivå.

Statistisk bearbetning av analysvärdena från jordarna över åren 2006-2008 indikerar att de är ganska lika varandra med några få undantag. De faktorer som har stort inflytande i analysen är CEC och lerhalt och organiskt material som påverkar detta värde.

Tabell 5. Analysvärden för provytor i Sverige, Danmark och Finland: lerhalt

Lerhalt %	Sverige (90st)	Danmark (15 st)	Finland (15 st)
	% av provytor		
<5 lerfria	2	0	0
5-14,9 leriga jordar	45	33	33
15,0-24,9 lättleror	45	67	20
25,0- 40,0 mellanleror	8	0	20
>40 Styva leror	0	0	27

## Diskussion

Angreppen av VBCN hade stor inverkan på skörden och var starkt korrelerad till denna ( $r = -0,56$ ;  $P < 0,0001$ ). I synnerhet i monokultur av betor blev det skördesänkningar vilket kunde ses när nematodmängden plottades mot antalet år mellan sockerbetor. Svamparten *F. oxysporum* var mer vanlig i nematodinfekterad jord. Detta kan bero på att angreppen av nematoder ger inkörspport för svampangreppet, men också på att svampen är parasitär på nematodcystorna vilket är känt från andra platser (Olatinwo *et al.*, 2006). Det är okänt om isolaten i detta område är patogena både på betor och cystor. Det är ovanligt med symptom av vissnesjuka på sockerbetor i Sverige vilket karakteriserar angreppen av kärllpatogenen *F. oxysporum* (Whitney och Duffus, 1986), men parasiteringen av cystor är en viktig mekanism för att minska populationen av VBCN över tiden (Olatinwo *et al.*, 2006).

Den enda kopplingen till någon jordartparameter för VBCN i hela materialet var högt innehåll av fosfor i jordar med mycket ägg och cystor av VBCN och till viss del även högt pH. Men dessa samband skulle även kunna bero på att man vid intensiv betodling, som ger uppförökning av VBCN, är mån om att tillföra mycket växtnäring och sockerbrukskalk vilket ger högt fosforinnehåll och högt pH.

Den upprepade provtagningen av jord från provytor som odlats med sockerbetor 2003, 2004, och 2007 visade att sjukdomsindexet ökade med mellan 25 till 34 % efter sockerbetsgrödan, men att jordsmittan sedan endast minskade marginellt efter fyra eller fem år utan sockerbetsgrödan. Detta motsvarar den vanliga växtföljden i Sverige och skulle innebära att jordsmittan ständigt ökar. Men detta gäller antagligen endast för jordar med stor smitta av *Aphanomyces*. Det är känt från närbesläktade arter exv. *A. euteiches*, att oosporer kan vara infektionsdugliga lång tid och att en jord med mycket hög smittonivå kan ge skördeförstör under många år efter senaste odlingen av värdväxt (Olofsson, 1967). Jordar med tillräckligt hög nivå av kalcium som har visat sig ge ett skydd mot uppförökning av rotbrandssmittan (Heyman *et al.*, 2007; Olsson och Persson, 200x), får inte motsvarande höjning av sporer och sjukdomsindex. Många av jordarna i återtestet hade odlats med sockerbetor i en treårig växtföljd under de år då lönsamheten var mycket god, men följderna av detta var att smittonivån av rotbrand och nematoder ökade. För dessa jordar är det viktigt nu att använda sorter toleranta mot *Aphanomyces* och se till att dräneringen är god och att tillföra kalcium.

I de svenska jordarna som återtestades under de tre åren kunde även andra patogener följas. Den vanligast förekommande var *F. culmorum* som förutom på sockerbetor även återfinns i spannmål i rötter, strå och stråbas (Bateman *et al.*, 2007). I sockerbetor kan den under torra förhållanden angripa betrotten och ge svart ruttnande vävnad i synnerhet i slutet av säsongen, vilket ger problem i sockerbruket (L. Persson, pers. medd.). Resultaten från frekvensen av isoleringar visade att den kunde vara mycket vanlig i jordar med växtföljder dominerade av sockerbetor, spannmål och vallfröodlingar. Lägst frekvens av denna patogen fanns i de jordar som hade långa växtföljder med



inslag av andra arter som oljeväxter och ärt. Den var inte så vanlig i de finska jordarna med monokultur av betor, vilket betyder att den behöver olika arter av gräs som främsta värdväxter. Det fanns inga negativa korrelationer mellan denna art och skörden i sockerbetorna, vilket betyder att sockerbetorna mest fungerar som en överlevnadsbrygga mellan spannmålsgrödorna. En annan frekvent art är *F. redolens* vilken är vanlig även i spenat i området men inte heller denna hade någon negativ koppling till skörden. (Larsson och Olofsson, 1994). Förekomsten följde, enligt PCO-analysen, till stor grad förekomsten av *Aphanomyces*. Den återfinns ibland i lagrade betor, men ger inte lika stora skador som *F. culmorum* (L. Persson, pers. medd.). Eftersom höstvetete är den dominerande förfrukten till sockerbetor är risken stor att få angrepp av *F. culmorum* som ger betor som är olämpliga för lagring. Ett alternativ vore att ha en förfrukt som inte är värdväxt för *F. culmorum* i lika hög grad och då kanske oljeväxter.

Jordsmittan av *Aphanomyces cochlioides* analyserades förutom i traditionellt jordtest även med utvecklad PCR-metodik (Hovi och Nihlgård, 2005). Även denna metod utgår från plantor som växer i den jord som ska analyseras, men mätningen görs efter två istället för fyra veckor. Identifieringen av patogenen görs med PCR istället för isolering och identifiering på agarmedia. Kvantifieringen görs utifrån antal plantor som ger ett positivt svar på PCR-analysen. Det var ett relativt gott samband mellan de båda metoderna och det visade sig att *Aphanomyces* fanns närvarande vid sjukdomsindex över 40 i det traditionella testet. Nackdelen med PCR-testet var att man inte fick analyser på närvaron av andra patogener och skadegörare. Slutsatsen är att systemet är bra att använda eftersom man inte behöver någon specialistkunskap om *Aphanomyces*, men att man enbart får reda på det man frågar efter, dvs svar om andra patogener uteblir.

Projektet utfördes med fem provtyper per år även i Danmark och Finland och gav intressanta resultat om växtföljder, närvaron av svamp och nematoder och om jordarnas egenskaper. Odlingen är intensivast och mest specialiserad i Finland med betor ibland varje år eller vartannat, i Danmark vart tredje och i Sverige mellan fyra och fem år. Detta visade sig också i att problemen med nematoder, som förefaller vara helt styrta av växtföljden utan större påverkan av jordfaktorer, är störst i de undersökta provtyperna från Finland och Danmark. Detta förhållande är annorlunda för *Aphanomyces* eftersom denna patogen påverkas av både växtföljd och mängden lättlösligt kalcium i marken (Olsson och Persson, 200x). Jordarna i Danmark är påverkade av kalkberggrunden, vilket är fallet även i Sverige, men här finns det även annan bergrund i betodlingsområdet som inte är kalkhaltig (Olsson och Persson, 2000). I Finland har man tillfört stora mängder sockerbrukskalk vilket har givit höga pH och kalciumtal, men eftersom värdväxten har förekommit i stort sett varje år under lång tid är jordsmittan av *Aphanomyces* mycket hög. I Sverige finns det områden med låga koncentrationer av kalcium, vilket betyder att jordsmittan av *Aphanomyces* här är högre än i Danmark trots att växtföljderna i genomsnitt är längre.

Generellt sett är de finska och danska betjordarna mycket näringsrika med högt innehåll av fosfor, kalium och kalcium, medan de svenska har något lägre koncentrationer av kalium vilket delvis styrs av en något lägre lerhalt i vissa områden. Mullhalten och mängden organiskt kol styrs av jordtextur, klimat och odlingsmetodiken. En intensiv odling och bortförsel av stora mängder organiskt material ger på sikt en sänkning av mullhalten (Eriksson, *et al.*, 2005). De finska jordarna förefaller ha sitt ursprung i organogena jordtyper till skillnad från jordarna på söderslätt i Skåne och på Lolland och Falster i Danmark. Katjonbyteskapaciteten bestäms av lerhalt, lermineralogi och mängd organiskt material (Eriksson, *et al.*, 2005). Därför kan man se att nivån på CEC är hög i Finland med jordar med hög lerhalt och högt innehåll av organiskt material, men även i Danmark som har hög andel smektitmineral i lerjordarna. Nivån på pH är högst i Danmark med majoriteten av jordarna med ett pH >7,6, vilket hänger samman delvis med kalkberggrunden men också med regelbunden tillförsel av kalk. Spridningen i pH för sockerbetsjordarna är störst i Sverige med 24 % med ett pH 6,5 eller lägre. Dessa jordar har ett behov av kalkning för att vara optimala för betodling.

## Slutsatser

- Förekomsten av vit betcystnematod (VBCN) har stor betydelse för skörden.
- Mängden VBCN var i första hand kopplad till växtföljd och fyra år eller längre gav lägst antal ägg. Någon tydlig koppling till specifik jordartsfaktor kunde inte urskiljas.
- Jordsmittan av *Aphanomyces* ökade med 25 % efter en sockerbetsgröda men minskade endast ca 5 % under en fyra- eller femårig växtföljd.
- Jordar med hög smittograd bibehåller nivån under lång tid framåt.
- *F. culmorum* är mycket vanlig i sockerbetar, men har inte någon påverkan på skörd under normala väderbetingelser. Risken ökar att få problem vid lagring under torra tillväxtbetingelser på hösten.
- Sockerbetor är en av många värdväxter för *F. culmorum* i en växtföljd med spannmål.
- Förekomsten av *F. oxysporum* var kopplad till VBCN.
- Förekomsten av *F. redolens* var kopplad till *Aphanomyces*.
- 61 % av variationen i skörd kunde förklaras av förekomsten av VBCN och jordburna svampar.

## Referenser

- Amman, L., Bergaya, F. & Lagaly, G. 2005: Determination of the cation exchange capacity of clays with copper complexes revisited. *Clay Minerals* 40, 441-453.
- Bateman, G. L.; Gutteridge, R. J.; Gherbawy, Y. 2007. Infection of stem bases and grains of winter wheat by *Fusarium culmorum* and *F. graminearum* and effects of tillage method and maize-stalk residues. *Plant Pathology* 4:604-615.
- Drever, S.I. 1973. The preparation of oriented clay mineral specimens for X-ray diffraction analysis by a filter-membrane peel technique. *American mineralogist* 58, 553-554.
- Eriksson, J., Nilsson, I. och Simonsson, M. 2005. Wiklanders marklära. Studentlitteratur, Lund.
- Heyman, F., Lindahl, B., Persson, L., Wikström, M., Stenlid, J. 2007. Calcium concentrations of soil affect suppressiveness against *Aphanomyces* root rot of pea. *Soil Biology & Biochemistry*, 39:2222-2229.
- Hovi, L. och Nihlgård, M. 2005. Detection and prediction of *Aphanomyces cochlioides* in field. 68<sup>th</sup> IIRB Congress, Maastricht, The Netherlands.
- Larsson, M. och Gerhardson, B. 1990. Isolates of *Phytophthora cryptogea* pathogenic to wheat and some other crop plants. *Journal of Phytopathology* 129:303-315.
- Larsson, M.; Olofsson, J. 1994. Prevalence and pathogenicity of spinach root pathogens of the genera *Aphanomyces*, *Phytophthora*, *Fusarium*, *Cylindrocarpon*, and *Rhizoctonia* in Sweden. *Plant Pathology* 2:251-260.
- Meier, L.P. & Kahr, G. 1999: Determination of the cation exchange capacity (CEC) of clay minerals using the complexes of copper(II) ion with triethylenetetramine and tetraethylenepentamine. *Clays and Clay Minerals* 47, 386-388.
- Olatinwo, R., Borneman, J. and Becker, O. J. 2006. Induction of beet-cyst nematode suppressiveness by the fungi *Dactylella oviparasitica* and *Fusarium oxysporum* in field microplots. *Phytopathology* 8:855-859.
- Olofsson, J. 1967. Root rot of canning and freezing peas in Sweden. *Acta Agriculturae Scandinavica* 17, 101-107.
- Olsson, Å och Persson, L. 200x. Physico-chemical characteristics of soils infested with *Aphanomyces cochlioides* – risk evaluation and disease control. Manuscript in prep.
- Persson, L. and Olsson, S. 2000. Abiotic characteristics of soils suppressive to *Aphanomyces* root rot. *Soil Biol. Biochem.*, 32; 1141-1150.
- Persson, L., Bødker, L., Larsson-Wikström, M., and Gerhardson, B. 1997. prevalence and pathogenicity of foot and root rot pathogensof pea in southern Scandinavia. *Plant Dis.* 81:171-174.
- Whitney, E. D. and J. E. Duffus, eds. 1986. Compendium of beet diseases and insects. APS, St Paul, MN.

## Publikationer och presentationer inom projektet

- Liisa Eronen, Olsson, Å och Persson, L. 2009. Nordiskt samarbete i nematod- och rotbrandsforskning. Betfältet.
- Persson, L. and Olsson, Å. 2008. *Fusarium* species in sugar beets and wheat in Swedish crop rotations. Presentation, Pest and disease meeting, IIRB, 10-12 September, Holeby, Denmark.
- Olsson, Å. and Persson, L. 2008. Physico-chemical characteristics of soils infested with *Aphanomyces cochlioides*-risk evaluation and disease control. Presentation, Pest and disease meeting, IIRB, 10-12 September, Holeby, Denmark.
- Presentationer årligen på SBU:s sommar och vintermöte för handel, rådgivare och försöksvärdar.

## Planerade publikationer

- Odlingssystemets inverkan på svamp- och nematodangrepp, del 1, 2, 3. *Betodlaren* 2010.
- Presentation och poster på IIRB sommarkongress Köpenhamn 2010.
- Vetenskaplig publicering, 1 artikel.