

Åtgärder mot förluster av svampangrepp i sockerbeter under odling och lagring

2003–2005

Slutrapport

SBU Sockernäringsens BetodlingsUtveckling AB är ett kunskapsföretag som bedriver försöks- och odlingsutveckling i sockerbeter för svensk sockernäring.

SBU ägs till lika delar av Danisco Sugar och Betodlarna.

Kontaktpersoner:

Lars Persson
brandsbergagard@brevet.nu
0733-588063

Åsa Olsson
asa.olsson@danisco.com
0709-537262

Borgeby Slottsväg 11, 237 91 Bjärred

Slutrapport för det SLF-finansierade projektet

”Åtgärder mot förluster av svampangrepp i sockerbetor under odling och lagring”

Lars Persson och Åsa Olsson, Sockernäringsens BetodlingsUtveckling

Sammanfattning

Jordburna patogener är ett allvarligt problem på sockerbetor i Sverige och framförallt är det *Aphanomyces cochlioides* som står för huvuddelen av angreppen. Under uppkomsten märks angreppen som betydande plantbortfall, men huvudroten kan också skadas så allvarligt att den blir kraftigt deformerad med minskad rot- och sockerskörd som följd. Det finns tydliga geografiska skillnader i hur angreppen uppträder i det svenska odlingsområdet. Det är framförallt nordvästra Skåne som är hårt drabbat medan sydvästra Skåne klarar sig undan allvarligare angrepp. De geografiska skillnaderna hänger samman med jordarnas geologiska ursprung. Ett av målen med detta projekt har varit att utveckla ett jordtestsystem som kan förvarna odlarna om hög risk för infektion. Vi har även arbetat med att ta fram en eller flera analyserbara faktorer som kan fungera som indikationer på om jorden är sjukdomshämmande eller känslig för uppförökning av svamp. Betodling på smittade jordar ger alltid en stor uppförökning och ofta skördeförluster. Dessutom har vi inventerat angreppen av bladsvampar i området och artsammansättningen. Slutligen har vi undersökt ett stort antal betstukor med avseende på förekomst av jordburna patogener och vad dessa kan betyda för lagringen av betorna.

Under tre år följde vi betor från sådd till upptagning i provrutor som var 400 m² stora i totalt 134 olika betfält. Jordprov togs från provrutorna i samband med sådd och testades i växthus för förekomst av patogena svampar. De analyserades för nematoder och en rad olika påverkbara kemiska egenskaper, bl a innehåll av näringsämnen som P, K, Ca och Mg (enligt AL-extraktion), och även mer opåverkbara egenskaper som kornstorleksfördelning, katjonutbyteskapacitet (CEC) och mineralogisk sammansättning. Andra mätningar var ledningstal, som är ett mått på jordens innehåll av salter, och innehåll av organiskt kol, som är ett mått på mullhalten.

Det utvecklade jordtestsystemet visade sig kunna förutsäga risken för rotbrandsangrepp i fält med stor säkerhet. Marksmittan av rotbrandspatogener får anses som stor i odlingsområdet, med ett årligt genomsnitt för provrutorna i sjukdomsindex i växthus på 48 och 57 för 2003 respektive 2004. Slutsatsen från tre års jordtester med olika årsmån och isoleringar av patogener i växthus och fält blir att testet är användbart i praktiska sammanhang och ger en prognos för smittoläget i jorden av *Aphanomyces*, *Pythium* men även andra patogener som *Rhizoctonia* och *Fusarium* spp.

Högt sjukdomsindex visade sig vara signifikant korrelerat med förekomst av *A. cochlioides*, *F. culmorum*, *F. oxysporum* och *F. equiseti*. Arter av *Fusarium* har tidigare inte betraktats som rotbrandspatogener på sockerbetor, men tycks ändå finnas i stor frekvens i betans rotmiljö och har en stor variation i artsammansättning från fält till fält, vilket till viss del verkar bero på växtföljd och odlingsteknik. De samlade resultaten angående *Fusarium*, tyder på att komplexet antagligen orsakar en icke helt obetydlig skördeförlust, kanske i kombination med andra skadegörare som nematoder.

När de olika jordparametrarna analyserades statistiskt så visade det sig att jordar med mycket marksmitta ofta hade låga värden för flera jordparametrar. Detta gällde Ca-AL, Mg-AL, K-AL och

ledningstal. När jordarna delades upp i grupper efter stigande sjukdomsindex i jordtestet, så innehöll den minst smittade gruppen i medeltal 430 mg Ca/100 g ts jord (Ca-AL), den mest smittade gruppen innehöll endast 188 mg Ca/100 g ts jord. En annan framträdande faktor var den elektriska ledningsförmågan, ledningstalet, som delvis är påverkad av kalciuminnehållet, men även av andra växtnäringsjoner i markvätskan. I den minst smittade gruppen var ledningstalet i medeltal 1,12, vilket var signifikant högre än i mer smittade grupper av jordar. Resultaten tyder på att målet bör vara ett Ca-AL-värde strax över 400 mg/100 g ts och ett ledningstal högre än 0,7 mS/cm. Nedre gränsvärde under vilka man inte bör ligga för viktiga näringsämne skulle kunna vara Ca-AL under 250, Mg-AL under 7,5 samt K-AL under 9 mg/100 g ts.

Kalciumjonen har visat sig ha en direkt bekämpande effekt på många jordburna svampar och sambanden mellan Ca-AL, och parametrarna CEC och lerhalt förklaras med att jordar med höga värden av dessa parametrar till stor del återfinns i områden med kalkberggrund; sydvästra delen av Skåne och till viss del även Kristianstad. Jordarna i sydvästra delen innehåller lermineralen smektit och vermikulit vilka ger ett högt CEC och en hög förmåga att binda Ca^{2+} i utbytbar form. Dessa jordar verkar vara naturligt sjukdomshämmande och rotbrand uppstår inte trots att betor odlas ofta i växtföljden och klimatet är gynnsamt för infektion. I områden som saknar detta naturliga skydd måste åtgärder vidtas för att hindra angrepp och möjliga åtgärder för att korrigera de markfaktorer som hänger samman med hög risk för rotbrandsangrepp kan vara tillförsel av kalcium i olika form. På jordar med höga Ca-AL värden är fyraåriga växtföljder uthålliga, men vid låga värden är längre växtföljder mer lämpliga.

Inventeringen av lagringsskadegörare visade att *Botrytis* och arter inom *Fusarium* var vanligast förekommande i betstukorna. Angreppen varierade över åren och *F. culmorum* var vanligast 2003 och då som betor med svarta nackar i östra delarna av odlingsområdet. Angreppen var kopplade till torkstressade betor och fanns mest i fält där blasten hade vissnat ner. *Botrytis* är den mest traditionella lagringssjukdomen, men förekom mest i samband med mekaniska skador. Lagringsförsök indikerade att låg temperatur i lagret och få mekaniska skador var viktigast för att minimera förlusterna.

I inventeringen av bladsvampar i området under de tre åren var angreppen av *Ramularia* vanligast, men även *Cercospora* förekom. Sambanden var goda mellan förekomst av *Ramularia* och en låg temperatur.

Bakgrund

Angrepp av jordburna patogener är ett allvarligt problem på sockerbetor i Sverige. Framförallt är det *Aphanomyces cochlioides* som står för huvuddelen av angreppen. Under uppkomsten märks angreppen som betydande plantbortfall och senare kan huvudroten skadas så allvarligt att den blir kraftigt deformerad med minskad rot- och sockerskörd som följd. Det finns tydliga geografiska skillnader i hur angreppen uppträder i det svenska odlingsområdet. Det är framförallt nordvästra Skåne som är hårt drabbat medan sydvästra Skåne klarar sig undan allvarligare angrepp (Olsson, 2002).

Projektet har varit indelat i fyra delprojekt. Syftet med det första delprojektet "Åtgärder mot jordburna svampsjukdomar i sockerbetor" var att utveckla ett jordtest som kan användas för att uppskatta mängden smitta av jordburna svampar i en jord samt vilka arter som förekommer. I det andra delprojektet arbetade vi med att kartlägga om det finns några samband mellan kemisk-fysikaliska markfaktorer och angrepp av jordburna svampar för att till slut kunna redovisa en eller flera analyserbara och påverkbara markfaktorer som tillsammans med anpassning av växtföljden kan användas för att minska svampangreppen i svensk betodling.

De tredje delprojektet har syftat till att undersöka samband mellan odlingsystem och förekomst av rotbrandssvampar i befintliga försöksrader: odlingsystemförsöken samt bördighets-

försöken från 1957. Det fjärde delprojektet avsåg att utvärdera data kring utbredning och angrepp av bladsvampar i odlingsområdet.

I. Åtgärder mot jordburna svampsjukdomar i sockerbetor.

1. Utveckla ett jordtestningssystem med fältrelevans som graderar förekomsten av *A. cochliformis*, och andra svampar i jordprover och som kan förvarna om hög risk för infektion.
2. Kartlägga betodlingsområdet vad avser sjukdomshämning i jordarna genom att ta fram samband mellan kemisk-fysikaliska markfaktorer och angreppsgrad.
3. Presentera en eller flera analyserbara markfaktorer som kan indikera hur en optimal frekvens betor i växtföljden ser ut på det specifika fältet.

II. Lagringssjukdomar i sockerbetor.

1. Kartlägga de allvarligaste lagringssjukdomarna i odlingsområdet.
2. Identifiera faktorer under odling och lagring som är av avgörande betydelse för att minimera angrepp vid lagring.
3. Urskilja en eller flera faktorer som kan fungera som beslutsunderlag för odlaren om lagring ska undvikas i det aktuella fallet.

III. Bördighets- och odlingssystemförsöken.

1. Samband mellan odlingssystem och förekomst av rotbrandssvampar.

IV. Utbredning och angrepp av bladsvampar.

Material och metoder

Försöksuppläggning

Årligen lades ca 45 provrutor ut på fält i de olika odlingsregionerna i Skåne under åren 2003-2005, totalt 134 stycken (tabell 4). Provrutorna lades på fält med olika grad av jordsmitta av rotbrand för att få så stor variation som möjligt och dessutom på olika jordtyper för att fånga variationen inom odlingsområdet. För att få en enhetlig jordtyp och så liten variation av rotbrandssmitta som möjligt inom varje ruta var varje ruta 20 x 20 meter. Innan sådd av betor i provrutorna i mars-april, togs ett samlingsjordprov inom rutan bestående av cirka 10 delprov i matjordsskiktet 0-20 cm. För åren 2003 och 2004 togs även ett jordprov på våren efter betodling för att mäta mängden marksmitta efter betgrödan.

Analys på jordprov

Jordproven analyserades för en rad olika biologiska och kemisk-fysikaliska parametrar. Antalet nematoder analyserades av Nematodlaboratoriet på Alnarp, Sveriges lantbruksuniversitet. Kornstorleksfördelning, pH, koncentration av näringsämnen K, P, Mg och Ca enligt extraktion med ammoniumlaktat (AL) samt ledningstal analyserades av AnalyCen, Kristianstad (Anläggningsanalys).

Organiskt kol, katjonutbyteskapacitet (CEC), samt analys av lermineralogin utfördes av Docent Siv Olsson, Geochimica. Organiskt och karbonatbundet kol bestämdes genom stegvis upphettning av torkade prov från 100 till 1000° C i syrgasatmosfär i en Lecougn (Carbon Analyzer RC-

412) och registrering av koldioxidavgång. Katjonutbyteskapaciteten (CEC) bestämdes på material < 2 mm genom utbyte med koppar(II)-trietylentetramin enligt Meier och Kahr (1999) och Amman et al (2005). Mineralogisk sammansättning bestämdes på lerfraktionen (< 0,002 mm) genom röntgendiffraktionsanalys (XRD) på orienterade s k Dreverpreparat (Drever 1973) med en Philips diffraktometer med automatisk spalt och CuK α -strålning. Mineralidentifieringen baserades på hur proven reagerade på 1) magnesiummättat prov torkat i luft vid rumstemperatur; 2) magnesiummättat prov behandlat med etylenglykol under 48 timmar vid 60° C, vilket är diagnostiskt för svällande lermineral (smektiter och vissa vermikuliter); och 3) upphettning till 550° C under 3 timmar, vilket är diagnostiskt för kaolinmineral. En semi-kvantitativ utvärdering av proportionerna av de olika lermineraltyperna gjordes genom att intensiteterna för reflexerna från smektit/vermikulit (14 Å), illit (10 Å) respektive kaolinmineral (7 Å) har beräknats och uttryckts i procent. Kvoten 14 Å/(10 Å+7 Å), nedan kallat smektit/vermikulitindex (SmV), uttrycker den proportionella variationen mellan dessa huvudgrupper av lermineral.

Analys av jordburna svampar i jordprov

Jordproven analyserades för jordburna svampar inom två veckor efter provtagning. Provet blandades väl och större stenar togs bort innan det fördelades på sex krukor. I varje kruka såddes tio obetade betfrön av sorten Envol (år 2003 och 2004) eller Sapporo (år 2005) och placerades i växthus. Temperaturen var 19°C på natten och 23°C på dagen med extra belysning 16 timmar/dag. Jordarna vattnades varje dag till fältkapacitet för att få optimala förhållanden för infektion. Krukorna inspekterades dagligen och alla 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 Gerhardson (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 sjukdomsindex (DSI) räknades fram enligt formeln:

$$DSI = (0 * n_0 + 10 * n_{10} + 25 * n_{25} + 50 * n_{50} + 75 * n_{75} + 100 * n_{100}) / n_{tot}$$

År 2003 graderades plantorna i jordtesten även med ett system som utgår från antalet plantor som är levande efter en vecka, två veckor, tre veckor och fyra veckor (Ewaldz, 1987). Rotbrandsfrekvensen (RBF) för varje tillfälle räknades ut enligt följande:

$$RBF = 100 \times (1 - \text{betor levande} / \text{betor totalt})$$

Ett totalindex för jorden räknades ut enligt följande:

$$RBF_{dag7} \times 3 + (RBF_{dag14} - RBF_{dag7}) \times 3 + (RBF_{dag21} - RBF_{dag14}) + (RBF_{dag28} - RBF_{dag21}) \times 0,5 / 3$$

Rotbitar från fyra till åtta av de mest angripna plantorna i jordtesten lades på agar i petriskålar (år 2004 och 2005). De media som användes var potatisdextrosagar (PDA), majsmjölsagar (CMA) och selektivt medium för *Pythium* (SMP) (Larsson, 1994) och *Phytophthora* (SMPH) (Larsson och Gerhardson, 1990). Mycel från enskilda kolonier isolerades till nya agarplattor av antingen PDA eller CMA beroende på släkte. Identifiering av isolaten gjordes med hjälp av mikroskop utifrån morfologiska särdrag hos mycel, sporer, tillväxthastighet och växtsätt. Isolat av *Fusarium* ympades

även till ett näringsfattigt medium (SNA) (Nirenberg, 1976) för identifiering via förekomst, storlek och form på mikro- och makrokonidier.

Angrepp av jordburna svampar i fält

Strax efter uppkomst märktes två skörderutor ut i varje parcell. Varje skörderuta bestod av två betrader som var 10 meter långa. Betraderna närmast intill skörderaderna betraktades som skyddsrad och inga plantor grävdes upp i dessa rader. När plantorna hade nått stadium 12, dvs första örtblads-paret fullt utvecklat, gjordes den första bedömningen av rotbrandsangrepp. I varje provruta grävdes 10 plantor upp på fem platser i rutan, totalt 50 plantor. Rötterna tvättades i vatten och rotbrandsangreppet bedömdes enligt samma skala som i jordtestet beskrivet ovan. Även angripande svampar isolerades och identifierades från fyra till åtta av de mest angripna plantorna på samma sätt som beskrivits ovan. Bedömningen av rotbrandsangreppet upprepades vid stadium 15 – 18, dvs vid ca fem till åtta örtblad.

Angrepp av bladsvampar

Provrutorna besöktes i mitten av augusti och i mitten av september för bedömning av angrepp av bladsvampar. I varje ruta bedömdes fyra plantor på fem ställen, totalt 20 plantor. Bedömning gjordes av bladfläckar (*Cercospora beticola* och *Ramularia beticola*), mjöldagg (*Erysiphe betae*) och rost (*Uromyces betae*) enligt tabeller 1-3. Blad med bladfläckar togs in till laboratoriet där de förekommande arterna identifierades i mikroskop utifrån form på konidier. Antalet bladfläckar eller angripen yta på bladen uppskattades med hjälp av bedömningsskalorna i tabell 1, 2 och 3. Ett bladsvampsindex (LDSI) räknades ut enligt formeln:

$$\text{LDSI} = (0 * n_0 + 10 * n_{10} + 20 * n_{20} + 30 * n_{30} + 40 * n_{40} + 50 * n_{50} + 60 * n_{60} + 70 * n_{70} + 80 * n_{80} + 90 * n_{90} + 100 * n_{100}) / n_{\text{tot}}$$

där n = antalet blad i varje klass. Detta bladsvampsindex korrelerades med klimatologiska data (temperatur och nederbörd) för uppkomstfasen, bladanläggnings- och tillväxtperioden. Då *Ramularia beticola* var den allvarligaste patogenen under försöksåren får indexet lämpligen tolkas utifrån angrepp av denna svamp i första hand.

Tabell 1. Bedömning av angrepp av bladfläckar (*Cercospora beticola* och *Ramularia beticola*)

Index	Symptom av bladfläckar
0	Inga angrepp
10	Upp till 20 fläckar per planta
20	Fler än 20 fläckar per planta
30	Begynnande sammanväxning av fläckar på äldre blad
40	Begynnande sammanväxning av fläckar på mellanblad
50	Enstaka äldre blad nedvissnade
60	Många äldre blad har vissnat bort
70	Vissna partier på mellanblad
80	Enstaka mellanblad vissnat bort
90	Alla äldre och flera mellanblad har vissnat bort
100	Alla äldre samt alla mellanblad har vissnat bort

Tabell 2. Bedömning av angrepp av mjöldagg (*Erysiphe betae*)

Index	Symptom av mjöldagg
0	Inga angrepp
25	1 - 25% av bladytan täckt av mjöldagg
50	26 – 50% av bladytan täckt av mjöldagg
75	51 – 75% av bladytan täckt av mjöldagg
100	76 – 100% av bladytan täckt av mjöldagg

Tabell 3. Bedömning av angrepp av rost (*Uromyces betae*)

Index	Symptom av rost
0	Inga angrepp
10	Ca 100 prickar
20	Begynnande tillväxt av rostsporer
30	Begynnande sammanväxning av gula fläckar omkring prickarna på de äldre bladen
40	Begynnande sammanväxning av gula fläckar på mellanbladen
50	Enstaka äldre blad vissnat bort p g a rost
60	Många äldre blad vissnat bort
70	Vissna partier på mellanbladen
80	Enstaka mellanblad har vissnat bort
90	Alla äldre och flera mellanblad har vissnat bort
100	Alla äldre samt alla mellanblad har vissnat bort

Skörd

Samtliga betor i skörderutorna handskördades under de två första veckorna i oktober varje år. Betorna blastades, räknades och lades i säckar som transporterades till Agri Provtvätt på Örtofta sockerbruk där skördeparametrar analyserades: nettovikt, bruttovikt, sockerhalt, blåtal samt kalium- och natriumhalt. Utifrån dessa värden beräknades skörden enligt gällande branschavtal 2003-2005: administrativ nettovikt (ton/ha), polsocker (%), utvinnbart socker (% och ton/ha), blåtal (mg/100 g beta) samt K+Na (mekv/100 g beta).

Bedömning av kronisk rotröta

I samband med att betorna tvättats rena 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.
3. Betor med kraftiga symptom, dvs mycket skrovliga, tydligt insnörda under betnacken och av reducerad storlek.

Antalet helt friska betor (n_0) kunde räknas fram genom totala antalet skördade betor minus antalet betor i klass 1, 2 och 3. Betorna i varje klass räknades och ett rotröteindex (RI) beräknades enligt formeln: $RI = (0 * n_0 + 1 * n_1 + 2 * n_2 + 3 * n_3) / n_{tot}$.

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 (tabell 5). 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.

Väderdata

Nederbörd och temperaturdata erhöles från SMHIs väderstationer. Data inhämtades från den närmast belägna väderstationen till varje provruta. Totalt användes nederbördsdata från 16 stationer och temperaturdata från sex stationer inom det aktuella odlingsområdet. Värdena samlades in som veckovisa genomsnitt (temperatur) eller ackumulerade värden (nederbörd) årligen under veckorna 11-46.

Förekomst av rotbrand i bördighetsförsök och odlingssystemförsök

De skånska bördighetsförsöken, som startades 1957, finns på fem platser och består av två växtföljder med sockerbetor vart fjärde år. De två växtföljderna består av en med och en utan kreatur där slättervall ersätter en oljeväxtgröda. Inom varje växtföljd finns det led med olika tillförsel av N, P eller K. I ledet A0 sker ingen tillförsel av N, P eller K, i ledet C2 ersätts bortförd P och K dubbelt per växtföljdsomlopp och till sockerbetor tillförs 140 kg N/ha och år. I samband med sådd av sockerbetor på våren 2004, togs jordprov i A0- och C2-leden i både kreatursväxtföljden och den kreaturlösa växtföljden på de fem försöksplatserna. Proven togs rutvis i de båda upprepningarna. Jordproven testades för rotbrand i jordtestet beskrivit ovan. De provtagna rutorna besöktes och plantor samlades sedan in i stadium 12-14, dvs vid två till fyra örtblad enligt samma metodik som för provrutorna. Patogener isolerades från rötterna enligt samma metodik. Analysvärden på pH, K-AL, P-AL, Ca-AL och ledningstal inhämtades från Institutionen för markvetenskap eller analyserades i efterhand på arkiverade jordprov.

Projektet "Försök med olika odlingsformer" startades 1987 och jämför två konventionella och tre ekologiska odlingssystem på tre platser i Skåne. Sockerbetor ingår i de sexåriga växtföljderna på en av platserna, nämligen Bollerup. Jordprov togs hösten 2003 i de rutor som hade varit odlade med betor under säsongen och i de rutor som skulle odlas med betor under 2004. Jordproven testades för rotbrand enligt ovan beskrivna metodik. Rutor med betor besöktes under våren 2004 vid stadium 12-14, dvs vid två till fyra örtblad, och plantor samlades in för bedömning av rotbrand och isolering av förekommande patogener på rötterna enligt ovan beskriven metodik.

Inventering av lagringspatogener

Från lagringsperiodens början i mitten av november till kampanjens slut i senare delen av december inventerades förekomsten av lagringssjukdomar i betstukorna. De betstukor som inventerades var i första hand de som fanns hos odlare med provrutor, och i andra hand betstukor hos slumpvis utvalda odlare. Vid besöket gjordes noteringar om betstukans uppbyggnad och betor med symptom av lagringsskador togs med till labbet. Betorna lagrades i plastpåsar i kyl (5°C) tills isoleringar av patogener gjordes. Betvävnad med symptom skars ren från jord och bitar från zoner med både frisk och infekterad vävnad skars ut med steril kniv. Bitarna lades på PDA med tillsats av streptomycinsulfat för att undvika bakterietillväxt. Efterhand renodlades de förekommande svamparna på PDA och SNA och identifierades i mikroskop. Förutom fältbesök gjordes även insamling av infekterad

vävnad från betor av personal vid Agri Provtvätt i Örtofta. Mindre bitar skars ut från prov med hög grad av anmärkning och patogener isolerades på samma sätt som ovan.

Lagringsförsök med sockerbetor

I månadsskiftet oktober-november 2005 samlades betprov in från nio olika platser i Skåne. Från varje plats och betstuka samlades normala betor in i 15 säckar med ca 20 kg i varje säck. Fem säckar per plats analyserades vid starten och resterande säckar vägdes, stoppades ner i säckar av plast och lagrades in med fem säckar per plats och temperatur. Plastsäckarna var ej helt förslutna. Lagring skedde vid dels 25°C i 25 dygn och dels 5°C i 33 dygn. Angrepp graderades på 10 betor per säck och som andel angripen yta enligt en sexgradig skala: 0, 10, 25, 50, 75 och 100 %. Mekanisk skada på mantelytan graderades i fyra klasser: 0 = inga eller endast få skador; 1 = < 25 % av mantelytan skadad; 2 = 25-50 % av mantelytan är skadad; 3 = > 50 % av mantelytan är skadad, vilket även inkluderade rotspetsbrott. Proverna analyserades sedan på samma sätt som odlarprov. Genomsnitt för sockerhalt och renhet i analyserade prov i försökets början användes som ingångsvärde i uträkningar för förluster av polsocker.

Patogenitetstest av isolerade patogener

Isolat av de olika patogenarterna samlades in under de tre åren och ett urval av dessa patogenitetstestades under det sista året. Isolaten kom från plantor i jordtesten, från fält eller från inventeringen av lagringssjukdomar. Av *F. culmorum* testades 14 isolat varav fyra kom från ax eller bas på höstvetete och av *F. graminearum* kom alla fem från axfusarios i höstvetete. I övrigt testades tre isolat av *F. avenaceum*, fyra isolat av *F. redolens*, fem isolat av *F. oxysporum*, fyra isolat av *Rhizoctonia solani* med okänd anastomosisgrupp. I övrigt testades även tre isolat av *A. cochlidioides* och fem isolat av oosporbildande *Pythium* spp. Fullt utvuxna isolat, en månad gamla, på agarmedia mixades i sterilt vatten i 20 sekunder. Det mixade isolatet hölldes i en plastpåse med två liter jord/torv (blandning 1:1), skakades i plastpåse och hölldes upp i fyra krukor med en volym av 0,5 liter per kruka. I kontrolleret tillsattes mixade plattor av oinockulerad CM- och PD-agar. Sedan såddes tio obetade betfrön av sorten Sapporo i vardera krukorna och krukorna placerades i växthus med klimat enligt den ovan beskrivna metodiken för jordtest. Krukorna vattnades och efter fyra veckor togs plantorna upp, rotsystemet sköljdes av i vatten och sjukdomsangreppet lästes av.

Statistiska beräkningar

Pearson korrelationskoefficienter mellan jordartsp parametrar och sjukdomsindex från jordtest i växthus beräknades med hjälp av PROC CORR, SAS 9.1. Pearson product-moment correlation mäter både styrka och riktning på korrelation mellan två normalfördelade variabler. En korrelationskoefficient på 1 antyder att det kan finnas ett positivt linjärt samband mellan de två variablerna, -1 anger att sambandet kan vara negativt.

Svaren angående odlingsteknik från enkäterna kodades i form av binära data (Ja = 1, Nej = 0). Antal år mellan betorna delades in i fem olika grupper: mycket kort växtföljd (2 år mellan betorna), kort växtföljd (3 år), medellång växtföljd (4 – 5 år), lång växtföljd (6 – 7) och mycket lång växtföljd (> 7 år mellan betorna). Även antalet år mellan betorna 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.

Väderdata sammanställdes periodvis för uppkomstfasen, bladanläggningsperioden fram till midsommar (slutet av juni) samt tillväxtperioden under juli och fram till slutet av augusti. Den totala nederbörden, medeltemperatur samt max- och mintemperatur beräknades för respektive

period. Pearson korrelationskoefficienter beräknades mellan dessa väderdata under uppkomsten och fältindex. Pearson korrelationskoefficienter beräknades även mellan väderdata under uppkomst, bladanläggning, tillväxt och kronisk rotröta samt angrepp av bladsvampar i augusti och september.

Samtliga gårdar delades in i fyra grupper efter sjukdomsindex från jordtest i växthus: DSIvxh = 0 – 39 (grupp 1), 40 – 59 (grupp 2), 60 – 79 (grupp 3) samt över 80 (grupp 4). Skillnader mellan grupper med avseende på jordartsparametrar undersöktes med hjälp av kanonisk variansanalys (CVA, PROC CANDISC, SAS 9.1). Metoden innebär att linjära kombinationer av de ursprungliga variablerna ($X_1, X_2 \dots X_p$) s k diskriminantfunktioner ($Z = a_{11}X_1 + a_{12}X_2 + \dots + a_{1p}X_p$) beräknas. Grupperna anses väl separerade om medelvärdena ändras betydligt mellan grupperna medan medelvärdena inom varje grupp är relativt konstant (Manly 1994). Konstanterna a väljs utifrån en variansanalys där värdet på F maximeras dvs variationen mellan grupper ska vara så stor som möjligt i förhållande till variationen inom grupper.

Kanonisk variansanalys beräknades även för jordparametrarna med Ca-AL och SmV som gruppvariabler.

Skillnader med avseende på jordartsparametrarna mellan grupperna i CVA undersöktes med hjälp av variansanalys (PROC GLM, SAS 9.1). Parvisa jämförelser gjordes med hjälp av Tukey – Kramers metod som tar hänsyn till att jämförelser görs mellan obalanserade grupper samt kontrollerar det maximala experimentella felet för både komplett eller delvis nollhypotes dvs en del medelvärde är lika medan några skiljer sig åt (Hassmén och Koivula 1996).

Tabell 4. Värden för analyserade jordparametrar i de 134 provrutorna 2003-2005

Plats	Region ¹	CEC ² cmol _c /kg	Org C ³ %	pH	Ler %	CaAL ⁴ mg/100 g ts	SmV ⁵	DSIvxh ⁶	
2003									
1	301	NV	2,1	1,71	6,1	5	82	-	85
2	302	NV	1,4	1,74	5,9	3	110	0,5	80
3	303	NV	4,9	2,31	7,9	18	330	1,1	41
4	304	NV	5,6	1,9	7,3	18	360	1,6	36
5	305	NV	3,2	1,67	6,6	9	200	0,7	48
6	306	NV	1,3	1,06	5,9	5	85	-	88
7	307	NV	7,0	2,15	7,0	25	320	2,2	67
8	308	NV	3,4	2,81	7,3	15	280	1,2	72
9	309	NV	2,6	1,53	7,2	10	210	1,3	54
10	310	NV	4,6	1,99	7,7	11	470	0,7	52
11	311	NV	2,7	1,49	6,9	12	180	0,6	43
12	312	NV	2,6	1,29	6,4	9	110	-	48
13	313	L	6,5	2,85	7,6	17	450	4,2	37
14	314	L	5,0	1,61	7,3	13	240	3,2	60
15	315	L	7,2	1,63	8,1	18	350	2,8	58
16	316	L	5,6	1,45	7,9	14	350	3,3	32
17	317	C	2,9	1,52	6,3	13	140	2,0	77
18	318	C	3,2	2,03	5,8	7	140	-	61
19	319	C	1,2	1,57	6,2	7	95	-	29
20	320	L	4,9	1,21	7,5	12	270	2,1	57
21	321	L	6,0	1,23	6,3	19	260	2,2	69
22	322	L	2,2	1,46	6,6	9	260	-	32
23	323	L	9,0	1,48	7,8	20	670	4,9	34
24	324	L	6,5	1,31	7,1	21	340	5,0	23
25	325	L	8,2	1,8	7,9	22	470	3,6	23
26	326	SS	1,8	1,19	6,0	12	120	0,9	21
27	327	SS	6,6	0,99	8,1	20	2000	2,5	39
28	328	SS	5,1	1,18	7,1	15	210	2,5	76
29	329	SS	6,1	1,52	7,6	16	300	3,4	23
30	330	SS	5,2	1,31	6,2	27	250	1,3	40
31	331	Ö	3,4	1,56	6,4	13	190	1,6	35
32	332	Ö	2,6	1,52	6,9	13	230	0,9	35
33	333	Ö	4,7	1,72	6,9	14	210	1,8	58
34	334	Ö	4,5	1,42	6,3	13	200	3,0	46
35	335	Ö	3,8	1,87	6,0	15	210	1,1	46
36	336	Ö	2,6	1,47	6,7	8	150	-	55
37	337	Ö	0,6	1,67	7,5	8	180	-	41
38	338	Ö	3,3	3,48	6,3	10	260	-	48
39	339	K	2,5	1,62	6,9	8	160	1,2	40
40	340	K	2,7	3,44	6,9	4	170	-	22
41	341	K	1,3	1,77	6,4	7	170	1,6	33
42	342	K	5,6	1,29	7,7	20	280	0,8	43
43	343	K	6,5	2,59	6,4	19	310	5,5	56
44	344	K	3,4	3,38	6,5	5	240	-	28

Plats	Region	CEC cmol _c /kg	Org C %	pH	Ler %	CaAL mg/100 g ts	SmV	DSIvxh	
2004									
1	401	NV	1,9	1,34	6,0	11	120	-	65
2	402	NV	5,7	1,77	6,9	26	260	-	51
3	403	NV	2,1	2,37	7,1	13	200	-	63
4	404	NV	6,7	1,79	6,9	18	310	-	68
5	405	NV	5,0	2,05	6,5	17	210	1,7	86
6	406	NV	3,6	2,1	6,6	13	170	-	64
7	407	NV	3,8	1,47	6,8	14	140	-	53
8	408	L	5,4	1,67	7,4	13	380	-	48
9	409	L	6,8	1,92	7,8	21	560	-	40
10	410	L	5,3	2,18	6,7	20	300	-	79
11	412	L	5,1	1,7	6,3	16	200	-	74
12	413	L	4,5	2,17	6,7	20	320	3,7	52
13	414	L	7,9	1,65	7,6	25	580	3,3	43
14	415	L	5,4	1,28	6,1	15	160	2,6	86
15	416	L	3,2	2,25	6,7	17	210	-	44
16	417	C	2,8	1,67	6,4	11	130	-	79
17	418	C	1,9	1,68	6,1	9	99	-	63
18	419	L	4,2	1,11	7,2	11	190	3,5	70
19	420	L	6,9	2,05	7,3	24	430	4,3	58
20	421	L	7,6	1,48	6,5	25	360	3,6	64
21	422	L	7,1	1,25	5,7	20	240	-	31
22	423	L	6,5	1,92	6,6	21	310	-	49
23	424	L	7,8	1,5	7,0	22	350	5,2	73
24	425	SS	4,9	1,6	7,7	15	310	-	40
25	426	SS	4,5	1,08	7,1	13	180	-	47
26	427	SS	6,4	1,34	7,4	16	230	4,2	50
27	428	SS	5,1	2,03	7,3	12	360	-	38
28	429	SS	3,4	1,25	6,2	11	140	1,3	56
29	430	SS	7,2	1,13	6,9	19	240	-	47
30	431	SS	6,0	1,22	7,5	18	330	2,1	83
31	432	Ö	5,1	1,48	7,9	19	450	-	33
32	433	Ö	5,7	1,21	7,0	16	230	-	72
33	434	Ö	5,0	1,3	6,0	16	120	-	67
34	435	Ö	3,5	1,57	6,6	15	180	1,3	58
35	436	Ö	3,3	1,79	6,4	14	160	-	49
36	437	Ö	4,9	2,18	6,5	20	190	0,6	33
37	438	K	1,4	1,48	6,9	8	130	-	49
38	439	K	1,6	1,56	5,6	7	58	-	69
39	440	K	1,3	1,73	6,4	9	110	-	45
40	441	K	0,5	1,36	6,9	5	130	-	76
41	442	K	1,9	1,24	5,7	9	96	-	57
42	443	K	1,5	1,81	6,9	7	170	-	28
43	444	K	3,7	1,58	6,7	15	160	1,4	88
44	445	NV	4,5	1,95	5,9	14	110	-	20

Plats	Region	CEC cmol _c /kg	Org C %	pH	Ler %	CaAL mg/100 g ts	SmV	DSIvxh	
2005									
1	501	NV	3,1	2,94	6,9	17	200	-	67
2	502	NV	2,9	2,5	6,9	16	190	-	67
3	503	NV	6,5	1,52	7,1	24	200	-	73
4	504	NV	5,5	2,05	7,5	26	300	1,6	60
5	505	NV	2,2	1,55	6,4	14	130	-	66
6	506	NV	5,8	1,84	7,2	18	260	-	82
7	507	NV	5,4	4,18	6,3	21	210	-	61
8	508	NV	5,6	1,54	7,8	19	270	-	65
9	509	NV	4,2	3,18	7,4	16	330	-	41
10	510	NV	3,3	1,84	7,1	14	150	-	51
11	511	L	7,4	1,50	6,8	19	230	-	86
12	512	L	3,3	2,03	7,2	17	160	-	75
13	513	L	5,0	1,62	7,0	20	210	-	28
14	514	L	5,9	1,28	6,9	20	210	-	80
15	515	L	6,8	1,35	7,3	21	230	-	55
16	516	L	7,8	2,02	7,1	25	320	-	49
17	517	L	4,5	2,37	6,7	26	210	-	26
18	518	L	6,9	1,77	6,4	25	250	-	46
19	519	L	8,2	2,04	7,4	27	320	-	79
20	520	C	3,8	1,57	6,3	13	130	-	69
21	521	NV	6,1	1,83	6,8	19	250	3,6	78
22	522	L	7,1	3,15	7,6	22	490	-	50
23	523	L	3,1	1,49	6,5	13	170	-	55
24	524	L	4,2	1,08	7,1	14	170	1,2	51
25	525	L	5,4	1,81	7,3	18	360	2,2	50
26	526	L	4,5	1,14	7,2	12	210	2,3	26
27	527	L	9,7	1,62	8,1	24	480	-	33
28	528	L	9,2	1,57	7,5	26	390	-	36
29	529	SS	5,9	1,81	7,0	20	270	2,5	41
30	530	SS	8,7	1,58	7,2	21	340	-	41
31	531	K	10,6	2,25	8,2	28	820	2,1	40
32	532	SS	6,4	1,59	6,9	20	270	3,0	38
33	533	SS	7,1	1,33	8,0	18	300	2,9	54
34	534	SS	4,7	1,27	6,9	14	170	-	65
35	535	SS	6,0	1,44	6,8	17	230	-	54
36	536	Ö	6,7	1,23	6,5	22	180	-	34
37	537	Ö	3,7	1,54	6,6	15	170	-	34
38	538	Ö	2,7	1,55	6,7	15	310	0,4	56
39	539	Ö	9,1	2,10	8,1	26	1700	3,9	37
40	540	Ö	4,7	2,22	7,1	19	250	-	43
41	541	K	2,7	1,12	6,7	7	110	-	55
42	542	K	4,4	1,95	7,8	9	2000	-	27
43	543	K	2,4	1,44	6,1	4	90	-	61
44	544	K	2,9	2,37	6,5	17	230	0,8	81
45	545	K	7,5	1,51	6,7	20	270	1,9	56

¹. NV = nordvästra Skåne; L = Landskrona-Lund; C = centrala Skåne; SS = Söderslätt; Ö = Österlen; K = Kristianstad

². Katjonutbyteskapacitet

³. Organiskt kol

⁴. innehåll av kalcium enligt extraktion med ammoniumlaktat

⁵. Smektit-vermikulitindex

⁶. Sjukdomsindex i jordtest

Tabell 5. Frågeformulär för insamling av fältuppgifter från odlare 2003-2005.

Vilka år har det odlats betor de senaste 20 åren? Ange också vilka grödor som odlats mellan betgrödorna.

Har det förekommit oljeväxter i växtföljden de senaste 10 åren? Ja/Nej Om ja, ange vilka år

Har det förekommit havre i växtföljden de senaste 10 åren? Ja/Nej Om ja, ange vilka år

Har det odlats spenat eller rödbetor på fältet de senaste 20 åren? Ja/Nej Om ja, ange vilka år

Fanns det fånggröda år 200x? ja/nej -Om ja, vilken eller vilka arter ingick i fånggrödan?

Hur behandlades halmen från förfrukten år 200x? 1. Fördes bort, 2. Hackades, 3. Övrigt

Jordbearbetning före sådd av sockerbetor 200x? 1. Höstplöjning, 2. Vårplöjning, 3. Plöjningsfritt

Stubbearbetning före plöjning? ja/nej

Återpackning efter plöjning? 1. Tiltpackare på plog, 2. Vältning eller motsvarande, 3. Packning i samband med djupmyllning av mineralgödsel, 4. Ingen, 5. Övrig

Kalkades fältet hösten, vintern eller våren före sådd av sockerbetor? ja/nej Om ja, ange: produkt

1. Släckt kalk, 2. Sockerbrukskalk, 3. Kalkstensmjöl, 4. Krossad kalksten, 5. Annat

Giva färdig produkt ton/ha, omräknat CaO (Beräknas av SBU)

Ange tidpunkt för spridning (månad)

Nedbrukningssätt 1. Plöjning, 2. Harvning, 3. Annat

Handelsgödsel? Ange den eller de produkter samt produktgiva du har använt i betodlingen i år:

Spridningsteknik 1. radmyllning i samband med sådd, 2. djupmyllning (med Rapid eller Concord), 3. spridning och nedharvning före sådd, 4. övrigt

Används naturgödsel?

Har naturgödsel använts regelbundet på det aktuella fältet de senaste 10 åren? ja/nej

Har naturgödsel använts inför betgrödan 2005? ja/nej Om ja, ange: djurslag, form (fast, flyt, klet, djupströ), giva.

Om analys finns, ange innehåll av: -totalkväve, ammoniumkväve, fosfor.

Ange tidpunkt för spridning (månad och dag).

Nedbrukningssätt: 1. Plöjning, Harvning, 3. Annat.

Bevattnas fältet? ja/nej

Betsort 200x?

Sådatum 200x?

Radavstånd?

Ogräsförekomst? Många växter kan vara värdväxter för rotbrandssvampar och medverka till att uppförökning sker i jorden och en stor förekomst av något ogräs även år då betor inte odlas kan göra att rotbrandssmittan bibehålls i marken. Om Du upplever att det är ett högt ogrässtryck på det aktuella fältet och att det finns ogräs kvar av dessa arter genom hela vegetationsperioden, ange vilka ogräs det gäller.

Hur många ogräs återstår efter avslutad ogräsbekämpning i sockerbetorna i år? Uppskatta på ett ungefär hur många det finns/m².

Ogräsbekämpning? Ange dosen för den eller de produkter du har använt vid varje bekämpningstillfälle i betodlingen i år.

Sjukdomar? Har det i betfältet tidigare år förekommit kraftiga angrepp av: nematoder, rhizomania, rotbrand, mjöldagg, Ramularia, Rost.

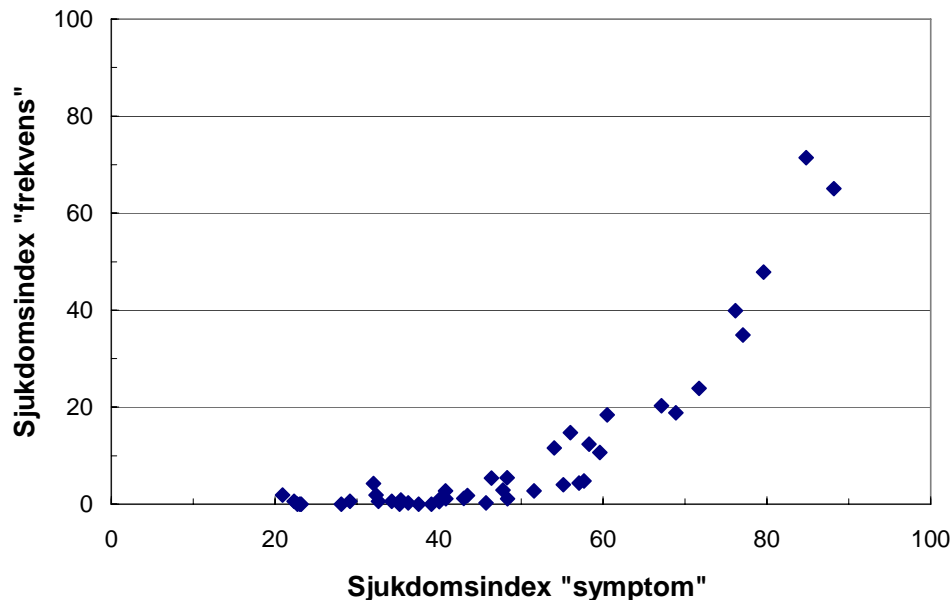
Resultat

I. 1.a. Jordtest för jordburna svampsjukdomar

Jordtestet för bestämning av jordarnas sjukdomsindex och därmed infektionsrisk visade att det fanns mycket smitta av rotbrand i ett flertal jordar varje år. Korrelationen mellan angrepp mätt i jordtesten i växthus (DSI_vxh) och angrepp i fält (DSI_fält) blev starkast år 2003 ($r = 0,64$; $P < 0,0001$), medan korrelationen blev svagare år 2004 ($r = 0,35$; $P = 0,023$). Korrelationen över alla åren, 2003-2005 ($r = 0,37$; $P < 0,0001$) var av samma storleksordning som för år 2004. Skillnaderna mellan åren kan förklaras med att 2003 hade en nederbördsrik vår gynnsam för rotbrand, medan 2004 och 2005 var nederbördsfattigare.

År 2003 avlästes jordtesten på de 45 provrutorna av enligt två metoder, dels enligt andel av rot och hypokotyl med symptom (Larsson och Gerhardson, 1990), och dels enligt frekvensen planter som levde efter olika tidsperioder efter sådd (Ewaldz, 1987). Sambanden mellan de två metoderna är stark, men "frekvens"-metoden ger inget utslag förrän "symptom"-metoden har fått ett index på runt 50 (totalt angrepp på roten) (figur 1). Eftersom "symptom"-metoden även gick att använda i fält, vilket underlättar jämförelser med angrepp i tester i växthus beslöts att använda denna metod under projekttiden. Metodernas starka samband i grafisk form möjliggör dock en översättning mellan metoderna.

Provrutorna provtogs även åren efter betodling för att följa utvecklingen av jordsmittan efter en betgröda (tabell 6). Det visade sig att genomsnittet i DSI_vxh ökade med 23% respektive 26% efter betor på provrutorna år 2003 och 2004. Provrutorna med betor år 2003 provtogs även två år efter betodling, men medeltalet var i stort sett samma som året innan.



Figur 1. Samband mellan två metoder (frekvens- och symptommetoden) för avläsning av rotbrand i jordtest i växthus, utförd på provrutor 2003.

Tabell 6. Sjukdomsindex i jordtest (DSI_{vxh}) i medeltal över årens omgångar av provrutor före respektive efter betodling

Betodlingsår	medel DSI _{vxh}		
	våren 2003	våren 2004	våren 2005
2003	48 ^a	59 ^b	58 ^b
2004	-	57 ^a	72 ^b
2005	-	-	54 ^a

^a DSI_{vxh} före betodling

^b DSI_{vxh} efter betodling

I. 1. b. Förekommande rotpatogener på sockerbetor i jordtest och fält

Förekommande svamparter isolerades både från plantor i jordtesten samt från plantor insamlade i fält. De vanligast förekommande arterna i varje provruta kunde därmed bestämmas. Sett över samtliga 134 provrutor var arter som *F. culmorum*, *F. redolens* och *A. cochlioides* de vanligast förekommande patogenerna i både jordtest och i fält (tabell 7).

Arter inom *Pythium* varierade något över åren och var inte så vanlig i fält 2005 som 2003 och 2004. Isolaten från fält år 2003 artbestämdes och det visade sig då att av 19 isolat var endast två st *P. ultimum* vilken är homothallisk och oosporbildande. Vidare bestämdes fyra isolat till *P. sylvaticum* som är heterothallisk och av dessa var två ”hanisolat” och två ”honisolat”. År 2004 isolerades *Pythium* i 21 fält och sju av dessa var oosporbildande. År 2005 isolerades *Pythium* i fyra av fälten och alla isolat var oosporbildande, men isolaten artbestämdes inte. Någon art ur släktet *Phytophthora* isolerades inte från någon plats under de tre åren.

Rhizoctonia hittades i ett mindre antal fält i ungefär samma omfattning varje år. *Phoma betae* hittades endast i fält år 2003.

Ett flertal arter av *Fusarium* kunde isoleras från rötter och hypokotyl. Förutom de redan nämnda *F. culmorum*, *F. redolens* var även *F. oxysporum* vanlig. Mindre vanliga arter var *F. avenaceum*, *F. equiseti* och *F. graminearum*.

Tabell 7. Isolerade arter av jordburna sjukdomar i jordtest i växthus och i fält 2003-2005 (% av provrutor)

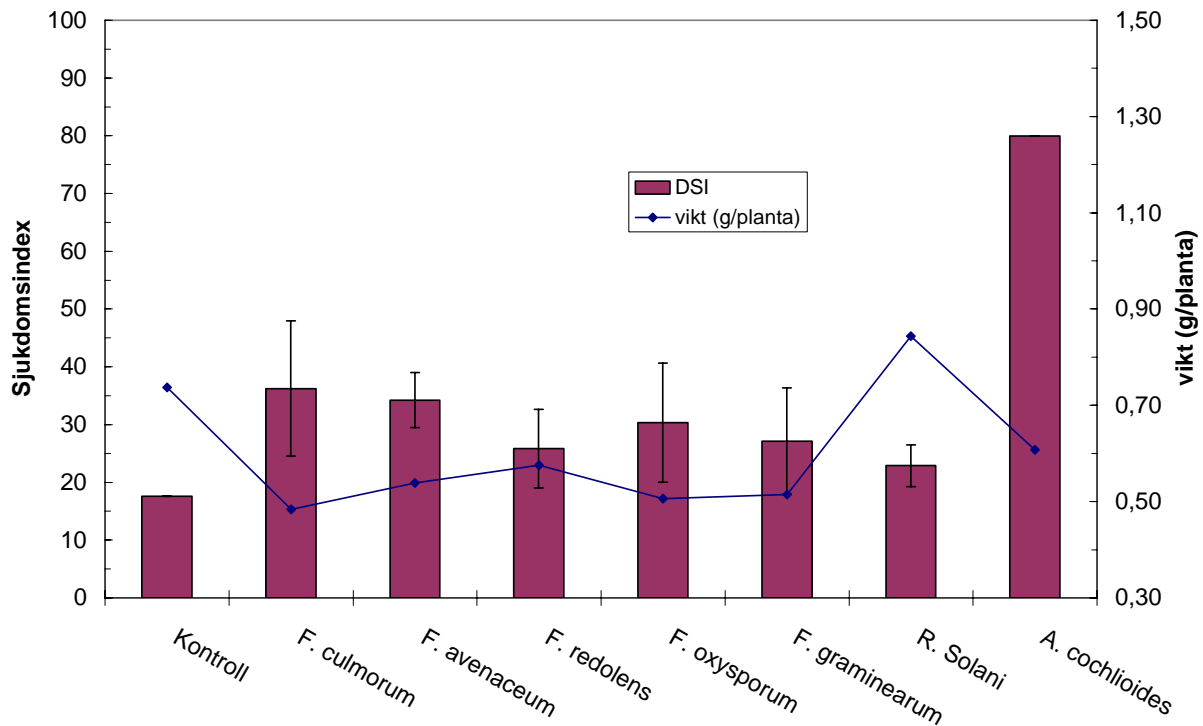
Art	2003 (44 st)		2004 (45 st)		2005 (45 st)	
	Jordtest	Fält	Jordtest	Fält	Jordtest	Fält
	%	%	%	%	%	%
<i>Aphanomyces cochlioides</i>	- ¹	36	44	27	71	16
<i>Pythium spp.</i>	-	43	13	47	20	9
<i>Rhizoctonia</i>	-	11	7	13	16	16
<i>Phoma betae</i>	-	7	0	0	0	0
<i>Fusarium culmorum</i>	-	57	53	40	73	29
<i>F. avenaceum</i>	-	11	0	0	4	0
<i>F. oxysporum</i>	-	25	47	11	18	2
<i>F. redolens</i>	-	39	64	27	27	2
<i>F. equiseti</i>	-	0	0	11	9	9
<i>F. graminearum</i>	-	0	0	0	2	0

¹Isoleringar ej gjorda i jordtest 2003

I. 1. c. Rotpatogener och deras inverkan på sjukdomsindex

Patogenitetstesten i växthus av de olika arterna visade att *A. cochlioides* gav ett sjukdomsindex på 80. De olika arterna av *Fusarium* gav lägre sjukdomsindex men hade lika stor inverkan på plantvikten som *A. cochlioides* (figur 2). Högst genomsnittligt sjukdomsindex och lägst vikt/planta gav isolaten av *F. culmorum* (DSI = 36; 0,48 g/planta), men även *F. oxysporum* och *F. avenaceum* gav ganska höga sjukdomsindex (34 respektive 30) och inverkade på plantvikten. Isolaten av *R. solani* gav lägst sjukdomsindex och inverkade inte alls på plantvikten.

Genom att klassificera sjukdomsindexet från jordtesten i tre grupper (låg, medel och hög) kunde korrelationer mellan sjukdomsindex och förekommande arter studeras. Hög sjukdomsindex från jordtest i växthus befanns vara signifikant korrelerat med förekomst av *Aphanomyces cochlioides*, *F. culmorum*, *F. oxysporum* och *F. equiseti* (tabell 8). Lågt sjukdomsindex var signifikant och negativt korrelerat med dessa samma arter vilket tyder på att de förekommer i provrutorna i komplex.



Figur 2. Patogenitetstest av *Fusarium culmorum* (14 isolat varav fyra från höstvet), *F. avenaceum* (tre isolat), *F. redolens* (fyra isolat), *F. oxysporum* (fem isolat), *F. graminearum* (fem isolat från höstvet), *Rhizoctonia* (fyra isolat) och *Aphanomyces cochlioides* (ett isolat).

Tabell 8. Sjukdomsindex från jordtest i växthus (DSI_vh) klassificerat i grupperna lågt, medel och högt och korrelerat med förekomst av jordburna svampar isolerade från planter i fält.

Sjukdomsindex Växthus	Svampart Fält	Korr. koeff.	Prob.	Antal obs
DSI vxh lågt	<i>Aphanomyces cochlioides</i>	-0,6248	<0,0001 ***	88
	<i>Pythium ultimum</i>	0,0436	0,6843 NS	88
	<i>Fusarium culmorum</i>	-0,0466	0,6642 NS	88
	<i>Fusarium culmorum</i> (Stor förekomst)	-0,3629	0,0007 **	88
	<i>Fusarium avenaceum</i>	-0,1299	0,2257 NS	88
	<i>Fusarium oxysporum</i>	-0,2672	0,0127 *	88
	<i>Fusarium oxysporum</i> (Stor förekomst)	-0,2115	0,0485 *	88
	<i>Fusarium redolens</i>	0,1870	0,0812 NS	88
	<i>Fusarium equiseti</i>	-0,2875	0,0073 **	88
	<i>Rhizoctonia</i>	-0,0030	0,9773 NS	88
DSI vxh medel	<i>Aphanomyces cochlioides</i>	0,4100	0,0001 **	88
	<i>Pythium ultimum</i>	0,0436	0,6843 NS	88
	<i>Fusarium culmorum</i>	-0,0947	0,3769 NS	88
	<i>Fusarium culmorum</i> (Stor förekomst)	0,1074	0,3163 NS	88
	<i>Fusarium avenaceum</i>	0,0246	0,8187 NS	88
	<i>Fusarium oxysporum</i>	0,0822	0,4430 NS	88
	<i>Fusarium oxysporum</i> (Stor förekomst)	0,2443	0,0227 *	88
	<i>Fusarium redolens</i>	-0,1384	0,1968 NS	88
	<i>Fusarium equiseti</i>	0,0924	0,3889 NS	88
	<i>Rhizoctonia</i>	-0,0701	0,5130 NS	88
DSI vxh högt	<i>Aphanomyces cochlioides</i>	0,2900	0,0068 **	88
	<i>Pythium ultimum</i>	-0,1177	0,2725 NS	88
	<i>Fusarium culmorum</i>	0,1907	0,0753 NS	88
	<i>Fusarium culmorum</i> (Stor förekomst)	0,3448	0,0013 **	88
	<i>Fusarium avenaceum</i>	0,1421	0,1849 NS	88
	<i>Fusarium oxysporum</i>	0,2496	0,0199 *	88
	<i>Fusarium oxysporum</i> (Stor förekomst)	-0,0433	0,6796 NS	88
	<i>Fusarium redolens</i>	-0,0656	0,5408 NS	88
	<i>Fusarium equiseti</i>	0,2633	0,0140 *	88
	<i>Rhizoctonia</i>	0,0988	0,3569 NS	88

I. 2. a. Samband mellan kemiska och fysikaliska markfaktorer och sjukdomsindex

Analyserade värden för ett urval av jordparametrar för varje provruta över de tre åren kan ses i tabell 4. Korrelationer mellan de enskilda jordparametrarna och sjukdomsindex från jordtest visas i tabell 9. Generellt kan man säga att det är en stor variation som täcks in i undersökningen. Det finns många signifikant korrelerade parametrar även om korrelationskoefficienterna tyder på att sambanden ibland är ganska svaga. Katjonutbyteskapaciteten (CEC) är positivt korrelerad med pH, Mg-AL, Ca-AL och ler, där den starkaste korrelationen finns mellan CEC och ler ($r = 0,83$; $P < 0,0001$). Parametern ledningstal är positivt och signifikant korrelerad med K-AL, Mg-AL och Ca-AL. Sjukdomsindex från jordtesten över alla tre år ges negativ korrelation till Ca-AL, K-AL, Mg-AL, pH och ledningstal, av vilka den senare har starkast korrelation ($r = -0,40$; $P < 0,0001$).

De 134 gårdarna delades in i fyra grupper efter stigande sjukdomsindex: grupp 1: DSI_{vxh} = 0 – 39, grupp 2: 40 – 59, grupp 3: 60 – 79 samt grupp 4: > 80. Skillnader mellan grupperna för de olika jordartsparametrarna beräknades med hjälp av t-test och det fanns signifikanta skillnader mellan grupperna för pH, K-AL, Mg-AL, ledningstal och Ca-AL (Tabell 10).

Parvisa jämförelser med hjälp av Tukey-Kramers metod visade att det är grupp ett med lägst sjukdomsindex i jordtest som är signifikant skild från övriga grupper. Gruppen hade signifikant högre genomsnittligt värde på Ca-AL (430 mg/100 g ts), Mg-AL (10,6 mg/100 g ts) och ledningstal (1,12) än övriga grupper (tabell 11). För K-AL var endast den högsta gruppen skild från den lägsta. Det fanns inga signifikanta skillnader mellan grupperna med avseende på pH. Grupp fyra, som är den grupp av provrutur med högst sjukdomsindex, utmärker sig med förhållandevis låga värden för pH, K-AL, Mg-AL, ledningstal och Ca-AL. Samtliga dessa värden kan vara indikatorer på att jordarna inte har någon motståndskraft mot jordburna svampsjukdomar.

Vid en uppdelning av provrutorna i olika grupper efter Ca-AL-värde visade variansanalysen att sjukdomsindex sjönk med stigande Ca-AL värde i jordarna (tabell 13). Gruppen med lägst sjukdomsindex var signifikant skild från den med högst sjukdomsindex för Ca-AL. Gruppen med högst sjukdomsindex hade också lägst CEC (tabell 14).

Den kanoniska variansanalys, som utfördes på jordartsparametrarna med sjukdomsindex som gruppvariabel, visade att de två första axlarna tillsammans förklarade 89% av den totala variationen (figur 3). Gruppen med lägst sjukdomsindex återfinns i den högra delen av diagrammet och efterföljande grupper med ökande sjukdomsindex ligger i vänstra delen. Den parameter som hade störst inflytande på den första axeln var ledningstalet, därefter följde pH, CEC och K-AL. På den andra axeln var det i första hand pH, därefter ledningstal som separerade de olika grupperna (tabell 12).

Den kanoniska variansanalys som utfördes på jordartsparametrarna med Ca-AL som gruppvariabel visade att de två första axlarna tillsammans förklarade 92,9% av den totala variationen (figur 4). Den parameter som hade störst inflytande på den första axeln var pH, därefter organiskt kol och ledningstal. På den andra axeln var det i första hand ler, därefter organiskt kol som separerade de olika grupperna (tabell 15). Uppdelningen utefter första axeln visar också på en tydlig tendens med sjunkande sjukdomsindex från grupp ett (högst) till grupp sex (lägst).

Den kanoniska variansanalysen på jordartsparametrar och med smektit-vermikulitindex som gruppvariabel visade att de två första axlarna representerade 90% av den totala variationen (figur 5). På den första axeln var det CEC som hade störst inflytande och de grupper (grupp 3, 4 och 5) med högst värde finns till vänster i figuren. På den andra axeln var det organiskt kol och ledningstal som hade störst inflytande och ökade uppåt längs med andra axeln. Grupp 5 hade här dubbelt så högt ledningstal (1,63) som grupp 3 (0,85). Variansanalyserna mellan de olika grupperna visade att det inte fanns någon signifikant skillnad mellan grupperna för sjukdomsindex, Ca-AL, Mg-AL, K-AL, P-AL, organiskt kol och pH (tabell 16).

Tabell 9. Pearson korrelationskoefficienter och prob.värde mellan analyserade jordparametrar från 134 gårdar 2003-2005

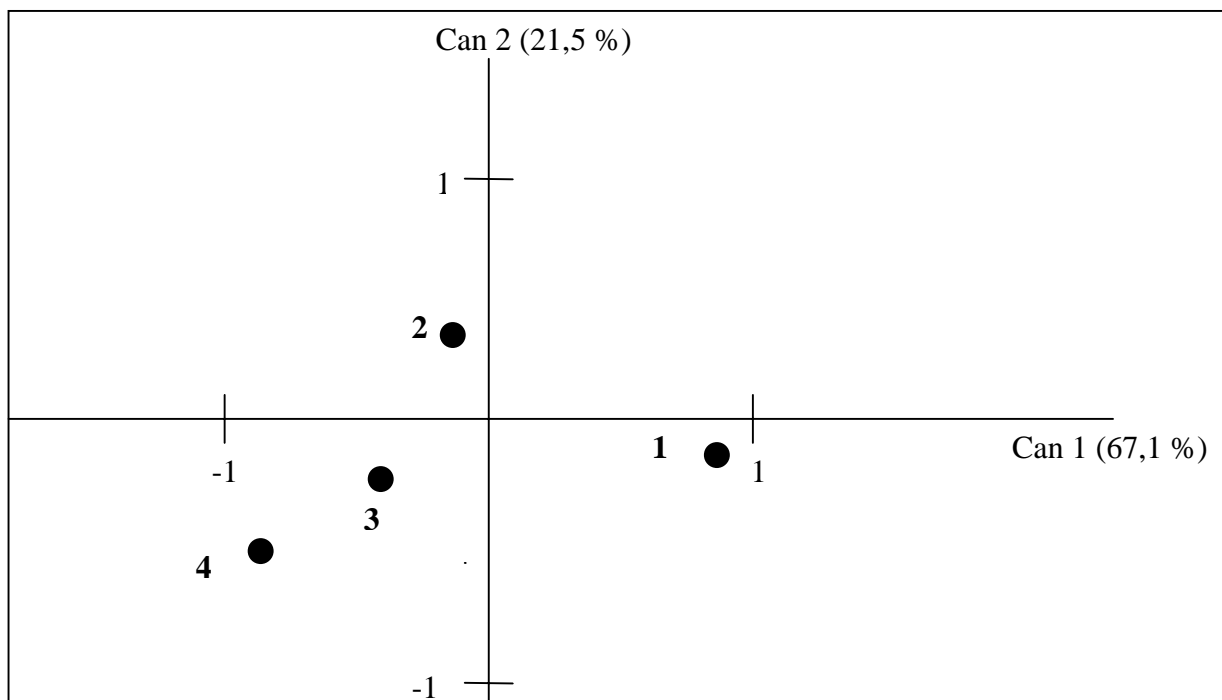
	pH	CEC	Ledn. tal	KAL	PAL	MgAL	CaAl	OrgC	Ler	Silt	Sand	Grus	DSIvvh
pH	1,0000												
CEC	0,5363 <0,0001	1,0000											
Ledn. tal	0,2125 0,0140	0,2639 0,0021	1,0000										
KAL	0,01123 0,8979	-0,0528 0,5461	0,3872 <0,0001	1,0000									
PAL	0,0342 0,6963	-0,2788 0,0012	0,0307 0,7261	0,2480 0,0040	1,0000								
MgAL	0,4127 <0,0001	0,4051 <0,0001	0,3802 <0,0001	0,2972 0,0005	0,0531 0,5437	1,0000							
CaAL	0,5469 <0,0001	0,4317 <0,0001	0,3771 <0,0001	0,0623 0,4763	0,0568 0,5159	0,8067 <0,0001	1,0000						
OrgC	0,0546 0,5328	0,00120 0,9891	-0,00311 0,9717	0,0562 0,5202	-0,0300 0,7315	0,2323 0,0071	0,0667 0,4455	1,0000					
Ler	0,4108 <0,0001	0,8317 <0,0001	0,1586 0,0683	0,1111 0,2030	-0,3694 <0,0001	0,3847 <0,0001	0,3093 0,0003	0,0891 0,3078	1,0000				
Silt	0,1910 0,0277	0,4532 <0,0001	0,0827 0,3440	0,0776 0,3745	-0,3060 0,0003	0,18064 0,0375	0,0980 0,2620	0,0876 0,3160	0,5053 <0,0001	1,0000			
Sand	-0,2721 0,0015	-0,6580 <0,0001	-0,0920 0,2925	-0,1071 0,2196	0,3656 <0,0001	-0,2650 0,0020	-0,1916 0,0272	-0,08251 0,3451	-0,7733 <0,0001	-0,9066 <0,0001	1,0000		
Grus	-0,2334 0,0069	-0,1902 0,0284	-0,1636 0,0598	0,0418 0,6324	0,0975 0,2641	-0,1749 0,0441	-0,0929 0,2878	-0,1023 0,2412	-0,1781 0,0403	-0,1027 0,2419	-0,05764 0,5099	1,0000	
DSIvvh	-0,2452 0,0044	-0,1051 0,2285	-0,3993 <0,0001	-0,2348 0,0065	-0,0573 0,5125	-0,2398 0,0054	-0,2592 0,0026	-0,0846 0,3327	-0,0570 0,5143	-0,1306 0,8814	0,0198 0,8208	0,0714 0,4139	1,0000

Tabell 10. Gruppmedelvärde för jordparametrar analyserade i CVA med sjukdomsindex (DSIvxh) som gruppvariabel

DSIvxh	CEC	pH	Org.C	P-AL	K-AL	Mg-AL	Ca-AL	Ledn. tal	Ler	Silt	Sand	Grus
1. 0-39	5,1	7,0	1,8	14,5	10,8	10,6	430	1,12	15,9	31,2	51,3	1,6
2. 40-59	4,8	7,0	1,7	13,6	9,0	7,5	267	0,73	16,0	32,9	48,9	2,3
3. 60-79	4,4	6,7	1,8	12,3	9,2	7,4	205	0,60	15,7	32,4	49,6	2,2
4. 80-100	4,3	6,5	1,6	12,8	7,8	6,8	188	0,39	13,8	29,9	54,2	2,3
RSQ	1,9	7,7	1,0	1,5	7,5	11,1	10,2	16,8	1,0	1,2	1,5	1,1
CV	44,9	8,5	31,0	49,8	33,2	48,9	92,9	65,8	37,3	27,6	25,3	124,9
Prob	0,47	0,015	0,72	0,58	0,018	0,0016	0,003	<0,0001	0,71	0,67	0,57	0,69
	NS	*	NS	NS	*	**	**	***	NS	NS	NS	NS

Tabell 11. Parvisa jämförelser mellan DSIvxh-grupper med Tukey-Kramers metod

Grupp	1	2	3	4
A. K-AL				
1	-			
2	NS	-		
3	NS	NS	-	
4	0,0303	NS	NS	-
B. Mg-AL				
1	-			
2	0,0034	-		
3	0,0062	NS	-	
4	0,0400	NS	NS	-
C. Ca-AL				
1	-			
2	0,0306	-		
3	0,0036	NS	-	
4	0,0466	NS	NS	-
D. Ledningstal				
1	-			
2	0,0040	-		
3	0,0003	NS	-	
4	0,0003	NS	NS	-
E. pH				
1	-			
2	NS	-		
3	NS	NS	-	
4	NS	NS	NS	-



Figur 3. Kanonisk variansanalys på analyserade jordparametrar (pH, CEC, organiskt C, ler, ledningstal, P-AL, K-AL, Mg-AL, Ca-AL, silt, sand och grus) med de 134 gårdarna indelade i grupper efter DSIvxh: grupp 1 = 0 – 39; grupp 2 = 40 – 59; grupp 3 = 60 – 79; och grupp 4 = över 80.

Tabell 12. Kanoniska koefficienter för de två första axlarna

Jordparameter	Can 1	Can 2
Ledningstal	1,062	0,812
pH	0,301	1,43
CEC	0,130	-0,324
K-AL	0,130	-0,084
Mg-AL	0,062	-0,183
Org C	0,0008	0,190
Ca-AL	0,0007	0,0005
P-AL	-0,005	0,046
Sand	-0,438	0,485
Silt	-0,458	0,521
Grus	-0,476	0,611
Ler	-0,508	0,596

Tabell 13. Gruppmedelvärde för jordparametrar analyserade i CVA med Ca-AL som gruppvariabel

Grupp	DSIvxh	CEC	pH	Org. C	P-AL	K-AL	Mg-AL	Ledn.				
								tal	Ler	Silt	Sand	Grus
1	65	1,8	6,0	1,4	17,2	9,0	5,0	0,4	6,57	22,0	66,1	5,0
2	54	3,1	6,6	1,6	12,6	8,9	5,8	0,6	11,83	29,8	55,9	2,3
3	55	5,0	6,8	1,8	13,4	9,9	8,5	0,8	17,1	33,7	48,0	1,5
4	52	6,2	7,2	1,8	12,5	9,3	8,9	1,0	19,6	34,4	44,1	2,2
5	41	6,8	7,7	2,1	16,5	9,7	9,5	0,9	19,9	34,9	42,9	2,4
6	37	7,8	7,9	1,8	15,0	9,9	18,4	1,4	21,3	34,4	43,3	1,0
RSQ	9,8	55,2	54,3	7,1	4,0	1,9	46,1	15,7	44,3	12,4	23,9	9,4
CV	32,1	30,6	6,02	30,3	49,6	34,4	38,4	66,8	28,2	26,2	22,4	120,5
Prob	0,021	<0,0001	<0,0001	0,091	0,39	0,78	<0,0001	0,0005	<0,0001	0,0045	<0,0001	0,026
	*	***	***	NS	NS	NS	***	**	***	**	***	*

Grupper Ca-AL: grupp 1 = 0 – 99; grupp 2 = 100 – 199; grupp 3 = 20 – 299; grupp 4 = 300 – 399; grupp 5 = 400 – 499 och grupp 6 = > 500.

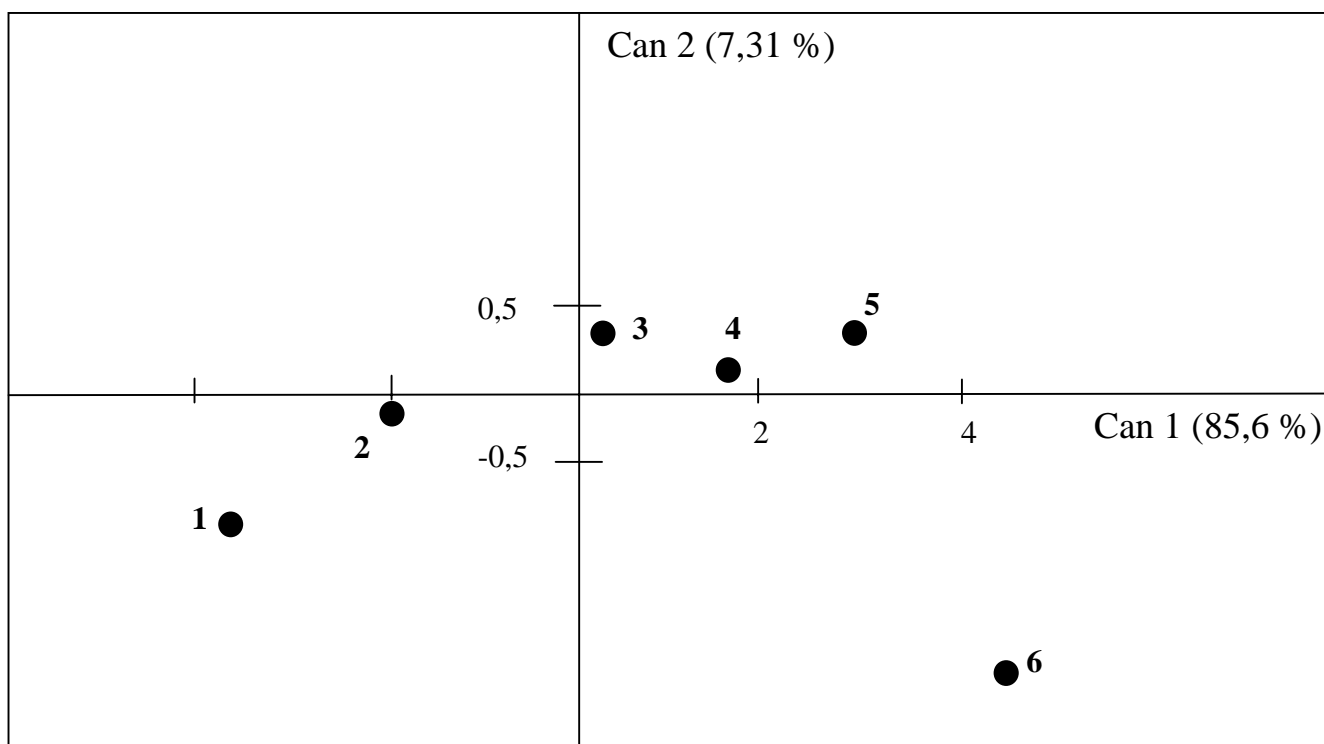
Tabell 14. Parvisa jämförelser mellan Ca-AL-grupper med Tukey-Kramers metod

Grupp	1	2	3	4	5	6
A. Lerhalt						
1	-					
2	NS	-				
3	<0,0001	<0,0001	-			
4	<0,0001	<0,0001	NS	-		
5	<0,0001	0,0003	NS	NS	-	
6	<0,0001	<0,0001	NS	NS	NS	-
B. CEC						
1	-					
2	NS	-				
3	<0,0001	<0,0001	-			
4	<0,0001	<0,0001	0,0102	-		
5	<0,0001	<0,0001	0,0252	NS	-	
6	<0,0001	<0,0001	0,0001	NS	NS	-
C. pH						
1	-					
2	0,0052	-				
3	<0,0001	NS	-			
4	<0,0001	<0,0001	0,0010	-		
5	<0,0001	<0,0001	<0,0001	NS	-	
6	<0,0001	<0,0001	<0,0001	0,0032	NS	-
D. Mg-AL						
1	-					
2	NS	-				
3	NS	0,0018	-			
4	0,0441	0,0020	NS	-		
5	NS	NS	NS	NS	-	
6	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	0,0001	-

Forts.

Forts.

Grupp	1	2	3	4	5	6
E. Ledningstal						
1	-					
2	NS	-				
3	NS	NS	-			
4	NS	0,0306	NS	-		
5	NS	NS	NS	NS	-	
6	0,0068	0,0024	0,0347	NS	NS	-
F. DSIVxh						
1	-					
2	NS	-				
3	NS	NS	-			
4	NS	NS	NS	-		
5	NS	NS	NS	NS	-	
6	0,0334	NS	NS	NS	NS	-
G. Silt						
1	-					
2	NS	-				
3	0,0108	NS	-			
4	0,0091	NS	NS	-		
5	NS	NS	NS	NS	-	
6	NS	NS	NS	NS	NS	-
H. Sand						
1	-					
2	NS	-				
3	0,0017	0,0186	-			
4	0,0001	0,0006	NS	-		
5	0,0023	NS	NS	NS	-	
6	0,0029	NS	NS	NS	NS	-
I. Grus						
1	-					
2	NS	-				
3	0,0126	NS	-			
4	NS	NS	NS	-		
5	NS	NS	NS	NS	-	
6	0,0430	NS	NS	NS	NS	-



Figur 4. Kanonisk variansanalys på analyserade jordparametrar (pH, CEC, organiskt C, ler, ledningstal, P-AL, K-AL, Mg-AL, silt, sand och grus) med de 134 gårdarna indelade i grupper efter CaAL: grupp 1 = 0 – 99, grupp 2 = 100 – 199, grupp 3 = 200 – 299, grupp 4 = 300 – 399, grupp 5 = 400 – 499 och grupp 6 = > 500.

Tabell 15. Kanoniska koefficienter för de två första axlarna

Jordparameter	Can 1	Can 2
pH	1,488	0,016
Org C	0,771	0,873
Ledningstal	0,715	-0,034
Ler	0,506	0,886
Grus	0,488	0,728
Sand	0,418	0,780
Silt	0,414	0,798
CEC	0,390	-0,002
Mg-AL	0,102	-0,266
P-AL	0,068	0,0196
K-AL	-0,080	0,061

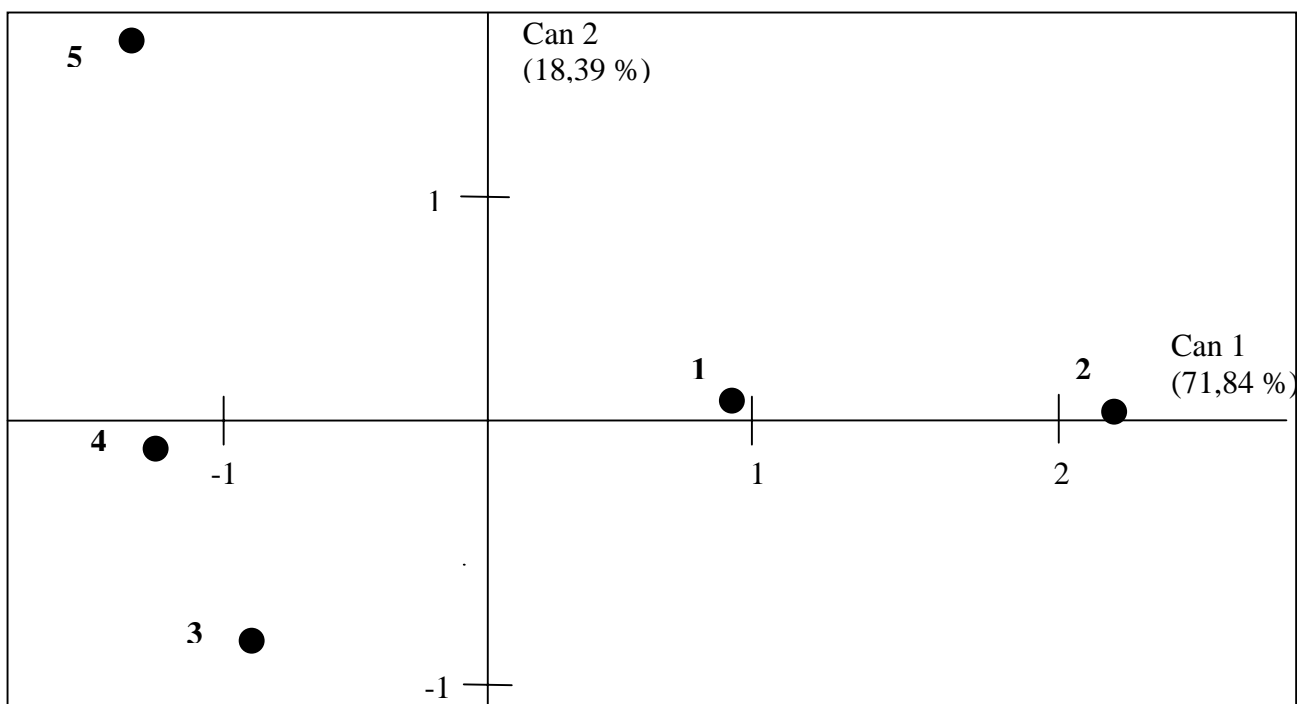
Tabell 16. Gruppmedelvärde för jordparametrar analyserade i CVA med SmV som gruppvariabel. Resultat från jordtest i växthus anges också för de olika grupperna

Grupp	Ler	CEC	pH	Org. C	P-AL	K-AL	Mg-AL	Ledn. tal	Ca-AL	Silt	Sand	Grus	DSIvxh
1	13,2	3,21	6,74	1,70	18,51	9,81	6,89	0,85	232	34,3	49,2	3,5	49,2
2	15,5	4,12	6,81	1,73	13,55	10,50	7,66	0,9	223	32,2	50,5	1,94	53,6
3	17,6	5,97	7,27	1,49	12,33	9,09	9,53	0,85	416	36,6	44,9	1,07	58,8
4	19,9	6,59	7,16	1,71	13,23	9,35	10,64	1,02	464	33,5	45,4	1,27	41,8
5	20,0	7,14	7,11	1,79	12,04	10,11	9,24	1,63	387	38,1	40,4	1,28	48,3
RSQ	21,8	49,6	11,3	6,8	12,5	3,5	12,8	15,7	10,8	7,7	10,5	15,7	10,8
CV	28,01	28,0	8,86	24,83	43,16	31,47	41,2	58,96	90,8	21,81	21,4	113,7	33,84
Prob	0,0082	<0,0001	0,1501	0,4163	0,1124	0,7409	0,1034	0,0480	0,1720	0,3448	0,1841	0,0481	0,1706
	**	***	NS	NS	NS	NS	NS	*	NS	NS	NS	*	NS

Grupper SmV: grupp 1 = 0 – 0,9; grupp 2 = 1 – 1,9, grupp 3 = 2 – 2,9; grupp 4 = 3 – 3,9 och grupp 5 = > 4.

Tabell 17. Parvisa jämförelser mellan SmV-grupper med Tukey-Kramers metod

Grupp	1	2	3	4	5
A. Lerhalt					
1	-				
2	NS	-			
3	NS	NS	-		
4	0,0171	NS	NS	-	
5	0,0407	NS	NS	NS	-
B. CEC					
1	-				
2	NS	-			
3	0,0002	0,0065	-		
4	<0,0001	0,0005	NS	-	
5	<0,0001	0,0002	NS	NS	-
C. Ledningstal					
1	-				
2	NS	-			
3	NS	NS	-		
4	NS	NS	NS	-	
5	NS	NS	0,0398	NS	-
D. Grus					
1	-				
2	NS	-			
3	0,0370	NS	-		
4	NS	NS	NS	-	
5	NS	NS	NS	NS	-



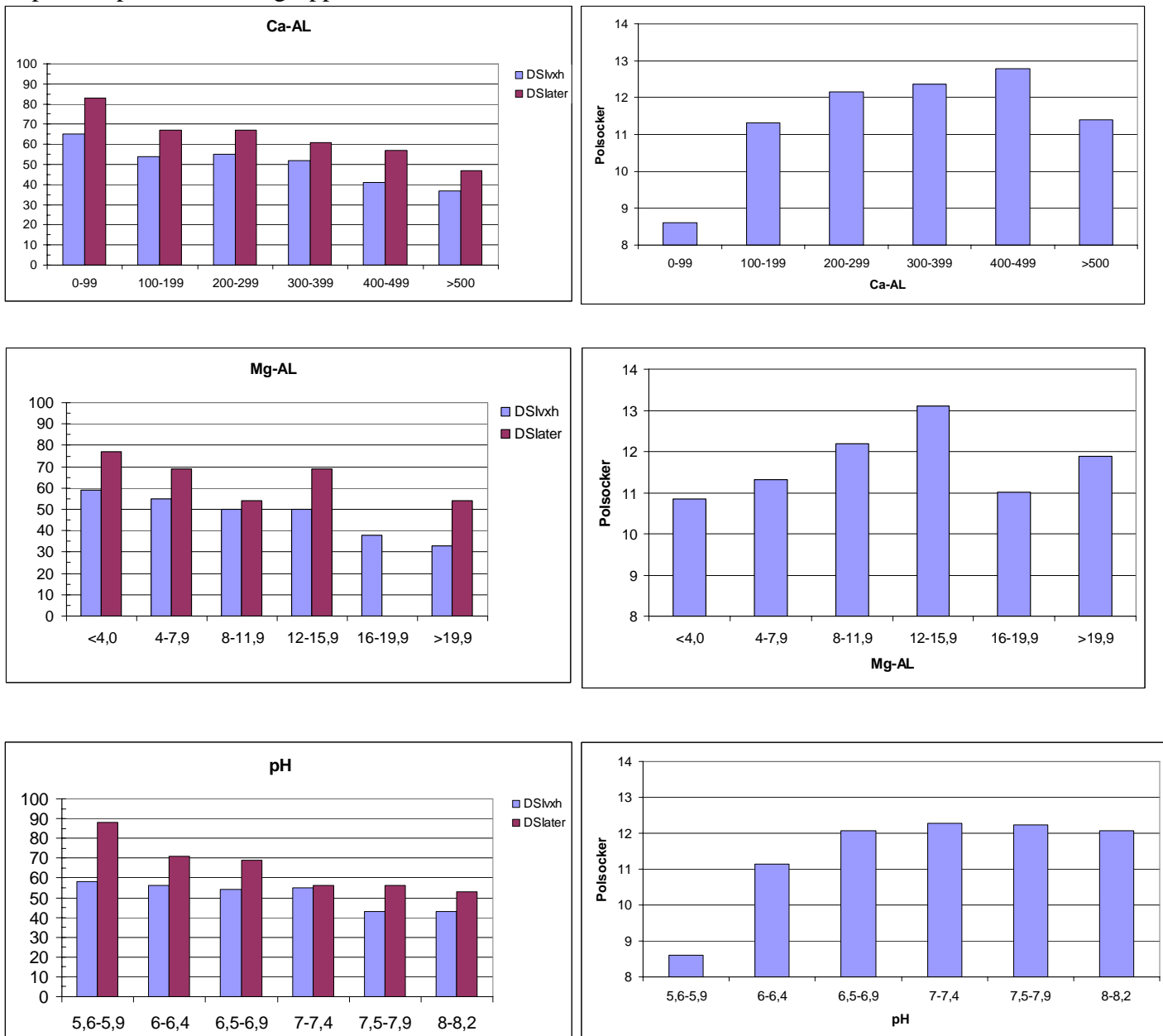
Figur 5. Kanonisk variansanalys på analyserade jordparametrar (pH, CEC, organiskt C, ler, ledningstal, P-AL, K-AL, Mg-AL, Ca-AL, silt, sand och grus) med 60 gårdar indelade i grupper efter Smektit, Vermikulitindex (SmV): grupp 1 = 0 – 0,9; grupp 2 = 1 – 1,9, grupp 3 = 2 – 2,9; grupp 4 = 3 – 3,9 och grupp 5 = > 4.

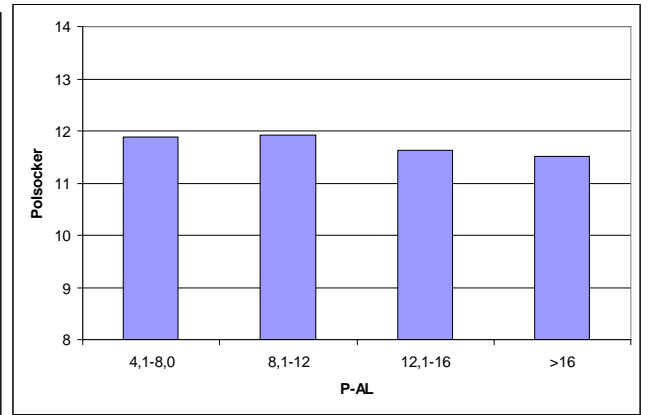
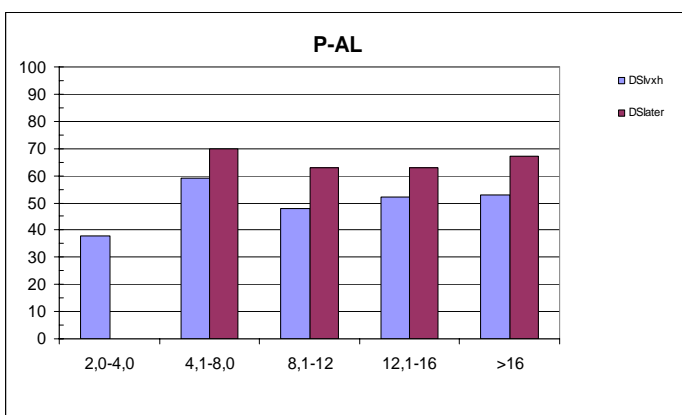
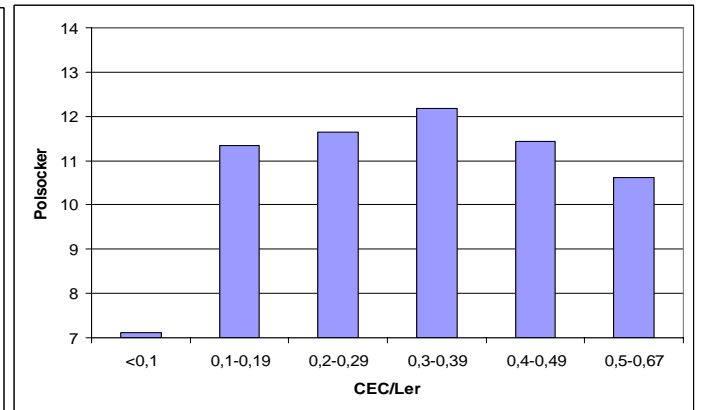
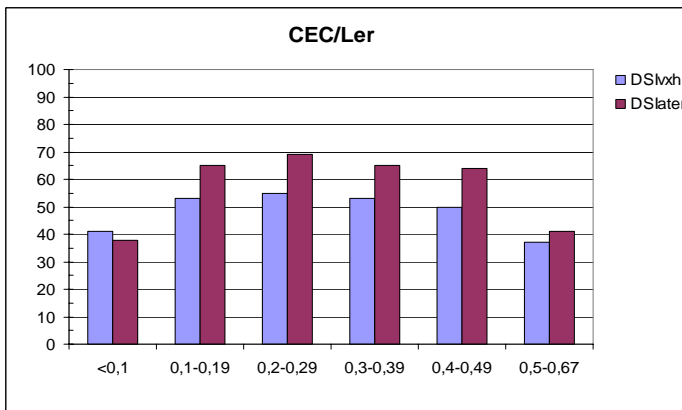
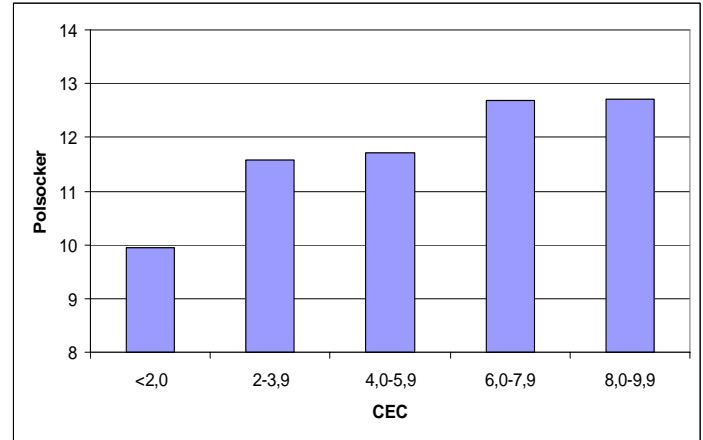
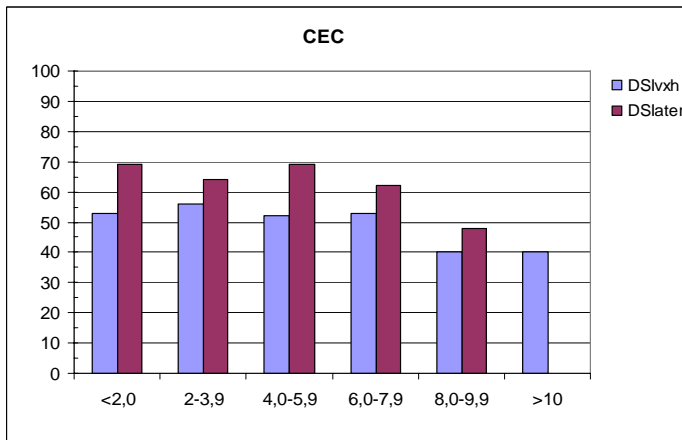
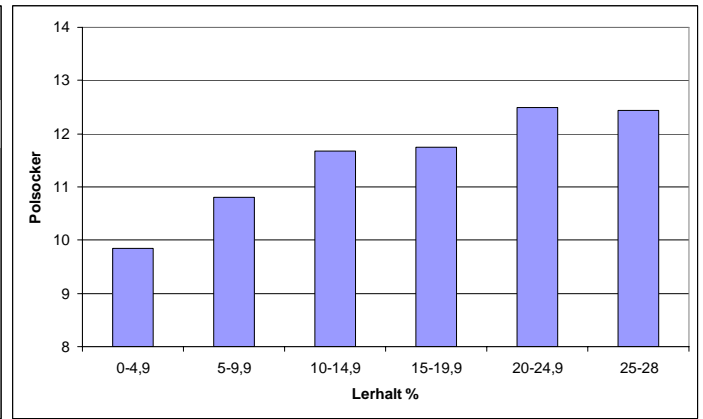
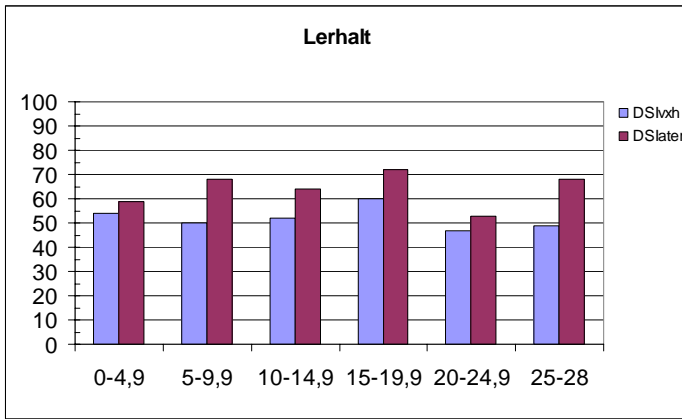
Tabell 18. Kanoniska koefficienter för de två första axlarna

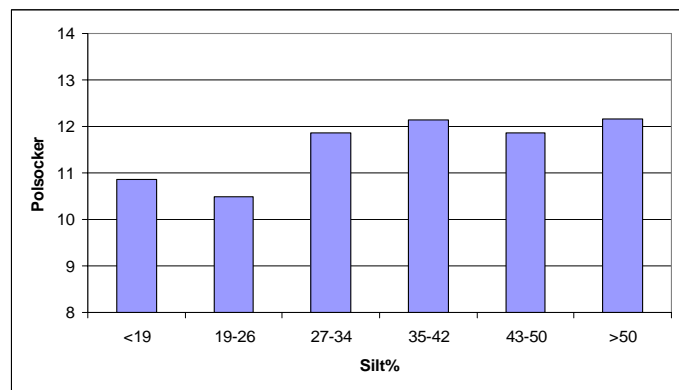
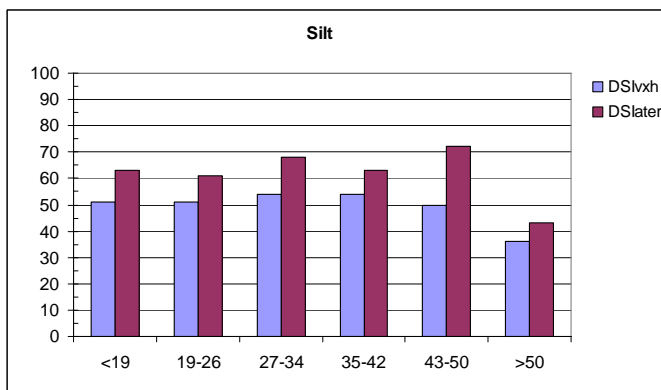
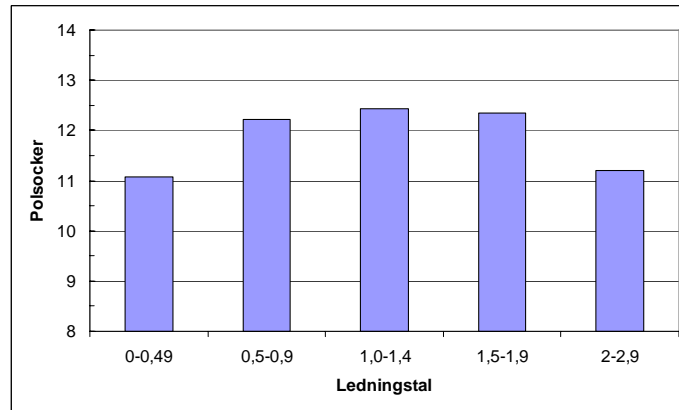
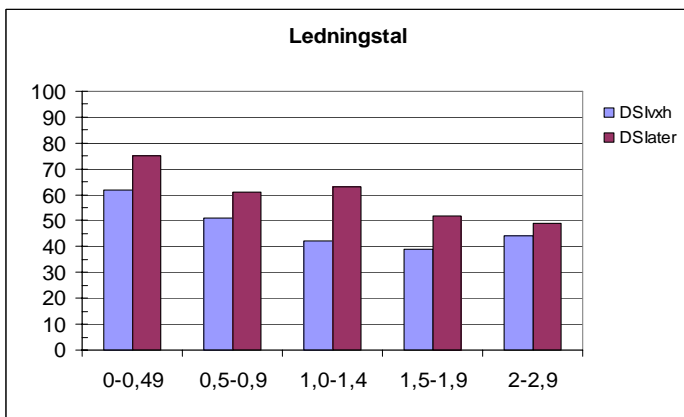
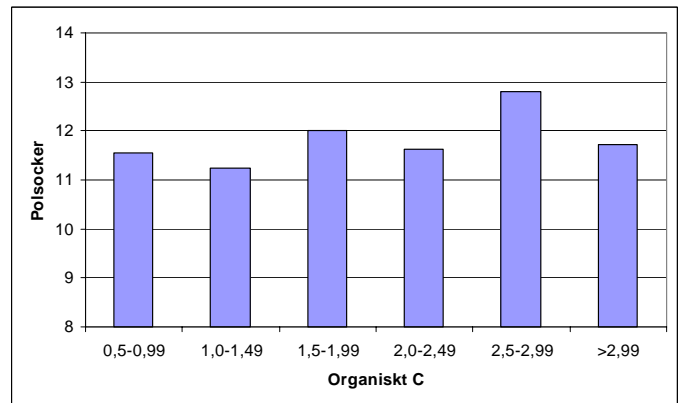
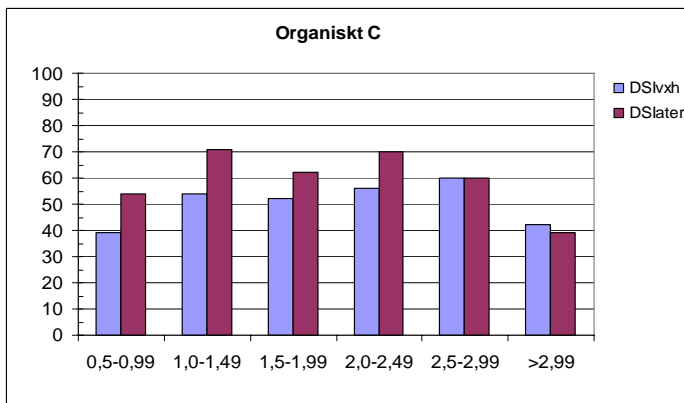
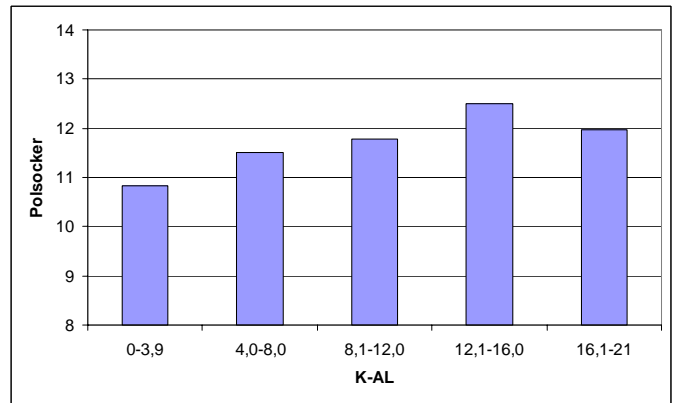
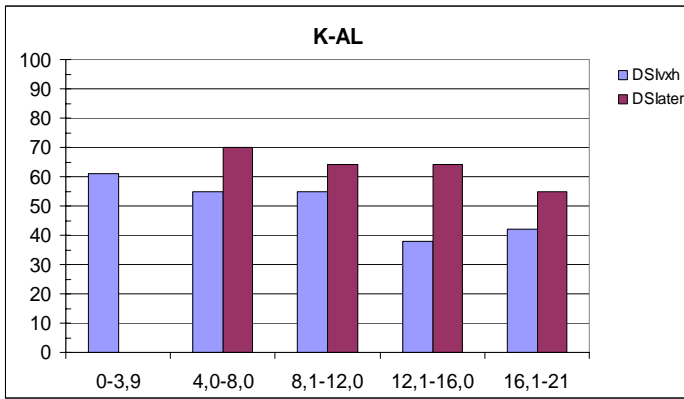
Jordparameter	Can 1	Can 2
Org C	0,4386	1,741
Ledningstal	0,2389	1,760
pH	0,1150	-0,4497
P-AL	0,0952	0,01342
Ler	0,0682	-0,9047
K-AL	0,0550	-0,0295
Ca-AL	0,0021	-0,0007
Grus	-0,0666	-0,8157
Silt	-0,090	-0,9067
Sand	-0,1585	-0,9158
Mg-AL	-0,2266	-0,1067
CEC	-1,220	0,1283

För ett urval av jordparametrar delades provrutorna in i grupper efter stigande värden. Medelvärden för sjukdomsindex och polsockerskörd i de olika grupperna beräknades och åskådliggjordes i form av stapeldiagram för de olika jordparametrarna (figur 6). Sjukdomsindex för jordarna i de olika grupperna finns presenterat både före och efter betodling. Sjukdomsindex sjunker vid stigande värden på Ca-AL, Mg-AL, K-AL, pH, CEC och ledningstal. Ur stapeldiagrammen med polsockerskörd för de olika jordparametrarna går det att urskilja tendenser till vilka värden på de olika jordparametrarna som närmar sig de optimala för en hög sockerbetskörd.

Figur 6. Gruppindelning av jordparametrar i stigande värden och medelvärde för grupperna i sjukdomsindex i jordtest före (DSI_vh) och efter betodling (DSI_ater) och polsockerskörd för respektive parameter och grupp.







1. 2. b. Rotpatogener och deras inverkan på skörd

Provrutorna skördades under de två första veckorna i oktober varje år. Totalt 112 provrutor av de 134 skördades. Rotbrandssvamparna förefaller att i första hand påverka betornas renvikt och mängden polsocker (tabell 19). Både sjukdomsindex från jordtest i växthus och fältindex var negativt signifikant korrelerade med renvikt och mängd polsocker. Både polsocker och renvikt sjunker alltså med stigande sjukdomsindex.

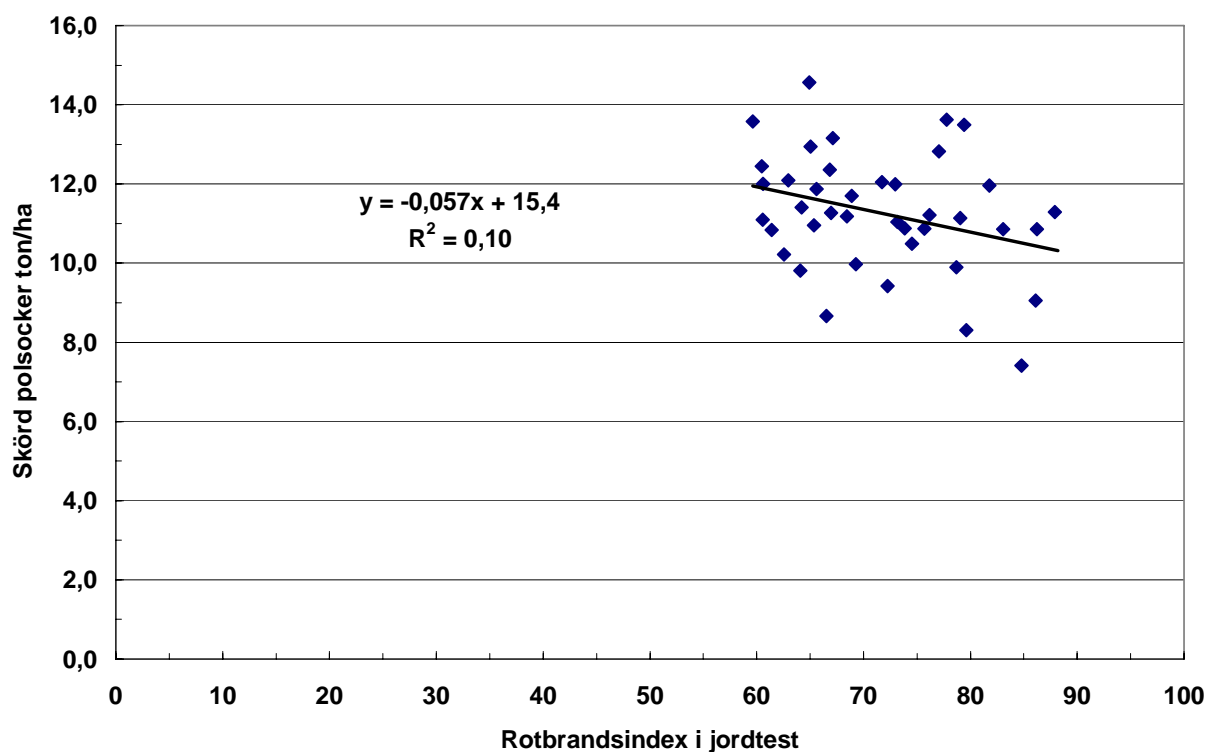
Vid uppdelning av provrutorna i fyra grupper efter sjukdomsindex som beskrivits ovan, visar det sig att för grupp två (DSI_vxh = 40 – 59) har sockerskörden sjunkit med 0,5 ton/ha jämfört med grupp ett. För grupp tre (DSI_vxh = 60 – 79) är minskningen 0,91 ton/ha och för grupp fyra (DSI_vxh >80) hela 3,45 ton/ha (tabell 20). Även i en gruppindelning som denna är skillnaderna signifikanta i renvikt och polsocker. För de jordar som var mest infekterade och hade sjukdomsindex (DSI_vxh) över 60, minskade polsockerskörden med 57 kg per enhet DSI_vxh (figur 7). Vid beräkning av denna siffra har inga korrigeringar gjorts för att kompensera för att provrutorna såddes vid olika tidpunkter. Såtiderna i grupperna skedde med början de sista dagarna i mars för de tre grupperna med lägst sjukdomsindex (grupp 1: 27/3 – 18/4, grupp 2: 28/3 – 17/4, grupp 3: 26/3 – 17/4). Såtidpunkten för den grupp med högst sjukdomsindex, grupp 4, varierade från 3/4 – 18/4. Om polsockerskörden korrigeras med 0,5 %/dag för perioden 1 – 15/4 och med 1 %/dag för perioden efter 15/4 (Olsson 2000) så blir minskningen i polsockerskörd för jordar med sjukdomsindex över 60 ca 46 kg per enhet DSI_vxh (figur 8).

Tabell 19. Pearson Korrelationskoefficienter mellan skördeparametrar och sjukdomsindex i fält och från jordtest i växthus

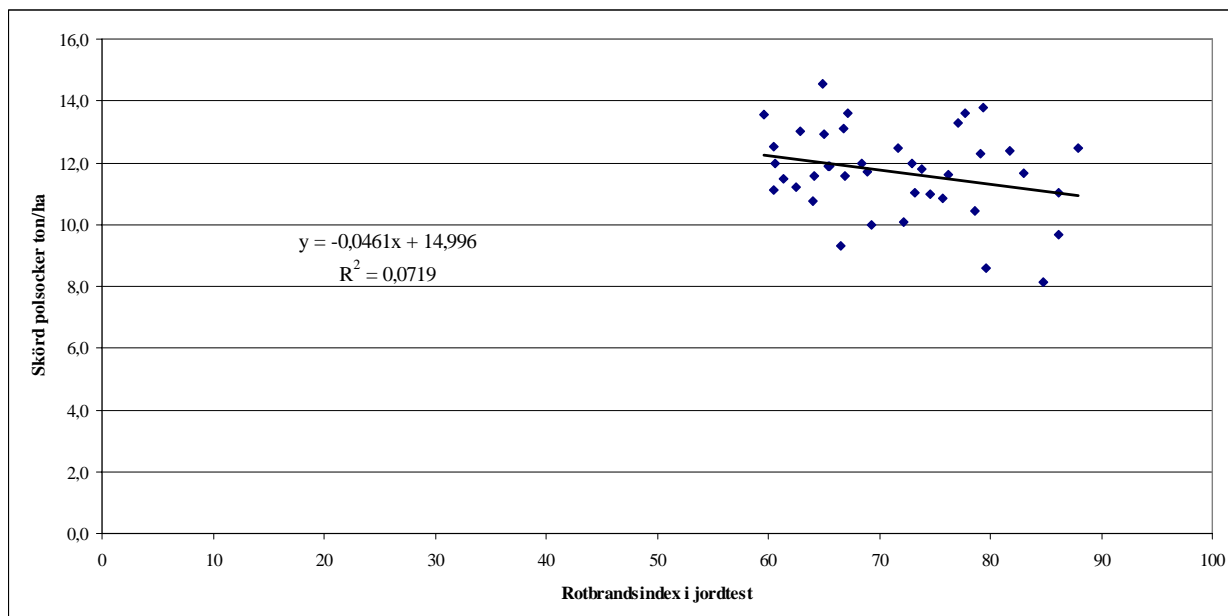
Sjukdomsindex	Skördeparametrar	Korr. koeff.	Prob.	Antal obs.
DSI fält	Adm Renvikt	-0,2139	0,0236 *	112
	Polsocker	-0,2232	0,0180 *	112
	Sockershalt	-0,1087	0,2540 NS	112
	Blåtal	-0,0399	0,6760 NS	112
	K+Na	0,1846	0,0514 NS	112
	Renhet	0,1627	0,0864 NS	112
DSI vxh	Adm Renvikt	-0,3170	0,0007 **	112
	Polsocker	-0,3200	0,0006 **	112
	Sockershalt	-0,1121	0,2393 NS	112
	Blåtal	0,0255	0,7895 NS	112
	K+Na	0,1573	0,0976 NS	112
	Renhet	0,0952	0,3181 NS	112

Tabell 20. Genomsnittlig skörd för grupper av jordar med olika sjukdomsindex i jordtest (DSIvvh) 2003-2005

DSIvvh	Antal rutor	Renvikt ton/ha	Polsocker ton/ha	Blåtal mg/100 g beta	K+Na mekv/100 g beta	Utv. socker %	Utv. socker ton/ha	Renhet %
1. 0-39	32	67,4	12,46	12,9	3,6	91,07	11,35	82,98
2. 40-59	55	65,7	11,96	14,5	3,8	90,75	10,86	84,36
3. 60-79	35	62,9	11,55	12,4	3,8	91,03	10,51	85,04
4. 80-100	11	51,6	9,01	17,5	3,9	89,61	8,09	84,68
RSQ		16,2	18,8	7,7	4,8	11,6	19,3	1,8
CV		14,0	14,9	35,8	11,0	1,13	15,14	6,8
Prob		0,0002	<0,0001	0,033	0,15	0,0038	<0,0001	0,58
		**	***	*	NS	**	***	NS



Figur 7. Samband mellan sjukdomsindex i jordtest och polsockerskörden för jordar med DSIvvh 60-100. Ingen korrigering gjord för olika såtidpunkt i provrutorna.



Figur 8. Samband mellan sjukdomsindex i jordtest och polsockerskörd för jordar med DSIVxh 60-100. Korrigering gjord för såtidpunkt.

Provrutorna delades in i grupper med eller utan fynd av olika arter i fält och genomsnitt i skörd för dessa grupper räknades ut (tabell 21). Resultaten indikerar att provrutorna med stor förekomst av *F. oxysporum* och förekomst av *R. solani* hade 16 respektive 13 % lägre skörd jämfört med icke-förekomst, men vid en uppdelning utifrån *F. culmorum* var skörden högre i gruppen med närvaro av svampen.

Genomsnitt räknades också ut för jordparametrar i de båda grupperna för de tre olika patogenerna (tabell 22). Resultaten indikerar att gruppen jordar med *F. culmorum* har högre CEC, pH, P-AL, Ca-AL, Mg-AL och ledningstal. Gruppen med *F. oxysporum* hade lägre CEC, pH, Ca-AL, ledningstal och lerhalt. Indelning utifrån *R. solani* visade inte några tydliga skillnader mellan grupperna. *F. culmorum* har hittats något mer på kalkrika jordar och *F. oxysporum* på kalkfattigare lättare jordar.

Tabell 21. Genomsnittlig polsockerskörd för grupper med eller utan fynd av olika arter av patogener i fält och förändringen i skörd

Art i fält	Genomsnittlig polsockerskörd för gruppen (ton/ha)		skillnad i genomsnittlig skörd (%)
	ej förekomst	förekomst	
<i>Fusarium culmorum</i>	11,57	12,55	+8
<i>F. oxysporum</i>	11,94	10,06	-16
<i>Rhizoctonia solani</i>	11,95	10,43	-13

Tabell 22. Genomsnitt för jordparametrar över grupper med eller utan fynd av *Fusarium culmorum*, *F. oxysporum* eller *Rhizoctonia solani*

	Antal	CEC	pH	Org. C	P-AL	K-AL	Ca-AL	Mg-AL	Ledn tal	Ler %
<i>F. culmorum</i>										
förekomst	25	5,12	7,16	1,77	17,32	10,78	379	10,15	0,99	17
ej förekomst	109	4,64	6,84	1,75	12,52	9,09	261	7,69	0,71	15
<i>F. oxysporum</i>										
förekomst	14	3,53	6,54	1,8	13,16	9,86	173	7,10	0,62	12
ej förekomst	120	4,87	6,94	1,74	13,45	9,35	296	8,27	0,78	16
<i>R. solani</i>										
förekomst	18	4,06	6,78	1,56	15,58	9,01	311	8,57	0,79	14
ej förekomst	116	4,84	6,91	1,78	13,08	9,47	279	8,08	0,76	16

1. 2. c. Samband mellan rotbrand och väder

Fältindex 2003 var signifikant positivt korrelerat med regn under uppkomsten (tabell 23). Detta år utmärkte sig med generellt höga rotbrandsangrepp i odlingsområdet. Både 2004 och 2005 var betydligt torrare år under uppkomsten vilket resulterade i låga angrepp i fält. Den signifikanta negativa korrelationen mellan regn under uppkomst och fältindex år 2004 kan bero på angrepp av mindre patogena arter än *A. cochlioides* som har gynnats av låg regnmängd.

I samband med att betorna analyserades på Agri Provtvätt gjordes en bedömning av kroniska symptom på betorna i varje provruta. När det kroniska rotröteindexet (RI) korrelerades med nederbörd, max-, min- och medeltemperatur under uppkomst, bladanläggning (till radslut) samt tillväxt visade det sig att nederbörd och maxtemperatur under uppkomsten var positivt och signifikant korrelerade med höga RI-värden (114 observationer 2003-2005, tabell 24). Även medel och maxtemperatur under tillväxtperioden var positivt och signifikant korrelerade med höga RI-värden.

Tabell 23. Pearson korrelationskoefficienter mellan nederbörd, temperatur och angrepp av jordburna svampar under uppkomsten (fältindex). Resultat från 44 gårdar per år under 2003-2005

Fältindex	Väderparametrar	Korr. koeff.	Prob.	Antal gårdar
2003-2005				
Fältindex	Regn under uppkomst	-0,0786	0,3700 NS	132
	Maxtemperatur under uppkomst	0,0073	0,9338 NS	132
	Mintemperatur under uppkomst	-0,1971	0,0235 *	132
	Medeltemperatur under uppkomst	0,0301	0,7319 NS	132
2003				
Fältindex	Regn under uppkomst	0,2996	0,0482 *	44
	Maxtemperatur under uppkomst	-0,2256	0,1410 NS	44
	Mintemperatur under uppkomst	-0,0017	0,9914 NS	44
	Medeltemperatur under uppkomst	-0,2395	0,1174 NS	44
2004				
Fältindex	Regn under uppkomst	-0,3821	0,0105 *	44
	Maxtemperatur under uppkomst	0,2651	0,0820 NS	44
	Mintemperatur under uppkomst	-	-	-
	Medeltemperatur under uppkomst	0,1516	0,3260 NS	44
2005				
Fältindex	Regn under uppkomst	-0,1420	0,3580 NS	44
	Maxtemperatur under uppkomst	-0,1730	0,2616 NS	44
	Mintemperatur under uppkomst	-0,1215	0,4320 NS	44
	Medeltemperatur under uppkomst	-0,1793	0,2443 NS	44

Tabell 24. Pearson korrelationskoefficienter mellan nederbörd och temperatur under uppkomsten, bladanläggningsfasen (till radslut) samt tillväxtperioden och kronisk rotröta bedömd efter skörd (RI). Resultat från totalt 114 gårdar under 2003-2005

Kronisk rotröta	Väderparametrar	Korr. koeff.	Prob.	Antal gårdar	
2003-2005					
RI	Regn under uppkomst	0,2900	0,0018 **	114	
	Maxtemperatur under uppkomst	0,2898	0,0018 **	114	
	Mintemperatur under uppkomst	0,0158	0,8671 NS	114	
	Medeltemperatur under uppkomst	0,0576	0,5425 NS	114	
	Regn till radslut	0,0865	0,3601 NS	114	
	Maxtemperatur till radslut	-0,0208	0,8260 NS	114	
	Mintemperatur till radslut	0,1535	0,1030 NS	114	
	Medeltemperatur till radslut	0,0846	0,3706 NS	114	
	Regn under tillväxt	0,0930	0,3249 NS	114	
	Maxtemperatur under tillväxt	0,2110	0,0242 *	114	
	Mintemperatur under tillväxt	-0,1834	0,0508 NS	114	
	Medeltemperatur under tillväxt	0,1888	0,0443 *	114	
	2003				
	RI	Regn under uppkomst	0,2876	0,0719 NS	40
		Maxtemperatur under uppkomst	0,0794	0,6260 NS	40
		Mintemperatur under uppkomst	-0,0820	0,6148 NS	40
Medeltemperatur under uppkomst		0,0578	0,7228 NS	40	
Regn till radslut		0,1348	0,4067 NS	40	
Maxtemperatur till radslut		0,1090	0,5031 NS	40	
Mintemperatur till radslut		0,1087	0,5043 NS	40	
Medeltemperatur till radslut		0,0723	0,6577 NS	40	
Regn under tillväxt		0,3163	0,0467 *	40	
Maxtemperatur under tillväxt		0,1161	0,4754 NS	40	
Mintemperatur under tillväxt		0,0581	0,7218 NS	40	
Medeltemperatur under tillväxt		0,0455	0,7806 NS	40	
2004					
RI		Regn under uppkomst	-0,0992	0,5537 NS	38
		Maxtemperatur under uppkomst	0,4238	0,0080 *	38
		Mintemperatur under uppkomst	-	-	-
	Medeltemperatur under uppkomst	0,3393	0,0372 *	38	
	Regn till radslut	0,2113	0,2028 NS	38	
	Maxtemperatur till radslut	-0,2116	0,2022 NS	38	
	Mintemperatur till radslut	0,0268	0,8733 NS	38	
	Medeltemperatur till radslut	0,1042	0,5337 NS	38	
	Regn under tillväxt	0,0697	0,6777 NS	38	
	Maxtemperatur under tillväxt	0,2562	0,1205 NS	38	
	Mintemperatur under tillväxt	-0,0074	0,9647 NS	38	
	Medeltemperatur under tillväxt	0,2000	0,2286 NS	38	

Forts.

Kronisk rottröta	Väderparametrar	Korr. koeff.	Prob.	Antal gårdar
2005				
RI	Regn under uppkomst	-0,1130	0,5118 NS	36
	Maxtemperatur under uppkomst	0,0488	0,7772 NS	36
	Mintemperatur under uppkomst	0,0994	0,5642 NS	36
	Medeltemperatur under uppkomst	0,0665	0,6999 NS	36
	Regn till radslut	0,2745	0,1052 NS	36
	Maxtemperatur till radslut	0,0195	0,9099 NS	36
	Mintemperatur till radslut	-0,1207	0,4832 NS	36
	Medeltemperatur till radslut	-0,0230	0,8943 NS	36
	Regn under tillväxt	0,2290	0,1790 NS	36
	Maxtemperatur under tillväxt	0,0259	0,8810 NS	36
	Mintemperatur under tillväxt	0,0558	0,7467 NS	36
	Medeltemperatur under tillväxt	-0,0260	0,8804 NS	36

1. 2.d. Samband mellan angrepp av jordburna svampar och odlingshistoria och -teknik

För att få en uppfattning om hur odlingstekniken och växtföljden påverkade förekomsten av olika svamparter i våra sockerbetsjordar korrelerades odlarnas olika åtgärder med förekommande svamparter isolerade från både jordtesten (tabell 25) och plantor insamlade från fält (tabell 26).

Korrelationerna mellan svampar isolerade från fält och odlarnas åtgärder visade att varken *A. cochlioides* eller *P. ultimum* var signifikant korrelerade med någon odlingshistoria eller odlings-teknik. Förekomsten av *F. culmorum* var däremot negativt signifikant korrelerad med mycket lång växtföljd. I några provrutor var förekomsten av *F. culmorum* mycket hög och det förefaller finnas ett samband mellan den höga förekomsten och odling av havre, spenat eller rödbetor i växtföljden. Förutom *F. culmorum* var förekomst av *F. avenaceum* och *F. redolens* också positivt signifikant korrelerat med spenat eller rödbetor i växtföljden. Ett positivt samband fanns även mellan *F. culmorum*, *F. oxysporum* och odling av havre i växtföljden. Förekomst av *F. oxysporum* och oljevaxter i växtföljden var dock negativt signifikant korrelerade.

När det gäller såtidpunktens betydelse så förefaller det som om tidig sådd gynnar uppkomsten av *F. redolens*. Sen sådd var däremot positivt signifikant korrelerat med *F. oxysporum*.

Höstplöjning var negativt signifikant korrelerat med förekomst av *F. redolens* medan vårplöjning var positivt signifikant korrelerat med förekomst av *F. redolens*.

Kalkning inverkar negativt på *Rhizoctonia*.

Tabell 25. Kendall korrelationskoefficienter mellan jordburna svampar isolerade från plantor insamlade i fält med odlingsteknik, odlingshistoria och växtföljd från 83 odlare 2003-2005

Jordburna svampar i fält	Odl. åtgärder	Korr. koeff.	Prob.	Antal obs
<i>Aphanomyces cochlioides</i>	Inga signifikanta korrelationer			
<i>Pythium ultimum</i>	Inga signifikanta korrelationer			
<i>Fusarium culmorum</i>	Mycket lång växtföljd	-0,2271	0,0398 *	83
<i>Fusarium culmorum</i> (Stor förekomst)	Havre	0,2370	0,0319 *	83
	Spenat/rödbetor	0,2562	0,0203 *	83
<i>Fusarium avenaceum</i>	Spenat/rödbetor	0,4908	<0,0001 ***	83
<i>Fusarium oxysporum</i>	Oljeväxter	-0,2348	0,0335 *	83
	Havre	0,2904	0,0085 **	83
	Sen sådd	0,2515	0,0228 *	83
<i>Fusarium redolens</i>	Spenat/rödbetor	0,2351	0,0332 *	83
	Höstplöjning	-0,3411	0,0020 **	83
	Vårplöjning	0,2782	0,0118 **	83
	Tidig sådd	0,2479	0,0248 *	83
	Sen sådd	-0,2742	0,0130 *	83
<i>Fusarium equiseti</i>	Inga signifikanta korrelationer			
<i>Rhizoctonia</i>	Kalkning	-0,2430	0,0278 *	83

Tabell 26. Kendall korrelationskoefficienter mellan jordburna svampar isolerade från plantor i jordtest med odlingsteknik, odlingshistoria och växtföljd från 51 odlare 2004-2005

Jordburna svampar i jordtest	Odl. åtgärder	Korr. koeff.	Prob.	Antal obs
<i>Aphanomyces cochlioides</i>	Fånggröda	0,2778	0,0495 *	51
<i>Pythium ultimum</i>	Inga signifikanta korrelationer			
<i>Fusarium culmorum</i>	Inga signifikanta korrelationer			
<i>Fusarium culmorum</i> (Stor förekomst)	Sen sådd	0,2887	0,0412 *	51
<i>Fusarium avenaceum</i>	Inga signifikanta korrelationer			
<i>Fusarium oxysporum</i>	Normal såtidpunkt	-0,3884	0,0060 **	51
	Sen sådd	0,4167	0,0032 *	51
<i>Fusarium oxysporum</i> (Stor förekomst)	Mycket lång växtföljd	0,4290	0,0024 **	51
	Havre	0,3882	0,0060 **	51
	Sen sådd	0,3108	0,0280 *	51
<i>Fusarium redolens</i>	Naturgödsel regelb.	-0,2937	0,0378 *	51
	Sen sådd	0,3019	0,0328 *	51
<i>Fusarium equiseti</i>	Inga signifikanta korrelationer			
<i>Rhizoctonia</i>	Bevattning	0,2980	0,0351 *	51
Högt sjukdomsindex	Kort växtföljd	0,2982	0,0350 *	51
	Medellång växtföljd	-0,3757	0,0079 **	51
	Stubbearbetning	0,2964	0,0361 *	51
	Djupmyllning hand.gödsl.	0,3505	0,0132 *	51
Medelhögt sjukdomsindex	Vårplöjning	0,2870	0,0424 *	51

II. Rotpatogener i bördighets- och odlingssystemförsöken

Jordprov från bördighetsförsökens A0- och C2-led i de bägge växtföljderna provtogs och testades för jordburna svampar före betodling 2004 och angreppet i fält lästes av under säsongen. Det fanns inga tendenser till skillnader mellan växtföljder på de olika platserna, däremot tydliga skillnader mellan platser och mellan gödslingsnivåer. Fjärdingslöv hade lägst angrepp av jordburna svampar både i test och i fält i de olika gödslingsnivåerna, medan Ekebo hade högt angrepp (tabeller 27 och 28). Gödlat led C2 hade högre sjukdomsindex i fält och jordtest än ogödlat led A0 på alla platser, ett litet undantag är dock Örja som hade högre DSIVxh i C2 än i A0. För Fjärdingslöv (med låga angrepp) var parametrarna Ca-AL, Mg-AL och pH högst i både gödlat och ogödlat led. Övriga jordar placerade sig mellan dessa extremer både ifråga om angrepp och jordparametrar, med Örja liknande Fjärdingslöv och Orup och Ugglarp liknande Ekebo. I plottar mellan dessa tre parametrar (Ca-AL, Mg-AL och pH) och DSIVxh för genomsnitt över de bägge växtföljderna inom det ogödslade ledet för de fem försöksplatserna, finns tydliga negativa samband (figurer 9-11). Sambanden är liknande de som finns i analyserna av rotbrand i provrutorna 2003-2005.

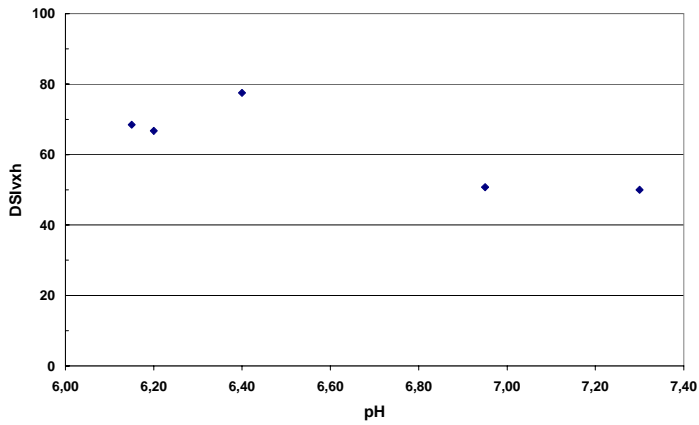
Isoleringar av rotpatogener från jordtest och fält visade att *A. cochliformis* fanns närvarande och gav angrepp i både jordtest och i fält i alla jordar, utom Fjärdingslöv som inte hade angrepp i fält. Andra patogener var *F. oxysporum* som kunde isoleras på plantor från Ugglarp och Orup och *Rhizoctonia* som hittades i Ugglarpsförsöket.

Tabell 27. Genomsnitt för sjukdomsindex i jordtest och i fält och jordparametrar i växtföljd I och II (kreatur och kreaturslös) i led C2 (dubbel ersättning av P och K, 140 kg N/ha till sockerbetorna)

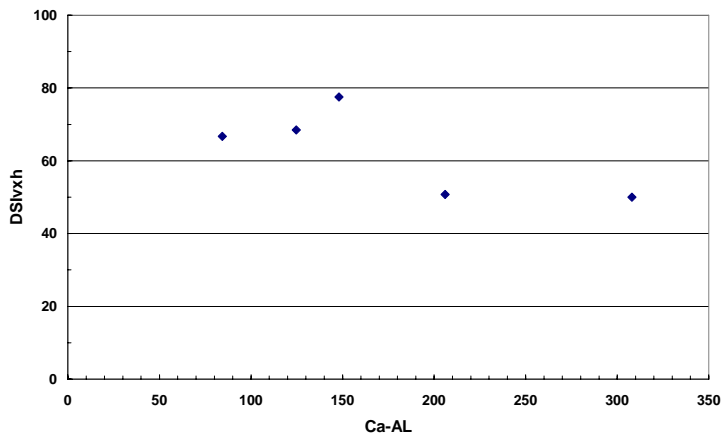
Plats	DSIVxh	DSIfält	pH	P-AL	K-AL	Ca-AL	Mg-AL	Ledn tal
Ugglarp	52	35	5,9	10,2	16,2	95	6,5	0,4
Fjärdingslöv	47	13	7,0	10,6	12,2	289	16,6	0,6
Orup	51	25	6,0	6,1	10,0	119	7,7	0,4
Ekebo	76	43	6,2	11,7	25,8	138	8,1	0,5
Örja	70	20	7,0	14,4	25,6	163	12,6	0,4

Tabell 28. Genomsnitt för sjukdomsindex i test och i fält och jordparametrar i växtföljd I och II (kreatur och kreaturslös) i led A0 (ingen tillförsel av N, P och K)

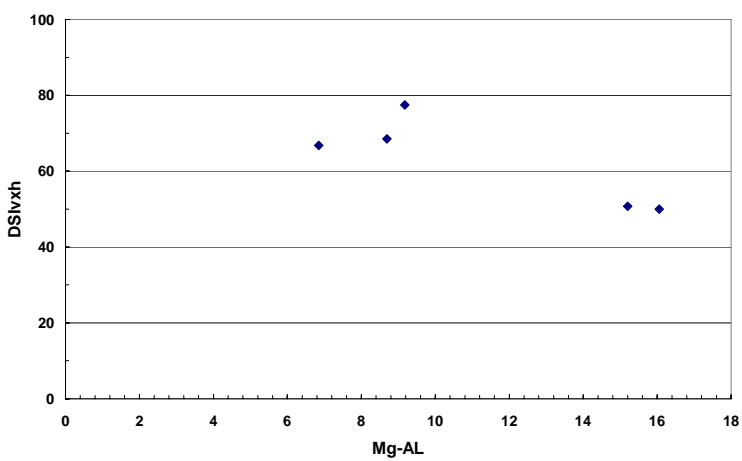
Plats	DSIVxh	DSIfält	pH	P-AL	K-AL	Ca-AL	Mg-AL	Ledn tal
Ugglarp	67	53	6,2	1,95	4,95	84	6,8	0,35
Fjärdingslöv	50	36	7,3	2,7	7,25	308	16,0	0,45
Orup	69	52	6,2	1,8	6,0	124	8,7	0,45
Ekebo	78	61	6,4	3,2	6,8	148	9,2	0,4
Örja	51	31	7,0	3,0	8,9	206	15,2	0,35



Figur 9. Sjukdomsindex i led A0 (ingen tillförsel av N, P och K) plottat mot pH.



Figur 10. Sjukdomsindex i led A0 (ingen tillförsel av N, P och K) plottat mot Ca-AL.



Figur 11. Sjukdomsindex i led A0 (ingen tillförsel av N, P och K) plottat mot Mg-AL.

Test av jord från parceller före betodling i odlingssystemförsöket på Bollerup gav måttligt höga nivåer av infektion (tabell 29). Gradering av plantor från fält 2004 visade också på en måttlig infektionsnivå. En antydning till lägre smittornivåer fanns i led A, det konventionella djurlösa ledet. Inga patogener isolerades från de utvalda plantorna i led A, däremot kunde *A. cochlioides* isoleras från två av leden och *F. oxysporum* isolerades från de ekologiska leden C-E.

Tabell 29. Angrepp av jordburna svampsjukdomar i jordtest före betor och angrepp i fält 2004, odlingssystemförsöket, Bollerup

Växtföljd (rutnr.)	DSIvhx före betor	DSIfält	Isolerade patogener i fält
A (3)	52	20	-
B (9)	59	26	<i>A. cochlioides</i>
C (15)	63	30	<i>F. oxysporum</i>
D (21)	53	35	<i>A. cochlioides</i> , <i>F. oxysporum</i> , <i>F. redolens</i>
E (27)	67	34	<i>F. oxysporum</i> , <i>F. redolens</i>

Växtföljder odlingssystemförsöket, Bollerup:

A: konv. kreaturslös: höstvetete, vårkorn, höstraps, höstvetete, sockerbetor, ärt

B: konv. med kreatur: vårkorn, vall I, vall II, höstvetete, sockerbetor, ärt

C: ekol. biodyn. med kreatur: vårkorn, vall I, vall II, höstvetete, sockerbetor, havre-ärt

D: ekol. med kreatur: vårkorn, vall I, vall II, höstvetete, sockerbetor, havre-ärt

E: ekol. kreaturslös: höstvetete, åkerböna, vårkorn, gröngödsling, sockerbetor, ärt

III. Utbredning och angrepp av bladsvampar

För varje provruta kodades förekomsten av *Ramularia* och *Cercospora* som binära data och dessa korrelerades med odlarnas uppgifter om odlingsteknik och växtföljder. Angrepp av *Ramularia* i augusti var positivt signifikant korrelerade med medellång växtföljd (4 – 5 år mellan betorna) och stubbearbetning samt negativt signifikant korrelerade med mycket lång växtföljd (mer än sju år mellan betorna) och vårplöjning (tabell 30).

Senare *Ramularia* - angrepp i september var inte signifikant korrelerade med någon odlings-teknik eller antal år mellan betorna utan endast med förekomst av spenat eller rödbetor i växtföljden.

Angrepp av *Cercospora* i augusti var till skillnad från *Ramularia*-angrepp i augusti positivt signifikant korrelerade med vårplöjning. Höstplöjning och förekomst av oljevaxter i växtföljden var negativt signifikant korrelerade med tidiga *Cercospora*-angrepp.

För varje provruta beräknades ett bladsvampsindex utifrån både angrepp av *Ramularia* och *Cercospora*. Bladsvampsangrepp i augusti var negativt signifikant korrelerat med mycket regn under uppkomst och under tillväxtperioden. Även temperaturen under uppkomsten förefaller ha betydelse för bladsvampsangreppen i augusti. En hög medeltemperatur under uppkomsten är kopplat till höga bladsvampsangrepp.

När det gäller senare bladsvampsangrepp i september var förhållandet det omvända dvs en hög medeltemperatur under uppkomst och bladanläggning var kopplat till lägre bladsvampsangrepp (tabell 31).

Tabell 30. Kendall korrelationskoefficienter mellan bladsvampar och odlingsteknik, odlingshistoria och växtföljd från 82 odlare 2003-2005

Bladsvampsindex	Odl. åtgärder	Korr. koeff.	Prob.	Antal obs
<i>Ramularia augusti</i>	Medellång växtföljd	0,2363	0,0421 *	75
	Mycket lång växtföljd	-0,3258	0,0051 **	75
	Vårplöjning	-0,2912	0,0122 *	75
	Stubbearbetning	0,2545	0,0286 *	75
<i>Ramularia september</i>	Spenat/Rödbetor	-0,4350	0,0002 **	75
<i>Cercospora augusti</i>	Oljeväxter	-0,2954	0,0110 *	75
	Höstplöjning	-0,2388	0,0400 *	75
	Vårplöjning	0,3306	0,0045 **	75
<i>Cercospora september</i>	Inga signifikanta korrelationer			

Tabell 31a. Pearson korrelationskoefficienter mellan nederbörd och temperatur under uppkomsten, bladanläggningsfasen (till radslut) samt tillväxtperioden och angrepp av bladsvampar. Resultat från 130 provrutor under 2003-2005

Bladsvampsindex	Väderparametrar	Korr. koeff.	Prob.	Antal obs	
2003-2005					
Bladsvampar augusti	Regn under uppkomst	-0,2411	0,0057 **	130	
	Regn till radslut	-0,1050	0,2345 NS	130	
	Regn under tillväxt	-0,4470	<0,0001 ***	130	
	Maxtemperatur under uppkomst	-0,2795	0,0013 **	130	
	Mintemperatur under uppkomst	0,4384	<0,0001 ***	130	
	Medeltemperatur under uppkomst	-0,4290	<0,0001 ***	130	
	Maxtemperatur till radslut	0,0216	0,8072 NS	130	
	Mintemperatur till radslut	0,1437	0,1029 NS	130	
	Medeltemperatur till radslut	0,2519	0,0038 *	130	
	Maxtemperatur under tillväxt	-0,1103	0,2114 NS	130	
	Mintemperatur under tillväxt	0,0280	0,7517 NS	130	
	Medeltemperatur under tillväxt	0,3213	0,0002 **	130	
	Bladsvampar september	Regn under uppkomst	0,0628	0,4919 NS	122
		Regn till radslut	-0,4150	<0,0001 ***	122
		Regn under tillväxt	-0,0376	0,6811 NS	122
Maxtemperatur under uppkomst		0,1758	0,0528 NS	122	
Mintemperatur under uppkomst		-0,2452	0,0065 **	122	
Medeltemperatur under uppkomst		-0,2072	0,0220*	122	
Maxtemperatur till radslut		-0,4630	<0,0001 ***	122	
Mintemperatur till radslut		-0,2032	0,0248 *	122	
Medeltemperatur till radslut		-0,3060	0,0006**	122	
Maxtemperatur under tillväxt		-0,1261	0,1663 NS	122	
Mintemperatur under tillväxt		-0,5789	<0,0001 ***	122	
Medeltemperatur under tillväxt		-0,1148	0,2081 NS	122	

Tabell 31b. Pearson korrelationskoefficienter mellan nederbörd och temperatur under uppkomsten, bladanläggningsfasen (till radslut) samt tillväxtperioden och angrepp av bladsvampar. Resultat från 42 provrutor under 2003

Bladsvampsindex	Väderparametrar	Korr. koeff.	Prob.	Antal obs	
2003					
Bladsvampar augusti	Regn under uppkomst	-0,2978	0,0555 NS	42	
	Regn till radslut	-0,5747	<0,0001 ***	42	
	Regn under tillväxt	-0,1578	0,3182 NS	42	
	Maxtemperatur under uppkomst	-0,5991	<0,0001 ***	42	
	Mintemperatur under uppkomst	0,2077	0,1868 NS	42	
	Medeltemperatur under uppkomst	-0,5886	<0,0001 ***	42	
	Maxtemperatur till radslut	-0,6917	<0,0001 ***	42	
	Mintemperatur till radslut	-0,6111	<0,0001 ***	42	
	Medeltemperatur till radslut	-0,5334	0,0003 **	42	
	Maxtemperatur under tillväxt	-0,4961	0,0008 **	42	
	Mintemperatur under tillväxt	-0,3052	0,494 NS	42	
	Medeltemperatur under tillväxt	-0,3918	0,0103 *	42	
	Bladsvampar september	Regn under uppkomst	-0,3083	0,0498 *	41
		Regn till radslut	-0,3661	0,0186 *	41
		Regn under tillväxt	-0,3938	0,0109 *	41
Maxtemperatur under uppkomst		-0,2617	0,0983 NS	41	
Mintemperatur under uppkomst		0,0443	0,7832 NS	41	
Medeltemperatur under uppkomst		-0,1946	0,2229 NS	41	
Maxtemperatur till radslut		-0,4411	0,0039 **	41	
Mintemperatur till radslut		-0,3215	0,0404 *	41	
Medeltemperatur till radslut		-0,4801	0,0015 **	41	
Maxtemperatur under tillväxt		-0,6053	<0,0001 ***	41	
Mintemperatur under tillväxt		-0,3241	0,0387 *	41	
Medeltemperatur under tillväxt		-0,5597	0,0001 **	41	

Tabell 31c. Pearson korrelationskoefficienter mellan nederbörd och temperatur under uppkomsten, bladanläggningsfasen (till radslut) samt tillväxtperioden och angrepp av bladsvampar. Resultat från 38 - 44 provrutor under 2004

Bladsvampsindex	Väderparametrar	Korr. koeff.	Prob.	Antal obs	
2004					
Bladsvampar augusti	Regn under uppkomst	-0,3073	0,0424 *	44	
	Regn till radslut	-0,2696	0,0768 NS	44	
	Regn under tillväxt	-0,1599	0,2999 NS	44	
	Maxtemperatur under uppkomst	-0,1127	0,9421 NS	44	
	Mintemperatur under uppkomst	-	-	-	
	Medeltemperatur under uppkomst	-0,0721	0,6419 NS	44	
	Maxtemperatur till radslut	-0,3987	0,0073 *	44	
	Mintemperatur till radslut	-0,6463	<0,0001 ***	44	
	Medeltemperatur till radslut	-0,5243	0,0003 **	44	
	Maxtemperatur under tillväxt	-0,2834	0,0623 NS	44	
	Mintemperatur under tillväxt	-0,5475	0,0001 **	44	
	Medeltemperatur under tillväxt	-0,4559	0,0019 **	44	
	Bladsvampar september	Regn under uppkomst	-0,2461	0,1364 NS	38
		Regn till radslut	-0,3474	0,0326 *	38
		Regn under tillväxt	-0,2505	0,1293 NS	38
Maxtemperatur under uppkomst		-0,0210	0,9002 NS	38	
Mintemperatur under uppkomst		-	-	-	
Medeltemperatur under uppkomst		0,0018	0,9913 NS	38	
Maxtemperatur till radslut		-0,0848	0,6129 NS	38	
Mintemperatur till radslut		-0,3821	0,0179 *	38	
Medeltemperatur till radslut		-0,2620	0,1120 NS	38	
Maxtemperatur under tillväxt		-0,1104	0,5093 NS	38	
Mintemperatur under tillväxt		-0,2295	0,1657 NS	38	
Medeltemperatur under tillväxt		-0,2422	0,1428 NS	38	

Tabell 31d. Pearson korrelationskoefficienter mellan nederbörd och temperatur under uppkomsten, bladanläggningsfasen (till radslut) samt tillväxtperioden och angrepp av bladsvampar. Resultat från 43 - 44 provrutor under 2005

Bladsvampsindex	Väderparametrar	Korr. koeff.	Prob.	Antal obs	
2005					
Bladsvampar augusti	Regn under uppkomst	-0,4046	0,0064 **	44	
	Regn till radslut	-0,3118	0,0393 *	44	
	Regn under tillväxt	-0,4561	0,0019 **	44	
	Maxtemperatur under uppkomst	-0,3435	0,0224 *	44	
	Mintemperatur under uppkomst	0,0945	0,5417 NS	44	
	Medeltemperatur under uppkomst	-0,2355	0,1238 NS	44	
	Maxtemperatur till radslut	-0,2990	0,0487 *	44	
	Mintemperatur till radslut	-0,4282	0,0037 **	44	
	Medeltemperatur till radslut	-0,2515	0,0996 NS	44	
	Maxtemperatur under tillväxt	-0,0580	0,7086 NS	44	
	Mintemperatur under tillväxt	-0,4997	0,0006 **	44	
	Medeltemperatur under tillväxt	-0,0925	0,5504 NS	44	
	Bladsvampar september	Regn under uppkomst	-0,4902	0,0008 **	43
		Regn till radslut	-0,4002	0,0078 **	43
		Regn under tillväxt	-0,5728	<0,0001 ***	43
Maxtemperatur under uppkomst		-0,7050	<0,0001 ***	43	
Mintemperatur under uppkomst		-0,2928	0,0568 NS	43	
Medeltemperatur under uppkomst		-0,6262	<0,0001 ***	43	
Maxtemperatur till radslut		-0,6835	0,0001 **	43	
Mintemperatur till radslut		-0,5940	<0,0001 ***	43	
Medeltemperatur till radslut		-0,6474	<0,0001 ***	43	
Maxtemperatur under tillväxt		-0,3674	0,0154 *	43	
Mintemperatur under tillväxt		-0,5699	<0,0001 ***	43	
Medeltemperatur under tillväxt		-0,4201	0,0050 **	43	

IV. Lagringsjukdomar i sockerbetor

Inventeringen av betlager gjordes från senare delen av oktober till sista kampanjdagen i slutet av december och totalt besöktes 176 betlager under de tre åren. Variationen var stor över åren i hur många angripna betor som hittades och vilka patogener som isolerades (tabell 32). Mest *Fusarium* spp. isolerades år 2003 och då var *F. culmorum* och *F. avenaceum* mest frekventa, men även andra arter som *F. graminearum*, *F. equiseti*, *F. redolens* och *F. oxysporum* hittades. År 2004 fanns det väldigt få betor med symptom av svampangrepp i betstukorna och de som hittades var oftast angripna av *Botrytis cinerea* och detsamma gällde för år 2005, då hittades *Botrytis* i 70 % av betstukorna. Ingen *Rhizoctonia* hittades i de lagrade betorna under något av åren.

I synnerhet år 2003, hittades många betor med angrepp i nacken och på sidan med svart vävnad. Betorna kom ofta från torkstressade fält, där blasten hade vissnat ner under säsongen, men som hade fått vatten strax före upptagning. Från denna svarta vävnad kunde arter av *Fusarium* isoleras, och främst då *F. culmorum*. Dessa betor hittades mest i östra Skåne och på Gotland. Åren 2004 och 2005 var dessa symptom mer ovanliga, antagligen beroende på högre nederbördsmängd under augusti och september. Dessa betor med svarta nackar gav upphov till stora förluster och kvalitetsavdrag vid leverans till sockerbruket. En mer ingående undersökning på lagring och effekten av temperatur, plats och skadegrad utfördes inom projektet och redovisas i en separat rapport (Persson, 2006).

Tabell 32. Förekommande svamparter i betstukor år 2003-2005

Art	% av inventerade lager		
	2003	2004	2005
<i>Botrytis</i>	30	22	70
<i>Fusarium culmorum</i>	45	1	3
<i>F. avenaceum</i>	15	3	0
<i>F. oxysporum</i>	4	1	0
<i>F. redolens</i>	4	1	0
<i>F. graminearum</i>	6	1	0
<i>F. equiseti</i>	8	0	0
<i>Phoma</i>	2	0	0
Antal inventerade lager	53	93	30

Lagringsförsök

Det fanns signifikanta skillnader mellan olika odlingsplatser i % sockerförlust per dygn i 5°C lagringen såväl som i 25°C (tabell 33). Minskningen i sockerhalt efter lagring i 5°C varierade mellan 0,23 till 1,82 %-enheter. Lagring vid 25°C fick katastrofala följder för vissa platser, men inte alla. Bästa platsen klarade sig undan med en minskning av sockerhalten från 19 till 18 % medan sämsta platsen föll från 18 till under 10 %. Angreppet av mikroorganismer var ganska väl kopplat till graden av mekanisk skada vid höga temperaturer, men i den låga temperaturen fanns det endast samband för sockerförlust med svamp- och bakterieangrepp.

Tabell 33. Förlust av polsocker % per dygn och sockerhalt i försök med sockerbeter lagrade 33 dygn i 5°C och 25 dygn i 25°C

Odlingsplats nr.	Förlust av polsocker % per dygn		inlagring	Sockerhalt %	
	5°C	25°C		5°C	25°C
	1	0,12		0,60	17,88
2	0,17	0,50	18,71	17,84	16,92
3	0,14	2,07	18,06	17,49	9,47
4	0,28	1,88	18,87	17,26	10,69
5	0,16	1,50	19,15	18,25	12,91
6	0,33	1,43	20,42	18,60	14,25
7	0,03	0,26	19,20	18,97	18,14
8	0,10	0,61	19,07	18,49	16,58
LSD (5%)	0,11	0,45	0,56	0,60	2,05

Diskussion

Det utvecklade jordtestningssystemet har visat sig kunna förutsäga risken för rotbrandsangrepp i fält med stor säkerhet. Eftersom testsystemet ger optimala förhållanden för infektion av i första hand rotbrandspatogenerna *Aphanomyces* och *Pythium*, men även *Rhizoctonia*, blir fältrelevansen god vid odlingsförhållanden med mycket nederbörd då skörde-förluster brukar uppstå. Den bästa korrelationen erhöles 2003 då vädret under uppkomsten var mycket gynnsamt för rotbrands-svamparna. Både år 2004 och år 2005 var betydligt nederbördsfattigare vilket gjorde att det endast blev måttliga rotbrandsangrepp i fält. Marksmittan av rotbrandspatogenerna får anses som stor i odlingsområdet, med ett årligt genomsnitt för sjukdomsangreppet i testet i provrutorna varierande från 48 år 2003 till 57 år 2004. Jämförelsen mellan de två metoderna för avläsning, ”frekvensmetoden” (Ewaldz, 1987) och ”symptommetoden” (Larsson och Gerhardson, 1990) visade på god överensstämmelse, men frekvensmetoden tog inte hänsyn till mindre angrepp som inte dödar plantan och får därför anses som något grövre. Med ”symptommetoden” går det även att bedöma angrepp av andra patogener i jorden som t ex *Fusarium*.

Klassificering av sjukdomsindexet från jordtesten i tre grupper indikerade att högt sjukdomsindex var signifikant korrelerat med förekomst av *A. cochlioides*, *F. culmorum*, *F. oxysporum* och *F. equiseti* (tabell 8). Uppdelning av de 134 jordarna i grupper efter stigande sjukdomsindex i jordtestet visade att polsockerskörden minskade med 28 % i den mest smittade gruppen jämfört med den minst smittade gruppen i medeltal över de tre åren (tabell 20). Plotten mellan sjukdomsindex och polsockerskörd visar att för jordar med rotbrandsindex 60 och över (grupp tre och fyra) har skörden minskat med 57 kg polsocker för varje enhets ökning i sjukdomsindex i medeltal över de tre åren (figur 7). Den låga förklaringsgraden ($r^2 = 0,1$) kan förklaras bl a med att materialet representerar tre olika år, att provrutorna såddes vid olika tidpunkter och hade olika betsorter. Formeln indikerar att en höjning av sjukdomsindex med 10 enheter t ex från 60 till 70, kan medföra en skördesänkning på $10 \cdot 60$ kg dvs ca 600 kg polsocker/ha. Slutsatsen utifrån tre års jordtester med olika årsmån och isoleringar av patogener i växthus och fält blir att testet är användbart i

praktiska sammanhang och ger en prognos för smittoläget i jorden av *Aphanomyces* och *Pythium* men även andra patogener som *Rhizoctonia* och *Fusarium* spp. Betodling på jordar med höga sjukdomsindex ger alltid en stor uppförökning och ofta en skördeförlust.

Från plantor med mörkfärgad och insnörd rothals isolerades oftast *A. cochlioides* och då angrepp av detta slag är förhållandevis allvarliga måste denna patogen anses som den viktigaste rotbrandspatogeneren på sockerbetor i Sverige, vilket även visades i patogenitetstesten (figur 2). Olika arter av *Pythium* hittades och år 2003, när isolaten identifierades på artnivå konstaterades *P. ultimum* vilken är känd som betpatogen i många undersökningar (Brantner och Windels, 1998, Knudsen et al., 2002), och *P. sylvaticum* vilken är känd som patogen på spenat (Larsson, 1994). *Rhizoctonia* hittades endast i ett färre antal jordar och i patogenitetstesten gav isolaten inga synliga angrepp eller påverkan på bladmassa. Detta kan bero på att testen inte var lämplig för denna art eller att isolaten tillhör någon annan anastomosis grupp som inte är patogen på betor (Rush et al., 1994). Förvånande nog hittades aldrig någon art av *Phytophthora* på betor under de tre åren, vilket är oväntat eftersom den finns på spenat i området, och på betor i andra delar av världen (Whitney och Duffus 1998, Tian och Babadoost, 2004). *Phoma betae* hittades endast i några fåtal jordar och får nog anses som utan betydelse i vårt område. Alla dessa arter anses ingå i rotbrandskomplexet, men i denna undersökning blir slutsatsen tveklöst att *A. cochlioides* ger störst angrepp och förluster, medan *Rhizoctonia* har en mycket mindre betydelse.

Patogenitetstesten indikerade även att isolat av *F. culmorum* gav upphov till relativt höga sjukdomsindex på sockerbetor. Det konstaterades även att *F. culmorum* infekterade torkstressade betor senare på säsongen och gav förluster under lagring och dålig kvalitet vid leverans. Denna art har en mycket vid värdkrets och kan förorsaka både stam- och rotröta på bl a ärt, klöver, majs, spannmål och axfusarioser i spannmål (Desjardin, 2006). *Fusarium culmorum* var vanligare i korta växtföljder, vilket kan bero på att betor och spannmål som är goda värdväxter, förekommer ofta i växtföljden. I längre växtföljder finns det ofta andra avbrottsgrödor som håller nere infektionsnivån. Dessa resultat tyder på att *F. culmorum* finns närvarande i många svenska jordar, uppföras av många värdväxter och ger förluster som vid vissa betingelser kan bli betydande.

Andra arter som hittades på betrotten var *F. oxysporum*, *F. avenaceum*, *F. graminearum*, *F. redolens* och *F. equiseti*. Dessa arter uppträder på olika sätt på grödor i växtföljden. *Fusarium avenaceum* och *F. graminearum* är vanliga på framförallt spannmål, i strå och ax och producerar olika toxiner. *Fusarium avenaceum* ger rotbrand på fröplantor hos många olika växter, *F. equiseti* har påträffats i spenat och gav där rotröta, *F. oxysporum* och *F. redolens* är vanlig på ärtrotten. De flesta av dessa arter uppnådde inte fullt så höga sjukdomsindex i patogenitetstesten, men några isolat av *F. oxysporum* gav rotröta med höga sjukdomsindex på sockerbetor. Denna art består av ett komplex med olika undergrupper som är patogena på olika värdväxter och anges som *forma speciales* (*f. sp.*) då sexuellt stadium inte är känt (Desjardin 2006). Många *forma speciales* ger upphov till vissnesjuka och så är fallet med *F. oxysporum f. sp. betae* som finns i flera delstater i USA bl a i Colorado, Montana, Minnesota and North Dakota, och visar sig som gula kloroser på bladen, vissnande halva blad och bruna kärldrängar (Hanson och Jacobsen, 2006; Windels et al., 2005). I Europa har däremot inga bruna kärldrängar påträffats (pers. medd. H. Schneider, IRS). I svenska undersökningar har *F. oxysporum* påträffats som rotrötepatogen även på andra arter som ärt (Persson et al., 1997). Detta tyder på att isolat specialiserade för vissnesjuka inte finns i svenska jordar och/eller att specialiseringen som kärldrängpatogen ännu inte har skett här möjligtvis i kombination med ett olämpligt klimat.

Förekomsten av en del patogena arter kunde till viss del härledas till odlingstekniken och växtföljd och exempelvis vårplöjning och tidig sådd var båda positivt och signifikant korrelerade med förekomst av *F. redolens*. Omvänt så gällde att höstplöjning och sen sådd motverkade angrepp av *F. redolens*. *Fusarium culmorum* var negativt korrelerad till långa växtföljder medan

F. oxysporum var positivt korrelerad med långa växtföljder och havre, och negativt korrelerad till oljevaxter. Odlingssystemförsöken på Bollerup har en sexårig växtföljd, vilket kan betraktas som långt och *F. oxysporum* fanns inom delar av försöket medan *F. culmorum* inte fanns alls. Oljevaxter fanns enbart i A-ledet där *F. oxysporum* inte förekom och havre förekom i C- och D-ledet som grönfoder. Åkerböna förekom i växtföljden i led C och D tillsammans med havre och i E-ledet som renbestånd vilket också kan förklara förekomsten av *F. oxysporum* (Alves-Santos, 2002, Cramer et al., 2003). Dessa samlade resultat angående arter av *Fusarium* som fram till nu inte betraktats som rotbrands patogener på sockerbetor, men som ändå finns i stor frekvens i betans rotmiljö, tyder på att artvariationen är stor från fält till fält, att förekomsten till viss del beror på växtföljd och odlingsteknik och att de antagligen orsakar en icke helt obetydlig skörde förlust, kanske i kombination med andra skadegörare som nematoder.

Korrelationsanalys av jordparametrar och sjukdomsindex från jordtesten i växthus visade att sjukdomsindex var negativt signifikant korrelerat med pH, ledningstal, K-AL, Mg-AL och Ca-AL. Den grupp av provrutor som hade högst sjukdomsindex, utmärkte sig med förhållandevis låga värden för pH, K-AL, Mg-AL, ledningstal och Ca-AL. Gruppen med lägst sjukdomsindex i jordtestet hade också högst kalcium-tal (Ca-AL > 400 mg/100 g ts). Samtidigt kan det också konstateras att det inte fanns några signifikanta skillnader mellan grupperna för parametrar som CEC, organiskt kol, P-AL, ler, silt, sand och grus. Liknande mönster framträdde vid analys av rotbrand i de fem bördighetsförsöken i Skåne där växtföljden har varit fyraårig, med betor samma år på alla platser sedan 1957. De fem platserna representerar olika skånska jordtyper som även täcks in i vår undersökning. Försöket vid Fjärdingslöv hade lägst rotbrandsangrepp i både jordtest och fält i ögödslat led A0 och gödslat led C2 av alla platser och samtidigt är Ca-AL, Mg-AL och pH högst jämfört med övriga platser (tabeller 27-28). Andra undersökningar i området som handlat om sjukdomshämmande jordar mot ärtrotträta orsakad av *Aphanomyces euteiches* indikerar också mindre förekomst av patogenen vid höga värden för Ca-AL och vid höga pH (Persson och Olsson, 2000). Samtliga dessa värden tycks vara indikatorer på att en jord har sjukdomshämmande effekt mot jordburna svampsjukdomar. Jordar med låga värden för dessa variabler förefaller alltså att oftare vara drabbade av rotbrand.

Ledningstalet är en sammanfattning av en jords ledningsförmåga, vilken beror på mängden joner i markvätskan och hit räknas då bl a Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ samt H^+ . Även mängden organiskt material samt innehåll och typ av lermineral kan påverka ledningstalet. Den grupp av jordar som hade lägst sjukdomsindex hade också högst genomsnittligt ledningstal, 1,12 mS/cm, vilket tyder på att höga ledningstal, med vissa fria joner i markvätskan, skulle kunna hämma infektionen. I en studie av rotträta orsakad av *Phytophthora cryptogea* på krukväxter av Gerbera i växthus visade Thinggard och Andersen (1995) att sjukdomsangreppen kunde reduceras med över 50 %-enheter genom att höja ledningstalet från 1,5 till 2,2 mS/cm.

Donaldson och Deacon (1993) fann i en undersökning på zoosporer av *P. aphanidermatum* att divalenta katjoner (Ca^{2+} , Mg^{2+} , Mn^{2+} , Sr^{2+}) påverkade zoosporerna så att de ändrade sitt rörelsemönster och började simma runt i cirklar istället för enligt det typiska och normala rörelsemönstret för många oomyceter, dvs i utdragna spiraler följt av abrupta vändningar. Zoosporerna visade inte längre någon chemotaxis till växtrötter eller gjorde undanmanövrer vid kollisioner. Däremot påverkade inte monovalenta katjoner (K^+ , Na^+ , Li^+) zoosporernas sätt att röra sig. Heyman et al. (2006) har även kunnat visa att produktionen av zoosporer av *A. euteiches* minskar vid högre halter av Ca^{2+} i vatten och att detta även visar sig som lägre angrepp vid tillförsel av icke pH-höjande Ca-salter till smittad jord i växthus.

Enligt resultaten i denna studie finns det skäl att se över sitt odlingssystem vid ledningstal lägre än 0,7 mS/cm. Gränsvärde för andra variabler under vilka man inte bör ligga kan vara Ca-AL < 250, Mg-AL < 7,5 samt K-AL < 9 mg/100 g ts. Som en jämförelse kan nämnas att den grupp av

jordar med allra högst risk för rotbrandsangrepp i denna studie hade Ca-AL = 188, Mg-AL = 6,8 samt K-AL = 7,8 mg/100 g ts. Den grupp med allra lägst risk för rotbrandsangrepp hade Ca-AL = 430, Mg-AL = 10,6 samt K-AL = 10,8 mg/100 g ts. Dessa värden möjliggör nu att åtgärder kan vidtas för att höja för låga värden genom exempelvis tillförsel av kalk, men den viktigaste målparametern är inte pH utan Ca-halten i markvätskan.

Vid en uppdelning av jordarna i olika grupper efter Ca-AL-värde visade variansanalysen att sjukdomsindex sjönk med stigande Ca-AL-värde i jordarna och gruppen med lägst sjukdomsindex var signifikant skild från den med högst sjukdomsindex. Ca-AL-gruppen med högst sjukdomsindex hade också lägst CEC, lerhalt och organiskt kol. Sambandet mellan stigande sjukdomsindex och sjunkande CEC, lerhalt och organiskt kol var också mycket tydligt. Parametrarna CEC och lerhalt är de som i analysen av jordarna är de mest opåverkbara och till största del bestäms av de kvartärgeologiska förhållandena i området. CEC bestäms förutom av lerhalten och andel organiskt material även av lermineralogin. För ett urval av jordarna i denna undersökning beräknades ett smektit-vermikulitindex (S. Olsson, Geochimica), betecknat SmV. Ju högre denna kvot är desto högre är andelen av smektit och vermikulit i jorden jämfört med kaolinit och illit. Både smektit och vermikulit är silikatmineral av typen 2:1 vilket betyder att varje lager är uppbyggt av två tetraederskikt och ett oktaederskikt som båda är negativt laddade. De hålls därför samman av positiva joner (katjoner). Dessa utbytbara katjoner står i jämvikt med katjoner i marklösningen. Detta gör att smektit och vermikulit har förmåga att buffra förändringar i markvätskans sammansättning (Eriksson, Nilsson och Simonsson 2005). Båda dessa mineral har mycket hög katjonutbyteskapacitet (CEC), för vermikulit är den mellan 100 – 150 cmol_c/kg och för smektit 80 – 120 cmol_c/kg. Även illit är ett silikatmineral av typen 2:1 och katjonutbyteskapaciteten för illit ligger på mellan 20 – 40 cmol_c/kg (Eriksson, Nilsson och Simonsson 2005). Illit är en viktig kaliumkälla för växterna och att kaliumtalet för jordarna med högt sjukdomsindex är låga hänger samman med att dessa också har lite lägre lerhalt och då även har mindre mängder av illit. Lermineral av typen 1:1 tillhör gruppen kaolinitmineral och katjonutbyteskapaciteten är mycket låg, ca 2 – 10 cmol_c/kg.

Variansanalyserna mellan de olika grupperna enligt SmV visade att det inte fanns någon signifikant skillnad mellan grupperna för sjukdomsindex, Ca-AL, Mg-AL, K-AL, P-AL, organiskt kol och pH. Men det innebär ändå att lerfraktionen i jordarna med lågt sjukdomsindex och hög CEC har ett högt smektit-vermikulitindex. CEC är ett mått på en jords förmåga att elektrostarkt binda katjoner i utbytbar form och då denna förmåga är stor hos smektit och vermikulit förmår dessa jordar att lätt frigöra Ca²⁺ i utbyte mot vätejoner som avgivits av någon växt. Den högre halten av Ca²⁺ i markvätskan skulle kunna förklara varför sjukdomsindex är lägre i jordar där lermineralen i huvudsak utgörs av smektit och vermikulit och även varför ledningstalet är högre i dessa jordar. Sambanden mellan Ca-AL, CEC, pH och lerhalt förklaras med att jordar med höga värden av dessa parametrar till stor del återfinns i områden med kalkberggrund vilket är sydvästra delen av Skåne och till viss del även Kristianstad. I Kristianstadsområdet finns dock även lättare jordar med högt pH och Ca-AL-värde. Sambanden mellan jordparametrarna ger en förklaring till varför rotbrand inte uppstår i vissa delar av odlingsområdet trots att betor odlas ofta i växtföljden och klimatet är gynnsamt för infektion. Jordarna är naturligt sjukdomshämmande. I områden som saknar detta naturliga skydd måste åtgärder vidtas för att hindra angrepp och möjliga åtgärder för att korrigera de markfaktorer som hänger samman med hög risk för rotbrandsangrepp kan vara tillförsel av kalcium i olika form.

Inventeringen av lagringsskadegörare visade att *Botrytis* och arter inom *Fusarium* var vanligt förekommande i betstukorna. Angreppen varierade över åren och *Fusarium culmorum* var vanligast 2003. Detta år var det vanligt att i östra delarna av odlingsområdet hitta betor med svarta nackar, vilket visade sig vara orsakat av denna art. Angreppen var kopplade till torkstressade betor och fanns mest i fält där blasten hade vissnat ner och där det sedan kom regn. Även i England har man

funnit betor med svarta nackar orsakade av *F. culmorum* i betstukor, speciellt under år med torra somrar (Cook och Walters 1998, Francis 2000a). Andra data i undersökningen tyder på att *F. culmorum* finns i betans rotmiljö från sådd och kan angripa när tillfälle ges. Svampen kan överleva i marken på förmultnande växtdelar (Francis 2000a). *Botrytis* är den mest traditionella lagringssjukdomen men förekommer på betor mest i samband med mekaniska skador. Kroniska symptom på rotröta orsakad av *A. cochlioides* förvärras inte under lagringen och kan därför inte anses som ett lagringsproblem.

Lagringsförsöken gav ett medelvärde för förlusten vid 5°C över de åtta platserna på 0,17 % polsocker per dygn med extremvärdena 0,03 och 0,33 % förlust per dygn. Normalt räknar man med en förlust på 0,10 % polsocker per dygn vid en optimal lagring (pers.medd. R. Olsson, SBU). Vid den höga temperaturen 25°C var medelförlusten 1,11 % polsocker per dygn och extremvärdena var 0,26 och 2,07 % förlust per dygn. Det fanns ingen entydig trend att en plats med hög förlust av socker vid lagring i 25°C också hade haft en hög förlust vid 5°C. I ett räkneexempel med en fiktiv leverans av 100 ton rena betor från varje plats minskade mängden utvinnbart socker med mellan 0,16 och 1,5 ton efter lagring vid 5°C men, med hela 12,5 ton socker vid 25°C i det värsta fallet. Angreppen bestod av svamp men även av bakterier i den högre temperaturen och vävnadens utseende påminde om frostsador. Fullständigt angripna betor förekom endast i den höga temperaturen och från platserna 3, 4, 5, och 6. Resultaten från de olika odlingsplatserna säger att det finns ett samband mellan mekaniska skador och mikrobiellt angrepp och förluster i socker som respiration och utvinnbarhet, men att det även kan finnas samband mellan odlingsplats och förluster. Slutsatserna från arbetet kring lagringssjukdomar i sockerbetor är att betor med angrepp av *F. culmorum* som svarta nackar inte ska lagras. Dessa symptom syns redan vid upptagning och är en tydlig signal. Engelska betodlare uppger att symptomen syns redan i fält och de understryker värdet av att inspektera fälten noga innan skörd så att endast friska betor läggs in i långtidslager (Cook och Walters 1998). Väl i lagret är *Botrytis* en viktig skadegörare och den finns i stort sett överallt i luft och jord och angriper betorna på mekaniska skador. I lagret tycks temperaturen och mekaniska skador vara de enskilt viktigaste faktorerna för att undvika stora förluster, men om temperaturen är låg kan även mekaniskt skadade betor lagras, även om förlusterna för dessa är större än för oskadade.

Även då förekomsten av jordburna svampar varit vårt huvudsakliga mål har projektet även gett information kring angrepp av bladsvampar på sockerbetor. Bladsvampsindexet som beräknades för varje parcell var framtaget för att få en uppfattning om bladsvamparnas sammantagna effekt på skörden. Bladsvampsindexet utgörs av fläckar orsakade av i huvudsak två arter, nämligen *Ramularia beticola* och *Cercospora beticola*. Under de tre åren var det framförallt dessa två som var rikligt förekommande. Rost och mjöldagg förekom i begränsad omfattning. Angreppen av mjöldagg var störst 2005.

Temperatur har stor betydelse för utvecklingen av sjukdomsförloppen hos de olika bladsvamparna. *Ramularia* är en svamp som angriper sockerbetor i framförallt kallt (17 till 20°) och fuktigt klimat. Svampens mycel tillväxer optimalt vid 18 till 20°C, vid 25°C upphörde tillväxten helt (Hestbjerg et al., 1994). *Ramularia* är den vanligaste bladsvampen i de skandinaviska länderna och dominerade också i denna undersökning. *Ramularia beticola* förökar sig asexuellt med konidiesporer som sprids med vind och regnstänk. Sporerna gror på bladytan och växer in i bladet genom stomata (Francis 2000c). Det är inte helt klart hur *Ramularia* övervintrar. Det är möjligt att den överlever i förmultnande växtdelar och kanske också på någon sekundär värdväxt. *Cercospora* är en svamp som till skillnad från *Ramularia* trivs vid högre temperaturer och är därför inte så allvarlig i de skandinaviska länderna. Optimala förhållanden är temperaturer mellan 25 och 35°C med nattetemperaturer över 16°C och en relativ fuktighet på 90 – 95 %. Inte heller *Cercospora* har

något känt sexuell stadium. Det viktigaste spridningssättet är med små stromata som är små "nystan" av hyfer. Vid rätt betingelser bildas konidieforer med sporer på stromata (Francis 2000b).

Nederbördsdata för åren 2003-2005 visar att det fanns en negativ korrelation mellan bladsvampsindex och regn under uppkomsten och tillväxtperioden, dvs regn gav lägre bladsvampsindex. En möjlig förklaring till varför regn under tillväxtperioden skulle ge lägre bladsvampsindex kan vara att en optimal tillgång på vatten under tillväxten ger betor med god tillväxt och möjlighet till försvar. I en undersökning av Hestbjerg och Dissing (1995) studerades koncentrationen av conidier av *R. beticola* i luften över tre betfält i Danmark. De fann att ångtryck och relativ fuktighet (RH) de senaste 24 h hade störst betydelse för spridning av konidierna med vind. Efter perioder med högt ångtryck och hög RH fanns det höga koncentrationer av konidier i luften. Följs en sådan topp av perioder med hög bladfuktighet är förhållandena för infektion gynnsamma och bladfläckar uppträder inom två till tre veckor. Författarna fann inget uppenbart samband mellan regn och solinstrålning 24 h innan en topp av konidier i luften.

Det var också tydligt att hög medeltemperatur under bladanläggningsperioden och tillväxtperioden medförde högre angrepp i augusti. Bladsvampsangreppen i september var negativt korrelerade med medeltemperatur under bladanläggning, dvs en hög medeltemperatur gav låga angrepp. Dessa resultat får tolkas utifrån den optimala temperaturen för tillväxt av *Ramularia* hyfer som är mellan 17 och 20°C (Hestbjerg et al., 1994). Vid temperaturer över och under detta intervall inhiberas tillväxten av mycelet snabbt.

Korrelationerna som räknats fram mellan bladsvampsindex och odlarnas åtgärder i fält antyder att olika åtgärder kan gynna eller missgynna bladsvampsangreppen senare på säsongen. Sambanden kan vara komplicerade genom att jordbearbetningsmetoder kopplat till jordart, vilket i sin tur kan påverka patogenernas biologi. I analyserna framkom att stubbearbetning före betorna medför lite mer *Ramularia*-angrepp, vilket kan bero på att växtresterna sönderdelas i marken och konidier får lättare för att frigöras kommande säsong. Lägre angrepp av *Ramularia* efter vårplöjning kan bero på att ytliga växtrester med konidier vänds ner i jorden där de förmultnar och även att konidiernas överlevnad påverkas negativt av väder och vind då de lämnas på markytan under vintern.

När det gäller *Cercospora* så ökade angreppen efter vårplöjning, medan höstplöjning missgynnade angreppen. Genom att plöja ner växtresterna förkortas överlevnaden för stromata till ca två år (Wolf och Verreet 2005) och höstplöjning är kanske effektivare än vårplöjning för att reducera överlevnadsförmågan av *Cercospora*. Undersökningar från Holland (Vereijssen et al., 2004) tyder på att *Cercospora* skulle kunna vara en jordburen patogen som kan ta sig in via rötterna och infektera sockerbetorna. Detta kanske kan medföra att stromata som plöjs ner på våren snabbt kan angripa växande betrötter.

När det gäller växtföljden så fanns det ett tydligt samband mellan antal år mellan betorna och angreppen av *Ramularia*. Vid intervaller på 4 till 5 år mellan betorna ökade risken för angrepp av *Ramularia* medan intervaller på mer än sju år minskade risken för angrepp. Även de grödor som finns med i växtföljden har betydelse för *Ramularia*-angreppen och det fanns ett tydligt samband med att det tidigare odlats spenat eller rödbetor på fältet. Det fanns en negativ koppling mellan förekomst av oljeväxter i växtföljden och angrepp av *Cercospora*, dvs oljeväxter i betväxtföljden minskade angreppen. Trots att patogenerna är vindspridna finns det en variation mellan fälten som är kopplad till odlingsåtgärder och växtföljd, vilket ger framtida möjligheter att bekämpa bladsvamparna.

Referenser

- Alves-Santos, F. M., Ramos, B., Asuncion Garcia-Sanchez, M., Eslava, A. P. och Maria Diaz-Minguez, J. 2002. A DNA-based procedure for in planta detection of *Fusarium oxysporum* f. sp. *phaseoli*. *Phytopathology* 92 (3): 237-244.
- Amman, L., Bergaya, F. och Lagaly, G. 2005. Determination of the cation exchange capacity of clays with copper complexes revisited. *Clay minerals* 40, 441-453.
- Brantner, J. R. och Windels, C. E. 1998. Variability in sensitivity to metalaxyl in vitro, pathogenicity, and control of *Pythium* spp. on sugar beet. *Plant disease* 82 (8): 896-899.
- Cook, J. och Walters, C. 1998. Quality beet storage. *Brittish sugar beet review* 66 (1): 38-39.
- Cramer, R. A., Byrne, P. F., Brick, M. A., Panella, L., Wickliffe, E. och Schwartz, H. F. 2003. Characterization of *Fusarium oxysporum* isolates from common bean and sugar beet using pathogenicity assays and random amplified polymorphic DNA markers. *Journal of phytopathology* 151:352-360.
- Desjardin, A. E. 2005. *Fusarium* mycotoxins Chemistry, genetics and biology. USDA. The American Phytopathological Society, St Paul, Minnesota, USA. APS Press.
- Donaldson, S. P. och Deacon, J. W. 1993. Changes in motility of *Pythium* zoospores induced by calcium and calcium-modulating drugs. *Mycological research* 97 (7): 877-883.
- 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.
- Ewaldz, T. 1987. Rotbrand i sockerbetor - en pilotstudie. Examensarbete 1987: 12, Institutionen för växt- och skogsskydd, Sveriges Lantbruksuniversitet, Uppsala.
- Francis, S. 2000a. Biology of sugar beet storage rots. *Brittish sugar beet review* 68 (1): 42-44.
- Francis, S. 2000b. Biology of *Cercospora* leaf spot. *Brittish sugar beet review* 68 (3): 25-28.
- Francis, S. 2000c. Biology of *Ramularia* leaf spot. *Brittish sugar beet review* 68 (2): 44-46.
- Hanson, L. E. och Jacobsen, B. J. 2006. Beet root-rot isolates of *Fusarium oxysporum* from Colorado and Montana. *Plant disease* 90: 247.
- Hassmén, P. och Koivula, N. 1996. Variansanalys. Studentlitteratur.
- Hestbjerg, H. och Dissing, H. 1995. Studies on the concentration of *Ramularia beticola* conidia in the air above sugar beet fields in Denmark. *Journal of Phytopathology* 143: 269-273.
- Hestbjerg, H., Wolffhechel, H. och Dissing, H. 1994. Development of *Ramularia* leaf spot on sugar beet as influenced by temperature and the age of the host plant. *Journal of Phytopathology* 140: 293-300.
- Heyman, F. 2006. Influence of calcium on soil suppressiveness against *Aphanomyces* root rot of pea. Överlämnad för publicering.
- Knudsen, I. M. B., Larsen, K. M., Funck Jensen, D. och Hockenhull, J. 2002. Potential suppressiveness of different field soils to *Pythium* damping-off of sugar beet. *Applied soil ecology* 21: 119-129.
- Larsson, M. 1994. Prevalence and pathogenicity of spinach root pathogens of the genus *Pythium* in Sweden. *Plant pathol.* 43:261-268.
- Larsson, M. och Gerhardson, B. 1990. Isolates of *Phytophthora cryptogea* pathogenic to wheat and some other crop plants. *Journal of Phytopathology* 129:303-315.
- Manly, B. F. J. 1994. *Multivariate statistical methods. A primer*, second edition, Chapman & Hall.
- 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.

- Nirenberg, H. I. 1976. Untersuchungen über die morphologische und biologische Differenzierung in der *Fusarium*-Sektion *Liseola*. Mitt. Biol. Bundesanst. Land. Forstwirtschaft. Berlin-Dahlem 169:1-117.
- Olsson, R. 2000. Såtidpunktens inverkan på sockerskörden på Ädelholm. Försöksrapport Sockernäringsens BetodlingsUtveckling. www.sockerbetor.nu.
- Olsson, Å. 2002. Rotbrand på sockerbetor. Betodlaren 3: 28-32.
- Persson, L. Lagringsförsök med sockerbetor 2005 - Lagringsduglighet och odlingsplatsens betydelse. Försöksrapport Sockernäringsens BetodlingsUtveckling. www.sockerbetor.nu.
- Persson, L., Bødker, L., and Larsson-Wikström, M. 1997. Prevalence and pathogenicity of foot and root rot pathogens of pea in southern Scandinavia. Plant Dis. 81:171-174.
- Persson, L. and Olsson, S. 2000. Abiotic characteristics of soils suppressive to *Aphanomyces* root rot. Soil Biol. Biochem., 32; 1141-1150.
- Rush, C. M., Carling, D. E. och Harveson, R. M. 1994. Prevalence and pathogenicity of anastomosis groups of *Rhizoctonia solani* from wheat and sugar beet in Texas. Plant disease 78 (4): 349-352.
- Thinggard, K. och Andersen, H. 1995. Influence of watering frequency and electrical conductivity of the nutrient solution on *Phytophthora* root rot in pot plants of Gerbera. Plant disease 79 (3); 259-262.
- Tian, D. och Babadoost, M. 2004. Host range of *Phytophthora capsici* from Pumpkin and pathogenicity of isolates. Plant disease 88 (5): 485-489.
- Waalwijk, C., Kastelein, P., de Vries, I., Kerényi, Z., van der Lee, T., Hesselink, T., Köhl, J., and Kema, G. 2003. Major changes in *Fusarium* spp. in wheat in the Netherlands. European Journal of plant pathology 109: 743-754.
- Vereijssen, J., Schneider, J. H. M. och Termorshuizen, A. J. 2004. Possible root infection of *Cercospora beticola* in sugar beet. European journal of plant pathology 110: 103-106.
- Whitney, E. D. och Duffus J. E. 1998. Eds. Compendium of beet diseases and insects. APS press.
- Windels, C. E., Brantner, J. R., Bradley, C. A. and Khan, M. F. R. 2005. First report of *Fusarium oxysporum* causing yellows on sugar beet in the Red River Valley of Minnesota and North Dakota. Plant disease 89: 341.
- Wolf, P. F. J. och Verreet J. A. 2005. Factors affecting the onset of *Cercospora* leaf spot epidemics in sugar beet and establishment of disease-monitoring thresholds. Phytopathology 95 (3): 269-274.

Publikationer inom projektet

Persson, L. och Olsson, Å. 2004. Projekt jordburna svampar – första årets erfarenheter. *Betodlaren* 2: 51-54.

Ingemarsson, A. 2004. Kalk och gödsel har effekt på rotbrand. *Betodlaren* 2: 59-61.

Ingemarsson, A. 2004. Organiska gödselmedel mot angrepp av jordburna svampar i sockerbetor och spenat. Examensarbete, SLU.

Persson, L. and Olsson, Å. 2005. Relation between occurrence of *Aphanomyces cochlioides* and physicochemical soil factors. Poster, 68th congress of the IIRB, 20-23 June, Maastricht.

Olsson, Å. and Persson, L. 2006. Occurrence and control of soil borne fungi (*Aphanomyces cochlioides* and *Fusarium* spp.). Presentation Pest and disease meeting, IIRB, 24-26 May, Sevilla.

Persson, L. och Olsson, Å. 2006. Rotbrandssvampar och våra betodlingsjordar. *Betodlaren* 2: 38-41.

Presentationer årligen på SBU:s sommar- och vintermöte för handel, rådgivare och försöksvärdar.

Planerade publikationer

Rotbrandssvampar och våra betodlingsjordar, del 2. *Betodlaren* nr 3, 2006.

Rotbrandssvampar och våra betodlingsjordar, del 3. *Betodlaren* nr 4, 2006.

Rotbrandssvampar och våra betodlingsjordar, del 4. *Betodlaren* nr 1, 2007.

Presentation och poster på IIRB sommarkongress Marocko 2007.

Vetenskaplig publicering, 2 artiklar.