

## **Slutrapport för projektet ”Åtgärder mot förluster av svampangrepp i sockerbetor under odling och lagring”**

### **Bakgrund**

Projektet är delvis en fristående fortsättning på de resultat som kom fram inom 4T-projektet avslutat 2002. Resultaten från 4-T indikerade att svampangrepp hade en stor inverkan på sockerskörden och i kombination med markparametrar som pH. Dessutom har undersökningar på SBU visat en tydlig geografisk variation i kronisk rotbrand orsakad av rotbrandspatogenen *Aphanomyces cochlioides* (Olsson, 2002). Detta gav underlag för ett projekt indelat i tre delar. Syftet med det första delprojektet " Åtgärder mot jordburna svampsjukdomar i sockerbetor " var att utveckla ett jordtest som kunde användas för att uppskatta mängden smitta av jordburna svampar i en jord samt vilka arter som förekommer. Jordtestet gjorde det möjligt att kartlägga eventuella samband mellan kemisk-fysikaliska markfaktorer och angrepp av jordburna svampar. Utifrån dessa samband och med analyser av befintliga växtföljdsförsök, odlingssystemförsöket på Bollerup samt de skånska bördighetsförsöken, redovisas analyserbara och påverkbara markfaktorer som tillsammans med anpassning av växtföljden kan minska svampangreppen i svensk betodling.

Lagringssjukdomar hos betor var temat för den andra delen av projektet. Lagringsperioden för sockerbetor kommer i framtiden att bli längre än tidigare och det blir allt viktigare att kvaliteten bibehålls under lagring med så lite förluster som möjligt. Det har till stor del varit okänt vilka patogener som orsakar förluster under lagring och vilka faktorer, både under tillväxt och lagring, som är av avgörande betydelse för angreppen. Ett av delmålen var att identifiera faktorer som var av betydelse för om lagring var lämplig av det aktuella betmaterialet.

Bladsvampar kom att utgöra den tredje och sista delen i projektet. Undersökningar vid SBU har visat att bladsvampar kan ge betydande förluster under den sista tillväxtperioden. Registrering i Sverige av nya kemiska preparat har givit möjligheten att bekämpa bladsvampangreppen och projektet gav möjligheten att få data kring utbredning och angrepp av bladsvampar i odlingsområdet.

### **Material och metoder**

#### *Försöksuppläggning och analyser*

Ärligen lades ca. 45 provtytor ut på fält i de olika odlingsregionerna i Skåne under åren 2003-2005, totalt 134 stycken. Provrutorna lades på fält med olika grad av jordsmitta av rotbrand. Varje ruta var 20 x 20 meter för att få en enhetlig jordtyp och så liten variation av rotbrandssmitta som möjligt inom varje ruta. Innan sådd av betor i provrutorna i mars-april, togs ett samlingsjordprov inom ytan 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 rotbrandspotentialen.

Jordproven analyserades för en rad olika biologiska och kemisk-fysikaliska parametrar. Antalet nematoder analyserades av Nematodlaboratoriet på Alnarp, SLU. Kornstorleksfördelning, pH, koncentration av näringsämnen K, P, Mg och Ca enligt extraktion med ammoniumlaktat (AL), ledningstal analyserades av AnalyCen, Kristianstad. Organiskt kol, katjonutbytes kapacitet (CEC), samt analys av lermineralogin utfördes av Docent Siv Olsson, Geochimica. Organiskt och karbonatbundet kol bestämdes genom stegvis upphettning i en Lecougn (Carbon Analyzer RC-412) och registrering av koldioxidavgång. CEC bestämdes på material <2 mm genom utbyte med koppar (II)-trietylentetramin enligt Meier & Kahr (1999) och Amman et al (2005). Lerfraktionens mineralogiska sammansättning (<0,002 mm) bestämdes genom röntgendiffraktionsanalys (XRD) på orienterade s.k. Dreverpreparat (Drever, 1973) med en Philips diffraktometer. Identifieringen baserades effekten efter olika behandlingar: 1) magnesiummättat prov torkat i luft vid rumstemperatur; 2) magnesiummättat prov behandlat med etylenglykol under 48 timmar vid 60° C; och 3) upphettning till 550° C under 3 timmar. En semi-kvantitativ utvärdering av proportionerna av de olika lermineraltyperna gjordes och uttrycktes som ett smektit/vermikulitindex (Persson och Olsson, 2000).

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

Jordproven blandades och fördelades på sex krukor. I varje kruka såddes tio obetade betfrön av sorten Envöl (år 2003 och 2004) eller Sapporo (år 2005) och placerades i växthus (19°C på natten, 23°C på dagen och extra belysning 16 timmar/dag). Jordarna vattnades varje dag till fältkapacitet för att få optimala förhållanden för infektion. Krukorna inspekterades dagligen och döende plantor markerades med en sticka. Fyra veckor efter sådd togs plantorna ur jorden, tvättades i vatten och bedömdes med avseende på rotbrandsangrepp enligt Larsson och Gerhardsson (1990) för bedömning av rotbrand på spenat: 0 = inga synliga symptom, 10 = cirka 10% av rotsystemet mörkfärgat, 25 = cirka 50% av rotsystemet mörkfärgat, 50 = hela rotsystemet mörkfärgat men inga symptom på hypokotylen (rothalsen), 75 = hela rotsystemet och hypokotylen mörkfärgat, 100 = plantan död. Ett genomsnittligt sjukdomsindex (DSI) räknades fram. År 2003 graderades rotbrandstestet även med ett system som utgår från antalet plantor som är levande efter 1 vecka, 2 veckor, 3 veckor och 4 veckor (Ewaldz, 1987) och en rotbrandsfrekvensen för varje tillfälle och ett total index för jorden räknades ut. Rotbitar från de mest angripna plantorna lades på olika selektiva agarmedia (Persson *et al.* 1997) och enskilda kolonier renodlades och identifierades i mikroskop och utifrån färg och form på kolonier.

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

Vid 1:a örtbladsparet grävdes 10 plantor upp på fem platser i varje provyta i fält, totalt 50 plantor. Betraderna närmast intill skörderaderna betraktades som skyddsradar och inga plantor grävdes upp i dessa rader. Rötterna tvättades i vatten och rotbrandsangreppet bedömdes enligt samma skala som i jordtestet beskrivet ovan. Även angripande svampar isolerades och identifierades på de mest angripna plantorna på samma sätt som beskrivits ovan. I mitten av augusti och i mitten av september graderades angreppen av bladsvampar på fyra plantor på fem ställen, totalt 20 plantor. Bedömning gjordes av bladfläckar, mjöldagg och rost enligt SBU:s graderingssystem (0-100) för dessa patogener. Förekommande arterna identifierades i mikroskop. Ett genomsnittligt angreppsindex räknades ut för varje provruta.

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

Samtliga betor i skörderutorna handskördades under de två första veckorna i oktober varje år. Betorna 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). I samband med att betorna tvättats rena på Agri provtvätt gjordes en bedömning av kroniska symptom på rotröta. Betorna i varje skörderuta delades in i tre klasser: 1. Betor med mycket svaga symptom, dvs endast något skrovliga på ytan i övrigt av normal storlek; 2. Betor med svaga symptom, dvs skrovliga och antydning till insnörning under betnacken; och 3. Betor med kraftiga symptom, dvs mycket skrovliga, tydligt insnörda under betnacken och av reducerad storlek. Antalet helt friska betor ( $n_0$ ) räknades 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.

#### *Insamling av fältuppgifter från odlare och väderdata*

Uppgifter om respektive fälts odlingshistoria, odlingsteknik samt uppgifter om kalkning och gödsling samlades årligen in från odlarna via en enkät. Enkäten innehöll frågor om det aktuella fältets växtföljd de senaste 20 åren, användning av fånggröda, förfrukt, hantering av halm samt jordbearbetning före betorna. Även uppgifter om bevattning, betsort och sådatum efterfrågades. Nederbörd och temperaturdata erhöles från SMHI:s väderstationer. Data inhämtades från den närmast belägna väderstationen till varje provruta. Totalt användes nederbördsdata från 16 stationer och temperaturdata från 6 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 fem skånska bördighetsförsöken provtogs i samband med sådd av sockerbetor på våren 2004 i A0, ogödslad led, och C2, ”normalgödslad” led, i både kreatursväxtföljden och den kreaturslösa växtföljden. Jordproven testades för rotbrand i jordtestet beskrivit ovan. Plantor provtogs sedan i fält vid två till fyra örtblad, graderades för angrepp och patogener isolerades från rötterna. Analysvärden på pH, K-AL, P-AL, Ca-AL och ledningstal inhämtades från Institutionen för Markvetenskap eller analyserades i efterhand på arkiverade jordprov. Jordprov togs även hösten 2003 i det ekologiska odlingssystemförsöket på Bollerup i de rutor som skulle odlas med betor under 2004. Jordproven testades för rotbrand enligt ovan beskrivna metodik. Plantor samlades sedan in från fältet vid två till fyra örtblad, bedömdes för rotbrand och förekommande patogener isolerades från rötterna enligt ovan beskriven metodik.

### *Inventering av lagringspatogener och lagringsförsök*

Under lagringsperioden inventerades förekomsten av lagringssjukdomar i betstukorna hos odlare med provytor, men även slumpvis utvalda odlare. Betor med symptom av lagringsskador samlades in och lagrades i kyl (5°C) tills isoleringar av patogener gjordes. Jordfri vävnad med symptom skars ut med steril kniv, lades på PDA med tillsats av streptomycinsulfat. Förekommande svamparna renodlades och identifierades i mikroskop. Mindre bitar med infekterad vävnad samlades även in vid Agri Provtvätt. I månadskiftet oktober-november 2005 samlades betprov in från nio olika platser i Skåne och 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 och mekanisk skada graderades på 10 betor per säck som % angripen eller skadad yta. Skador inkluderade även rotspetsbrott. 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 olika arterna samlades in och ett urval av dessa patogenitetstestades: 14 isolat av *F. culmorum* varav fyra från vete; fem isolat av *F. graminearum* från vete; tre isolat av *F. avenaceum*; fyra isolat av *F. redolens*, fem isolat av *F. oxysporum*, fyra isolat av *R. solani* med okänd anastomosisgrupp; tre isolat av *A. cochlioides*; och fem isolat av homothallisk *Pythium* spp.. Isolat, en månad gamla, på agarmedia mixades i sterilt vatten i 20 sekunder. Blandningen hälldes i en plastpåse med två liter jord/torv (blandning 1:1), skakades i plastpåse och hälldes 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 betfrö av sorten Sapporo i vardera kruka och krukorna placerades i växthus med klimat enligt metodiken för rotbrandstest. Krukorna vattnades och rötterna lästes av efter fyra veckor också enligt rotbrandstestet.

### *Statistiska beräkningar*

Pearson korrelationskoefficienter mellan jordartsp parametrar och växthusindex beräknades med hjälp av PROC CORR, SAS 9.1. Svaren angående odlingsteknik från enkäterna kodades i form av binära data (Ja = 1, Nej = 0), därefter kunde Kendalls korrelationskoefficienter för icke-parametriska data beräknas mellan odlingsteknik, antal år mellan betorna och förekomst av olika jordburna svampar och bladsvampar. Väderdata sammanställdes periodvis för olika faser av tillväxten därefter beräknades Pearson korrelationskoefficienter mellan dessa väderdata parametrar som sjukdomsangrepp på rot och blad i fält. Materialet delades in i grupper utifrån olika parametrar bl a växthusindex. Skillnader mellan grupper med avseende på jordartsp parametrar undersöktes med hjälp av kanonisk variansanalys (CVA, PROC CANDISC, SAS 9.1). Skillnader med avseende på jordartsp parametrarna mellan grupperna i CVA undersöktes med hjälp av variansanalys (PROC GLM, SAS 9.1). Parvisa jämförelser gjordes med hjälp av Tukey – Kramers metod.

## Resultat

### *Jordtest för jordburna svampsjukdomar*

Jordtestet visade att det fanns mycket smitta av rotbrand i ett flertal jordar varje år. Korrelationen mellan angrepp mätt i jordtesten i växthus (DSI<sub>v</sub>xh) och angrepp i fält (DSI<sub>f</sub>) 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 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 lästes rotbrandstestet 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 plantor som levde efter olika tidsperioder efter sådd (Ewaldz, 1987). Sambandet mellan de två metoderna var tydligt, men metoden enligt Ewaldz koncentrerade på svårare angrepp. Eftersom metoden enligt Larsson och Gerhardson även går att använda i fält användes denna metoden resterande tid. Återtesterna åren efter betodling visade att genomsnittet i DSI<sub>v</sub>xh ökade med 23% respektive 26% för 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.

### *Rotpatogener i jordtest och fält och inverkan på sjukdomsindex*

Isoleringar och identifieringar visade att de vanligast förekommande arterna i jorden var *Fusarium culmorum*, *F. redolens* och *A. cochlioides*. Arter inom *Pythium* varierade något över åren och var inte så vanliga i fält 2005 som 2003 och 2004. Isolaten från fält år 2003 artbestämdes och av 19 isolat var endast två st *P. ultimum* vilken är homothallisk och oosporbildande, fyra isolat var *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 och 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 var även *F. oxysporum* vanlig. Mindre vanliga arter var *F. avenaceum*, *F. equiseti* och *F. graminearum*. I patogenitetstesten gav *A. cochlioides* ett sjukdomsindex på 80 och arterna av *Fusarium* gav lägre sjukdomsindex men hade lika stor inverkan på plantvikten som *A. cochlioides*. 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 negativt på plantvikten. Isolaten av *R. solani* gav lägst sjukdomsindex och inverkade inte alls på plantvikten. Högst rotbrandsindex från jordtestet var signifikant och positivt korrelerat med förekomst av *A. cochlioides*, *F. culmorum*, *F. oxysporum* och *F. equiseti* medan lågt DSI<sub>v</sub>xh var signifikant och negativt korrelerat med dessa samma arter.

### *Samband mellan kemiska och fysikaliska markfaktorer och sjukdomsindex*

Det fanns många signifikant korrelerade parametrar även om korrelationskoefficienterna ibland var ganska svaga. Katjonutbyteskapaciteten (CEC) var positivt korrelerad med pH, Mg-AL, Ca-AL och ler, där den starkaste korrelationen fanns mellan CEC och ler ( $r = 0,83$ ;  $P < 0,0001$ ). Parametern ledningstal var signifikant positivt korrelerad till K-AL, Mg-AL och Ca-AL. Sjukdomsindex från jordtesten över alla tre år var negativt korrelerad till Ca-AL, K-AL, Mg-AL, pH och ledningstal, av vilka den senare har starkast korrelation ( $r = -0,40$ ;  $P < 0,0001$ ). De 133 gårdarna delades in i fyra grupper efter stigande växthusindex: grupp 1: DSI<sub>v</sub>xh = 0 – 39, grupp 2: 40 – 59, grupp 3: 60 – 79 samt grupp 4: > 80. Skillnader mellan grupperna beräknades med hjälp av t-test och det fanns signifikanta skillnader mellan grupperna för pH, K-AL, Mg-AL, ledningstal och Ca-AL (Tabell 1). Parvisa jämförelser visade att grupp 1 med lägst sjukdomsindex i jordtest var signifikant skild från övriga grupper. Gruppen hade signifikant högre genomsnittligt värde på Ca-AL, Mg-AL och ledningstal än övriga grupper. Det fanns ingen signifikant skillnad mellan grupperna med avseende på pH. Grupp 4 med högst sjukdomsindex, hade låga värden för dessa samma parametrar. Kanonisk variansanalys med de fyra grupperna av sjukdomsindex som gruppvariabel, visade att de två första

axlarna tillsammans förklarade 89% av den totala variationen. 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 1. Gruppmedelvärde för jordparametrar med 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

### Rotpatogener och deras inverkan på skörd

Både rotbrandsindex från jordtest i växthus och fältindex var negativt signifikant korrelerade med mängd polsocker i grupperna (ton polsocker/ha): DSIvxh 0-39 = 12,5 ; 40-59 = 12,0; 60-79 = 11,5; 80-100 = 9,0. För de jordar med DSIvxh 60 och mer, minskade polsockerskörden med 57 kg per enhet DSIvxh.

### Samband mellan angrepp av jordburna svampar och väder, odlingshistoria och teknik

Fältindex var signifikant positivt korrelerat med regn under uppkomsten rotbrandsåret 2003. Nederbörd och maxtemperatur under uppkomsten var positivt och signifikant korrelerat med höga kroniska rotröteindexet (RI) värden. Även medel och maxtemperatur under tillväxtperioden var positivt och signifikant korrelerade med höga RI värden. Förekomsten av *A. cochliformis* eller *P. ultimum* var inte signifikant korrelerade med någon odlingshistorik eller odlings teknik. Däremot var *F. culmorum* negativt signifikant korrelerad med mycket lång växtföljd och positivt korrelerad till odling av havre, spenat eller rödbetor i växtföljden. Ett positivt samband fanns även mellan *F. oxysporum* och odling av havre i växtföljden, men ett negativt och signifikant samband till oljevaxter i växtföljden. Tidig sådd var positivt korrelerat till förekomsten av *F. redolens* medan sen sådd var positivt signifikant korrelerat med *F. oxysporum*. Höstplöjning var negativt signifikant korrelerat med förekomst av *F. redolens* medan vårplöjning var positivt signifikant korrelerat med samma art. Kalkning inverkar negativt på *Rhizoctonia*.

### Rotpatogener i bördighets- och odlingsystemförsöken

Analyserna av rotbrand i bördighetsförsökens A0 och C2 led visade inte på några tendenser till skillnader mellan de båda växtföljderna, 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 högst angrepp (Tabell 2). Gödlat led C2 hade lägre sjukdomsindex i fält och jordtest än ogödlat led A0 på alla platser. Fjärdingslöv hade högst värden på parametrarna Ca-AL, Mg-AL och pH både i 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. Sambanden mellan de tre parametrarna och DSIvxh är tydligt negativa och liknar de som finns i analyserna av rotbrand i provytorna 2003-2005. *A. cochliformis* fanns närvarande och gav angrepp i både jordtest och i fält i alla jordar, utom Fjärdingslöv som inte hade angrepp i fält. *F. oxysporum* kunde isoleras på plantor från Ugglarp och Orup och *Rhizoctonia* hittades i Ugglarpsförsöket.

Tabell 2. Genomsnitt för rotbrandsindex i test och i fält och jordparametrar i Bördighetsförsöken, växtföljd I och II (kreatur och kreaturslös) i led A0

Plats	DSIvxh	DSIfält	pH	P-AL	K-AL	Ca-AL	Mg-AL	Lt
Ugglarp	67	53	6,2	1,95	4,95	84,3	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

Test av jord före betodling i odlingssystemförsöket på Bollerup gav måttligt höga nivåer av infektion (Tabell 2). En antydning fanns till lägre smittonivåer i led A, det konventionella djurlösa ledet. Inga patogener isolerades från de utvalda plantorna i led A, däremot isolerades *A. cochlidioides* från konventionella djurledet B och ekologiska ledet D och *F. oxysporum* från de ekologiska leden C-E.

#### *Utbredning och angrepp av bladsvampar*

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. Senare *Ramularia* - angrepp i september var inte signifikant korrelerade med någon odlingsteknik 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 oljeväxter i växtföljden var negativt signifikant korrelerade med tidiga *Cercospora* – angrepp. Bladsvampsangrepp i augusti var negativt signifikant korrelerat med mycket regn under uppkomst och under tillväxtperioden. En hög medeltemperatur fram till radslut samt även under tillväxtperioden gynnade också uppkomsten av bladsvampsangrepp.

#### *Lagringssjukdomar i sockerbetor*

Totalt inventerades 176 betlager under de tre åren.. Mest *Fusarium* spp. isolerades år 2003 och då var *F. culmorum* (45% av lager) och *F. avenaceum* (15% av lager) mest frekventa, men även andra arter som *Botrytis* (30% av lager), *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* (22% av lager) och detsamma gällde för år 2005, men 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 och där kunde *F. culmorum* isoleras. Betorna kom ofta från torkstressade fält i östra Skåne och på Gotland, där blasten hade vissnat ner under säsongen. Dessa betor med svarta nackar gav upphov till stora förluster och kvalitetsavdrag vid leverans till sockerbruket.

Lagringsförsöken resulterade i signifikanta skillnader mellan olika odlingsplatser i % sockerförlust per dygn i 5°C lagringen såväl som i 25°C (Tabell 3). Minskningen i sockerhalt efter lagring i 5°C varierade mellan 0,23 till 1,82%-enheter, medan lagring i 25°C gav stora förluster för de flesta odlarna. Förlusterna var ganska väl kopplade till mekaniska skador och angrepp av mikroorganismer vid höga temperaturer, men inte i samma utsträckning i den lägre temperaturen.

Tabell 3. Förlust av polsocker % per dygn och sockerhalt i försök med lagrade sockerbetor i 5°C och 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	17,26	15,78
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

Jordtestet visade sig kunna förutsäga risken för rotbrandsangrepp i fält. Testet gynnade rotbrandspatogener som *Aphanomyces* och *Pythium*, men även *Rhizoctonia* och *Fusarium* spp., och fältrelevansen blev god vid odlingsförhållanden med mycket nederbörd som år 2003. År 2004 och 2005 var betydligt nederbördsfattigare och angreppen i fält blev små, men jordtester efter betodling visade att uppförökningen trots allt var stor. Polsockerskörden minskade med 28% i den mest smittade gruppen jämfört med den minst smittade gruppen i medeltal över de tre åren (Tabell 1). Trots att materialet representerar tre olika år, olika såtidpunkter och olika betsorter minskade skörden med ca 60 kg polsocker för varje enhets ökning av rotbrandsindex för index 60 och över. En höjning av rotbrandsindex med 10 enheter t ex från 60 till 70, medförde en skördesänkning på 10 \* 60 kg dvs ca 600 kg polsocker/ha. Jordtestet för rotbrand är liknande det som utförs för ärtrotträta och andra grödor och bör få samma användning (Larsson och Gerhardson, 1990; Olofsson, 1967). Betodling på jordar med höga sjukdomsindex ger alltid en stor uppförökning och ofta en skördeförlust.

Klassificering av sjukdomsindexet från jordtesten i grupper indikerade att högt sjukdomsindex var signifikant korrelerat med förekomst av *A. cochlioides*, *F. culmorum*, *F. oxysporum* och *F. equiseti*. Från döende och mörkfärgade plantor med insnörd rothals isolerades oftast *A. cochlioides* och arten gav stort angrepp i patogenitetstesten. Både isolat av *F. culmorum* och *F. oxysporum* gav upphov till relativt höga sjukdomsindex på sockerbetor i patogenitetstesten och *F. culmorum* kunde även infektera torkstressade betor sent på säsongen. Andra arter var *P. ultimum* och *P. sylvaticum* som är kända som patogener i både betor och spenat (Larsson, 1994). *Rhizoctonia* hittades endast i ett färre antal jordar och kan inte anses ha samma betydelse som i områden med varmare klimat (Rush *et al.*, 1994). Förvånande nog hittades aldrig någon art av *Phytophthora* på betor vilket var oväntat eftersom den finns på spenat i området (Larsson and Gerhardson, 1990), och på betor i andra delar av världen (Whitney och Duffus, 1998). *Phoma betae* hittades endast i några fåtal jordar och får nog anses som utan betydelse i vårt område. Många av dessa arter anses ingå i rotbrandskomplexet, men i vårt odlingsområde blir slutsatsen att *A. cochlioides* ger störst angrepp och förluster, medan en art som *Rhizoctonia* har en mindre betydelse.

Av alla *Fusarium*-arter var *F. culmorum* vanligast och den fanns mest i korta växtföljder i undersökningen, vilket kan bero på att betor och spannmål, som är goda värdväxter, förekommer ofta. *F. culmorum* och *F. avenaceum* är vanliga på framförallt spannmål i strå och ax och producerar olika toxiner (Waalwijk *et al.* 2003), *F. avenaceum* ger även rotbrand på fröplantor hos många olika växter. Förekomsten av *F. oxysporum* var positivt korrelerad med långa växtföljder vilket syntes i odlingsystemförsöken på Bollerup, som har en sexårig växtföljd, och där *F. oxysporum* fanns inom delar av försöket medan *F. culmorum* inte fanns alls. Vidare fanns det en negativ korrelation till oljeväxter och höstraps fanns enbart i A-ledet, och här isolerades inte *F. oxysporum*. I materialet fanns även en positiv korrelation mellan havre och patogenen, och havre fanns i led C och D. 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*. Några isolat av *F. oxysporum* gav rotträta med höga sjukdomsindex på sockerbetor, men dock ej vissnesjuka, vilket uppträder bl a i USA. Vissnesjukan orsakas av en på betor specialiserad form, *F. oxysporum* fsp. *betae*. Frånvaron kan bero på att isolat specialiserade för vissnesjuka inte finns i svenska jordar och/eller att specialiseringen som kärpatogen ännu inte har skett här, möjligtvis i kombination med ett olämpligt klimat. 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.

Analyser av jordparametrar och sjukdomsindex i jordtesten i växthus visade att sjukdomsindex var negativt signifikant korrelerat med pH, ledningstal, K-AL, Mg-AL och Ca-AL, vilket även framkom i multivariat analys, där den grupp med högst sjukdomsindex, utmärker sig med förhållandevis låga värden för pH, K-AL, Mg-AL, ledningstal och Ca-AL. 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 har lägst rotbrandsangrepp i både jordtest och fält i ogödslad led A0 och gödslad led C2 av alla platser och samtidigt är Ca-AL, Mg-AL och pH högst jämfört med övriga platser (Tabell 2). Andra undersökningar i området om sjukdomshämmande jordar mot ärtrottröta orsakad av *Aphanomyces euteiches* indikerar också mindre förekomst av patogenen vid höga värden för Ca-AL och vid höga pH (Persson och Olsson, 2000). Ledningstalet är en sammanfattning av en jords ledningsförmåga, vilken beror på mängden joner i markvätskan och hit räknas då bl a Ca, Mg, K samt pH men även nitrat- och ammoniumjoner. 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. Studier på rottröta hos Gerbera i växthus orsakad av *Phytophthora cryptogea* har visat att sjukdomsangreppen kunde reduceras med över 50%-enheter genom att höja ledningstalet från 1,5 till 2,2 mS/cm (Thinggard och Andersen, 1995). Det finns även rapporter om att divalenta katjoner (Ca, Mg, Mn, Sr) påverkar zoosporernas rörelsemönster och infektion av rötter, medan däremot monovalenta katjoner (K, Na, Li) inte påverkade zoosporernas sätt att röra sig (Donaldson och Deacon, 1993). Dessutom tyder undersökningar på att produktionen av zoosporer av *A. euteiches* minskar vid högre halter av Ca i vatten och att detta även visar sig som lägre angrepp vid tillförsel av icke pH-höjande Ca-salter till smittad jord i växthus (pers. medd. F. Heyman, SLU). Den naturliga variationen av Ca i jordarna i området är väl kopplat till den variation i marksmitta av rotbrand, men också ärtrottröta som har rapporterats tidigare (Olsson, 2002; Persson och Olsson, 2000). Statistiska analyser visade att medeltalet för parametern Ca i gruppindelningen även följde CEC och lerhalt, vilka är de mest opåverkbara i analyserna och till största del bestäms av de kvartärgeologiska förhållandena i området. CEC bestäms av lerhalten och andel organiskt material, men även av lermineralogin. Smektit och vermikulit, som kan hittas i sydvästra delen av Skåne, har mycket högre CEC än illit som är det dominerande lermineralet i området och kaolinit har lägst CEC av alla (Eriksson, *et al.* 2005). Analyserna av lermineralogin på ett urval av jordarna visade också att ju högre andelen var av smektit och vermikulit jämfört med kaolinit och illit, desto mer sjukdomshämmande var jorden. Ett högt CEC ger jorden en hög förmåga att binda en katjon som Ca i utbytbar form som lätt frigörs i utbyte mot vätejoner, vilket även till viss del förklarar varför även ledningstalet är högre i dessa jordar. Sambanden mellan Ca-AL, och de kvartärgeologiska 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. I Kristianstadsområdet finns dock även lättare jordar med högt pH och Ca-AL värde. Sambanden mellan jordparametrarna ger alltså en förklaring till varför jordarna är naturligt sjukdomshämmande mot rotbrand i vissa delar av odlingsområdet. Jordtesterna från bördighetsförsöken visade att en fyraårig växtföljd fungerar på en jord som Fjärdingslöv med Ca-AL värde runt 300 mg/100 g jord, men på jordar med Ca-AL värden under 150 som Ugglarp, Orup och Ekebo blir nivån på jordsmitten genast högre. På dessa jordar bör antagligen växtföljden vara sexårig för att undvika rotbrand vilket är fallet med Bollerupsförsöket som år 2000 hade ett Ca-AL värde på ca 130 (Pers. medd. I. Larsson) men ändå låga nivåer på rotbrandsmittan. I områden som saknar naturligt skydd måste åtgärder vidtas för att hindra angrepp och möjliga åtgärder kan vara tillförsel av Ca i så lösform som möjligt. Det är svårt och riskabelt att sätta några konkreta gränsvärde för de olika parametrarna, men 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.

Inventeringen av lagringskadegörare 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. Lagringsförsöken gav ett medelvärde för förlusten vid 5°C över de åtta platserna på 0,17 % polsocker per dygn och normalt räknar man med en förlust på 0,10 % polsocker per dygn vid en



optimal lagring (pers.medd. R. Olsson). Vid den höga temperaturen 25°C var medelförlusten 1,11 % polsocker per dygn. 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 mest av bakterier och till viss del av svamp i den högre temperaturen men torde ha sin grundorsak i en skenande värmeutveckling i betmaterialet. Resultaten säger att det finns ett samband mellan mekaniska skador, och mikrobiellt angrepp och förluster i socker som respiration och utvinnbarhet, men att samband till odlingsplatsen inte kan uteslutas. Slutsatserna kring lagring är att betor med angrepp av *F. culmorum* med svarta nackar inte ska lagras, vilket är enkelt eftersom dessa symptom redan syns vid upptagning. I lagret är *Botrytis* en viktig skadegörare, men den finns i stort sett överallt i luft och jord och gynnas av mekaniska skador. Kontroll av mekaniska skador och temperatur tycks vara de enskilt viktigaste faktorerna för att undvika stora förluster. Om temperaturen är låg kan även mekaniskt skadade betor lagras, även om förlusterna för dessa är större än för oskadade.

Undersökningarna kring bladsvampar i provrutorna visade att bladsvamparna *Cercospora beticola* och *Ramularia beticola* fanns närvarande i odlingsområdet, men den senare var vanligast förekommande. Mjöldagg och rost var mindre vanligt förekommande förutom år 2005, och har därför en mindre roll i analyserna. Det var tydligt att en låga medeltemperatur under bladanläggningsperioden och tillväxtperioden medförde höga angrepp av bladsvampar, men det fanns också en negativ korrelation mellan regn under uppkomsten och tillväxtperioden och bladsvampsindex, dvs regn gav lägre bladsvampsindex. *Ramularia* gynnas av kallt (17 till 20°C) och fuktigt klimat, medan *Cercospora* trivs vid högre temperaturer och därför tyder sambandet med låg temperatur på att *Ramularia* är den vanligaste bladsvampen i vårt odlingsområde. Danska undersökningar har visat att det är ångtryck och relativ fuktighet som har störst betydelse för spridning av *Ramularia* konidier. Något samband med nederbörd kunde inte visas (Hestbjerg *et al.* 1994, Hestbjerg och Dissing 1995). Det fanns även signifikanta samband mellan olika jordbearbetningar och förekomst av de två arterna; vårplöjning gynnade angrepp av *Cercospora*, men missgynnade *Ramularia*. Förklaringen kan finnas i svamparnas biologi, där det finns uppgifter på att *Cercospora* förutom att angripa via vindspridning även kan infektera betan via roten (pers. medd. Hans Schneider, IRS), medan *Ramularia* helt är vindspriden. Plöjning är dock ett effektivt sätt att reducera inokulum av patogenerna (Wolf och Verreet, 2005). Ett tydligt samband var att vid intervaller på 4 till 5 år mellan betorna så ökade risken för angrepp av *Ramularia* medan intervaller på mer än sju år minskade risken för angrepp. 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.

### Slutsatser

- Jordtestet förvånade om jordar med hög rotbrandssmitta rotbrandsåret 2003.
- Polsockerskörden minskade ca. 60 kg per enhet rotbrandsindex i jordar med index 60 och över.
- Viktigaste rotbrandspatogenen är *Aphanomyces cochlioides*
- Fusarium oxysporum* och *F. culmorum* betydelsefulla under tillväxt och den senare även i lager.
- Ca-AL, Mg-AL, K-AL och ledningstal är låga i jordar med hög rotbrandssmitta
- Försök indikerar att fyraårig växtföljd är uthållig på jordar med Ca-AL >300, men vid mycket lägre värden bör växtföljden vara sexårig.
- F. culmorum* och *Botrytis* vanliga patogener i lager vissa år
- Låg temperatur i lagret och få mekaniska skador viktigt för att minimera förluster.
- Betor med svarta synliga angrepp av *F. culmorum* bör ej lagras.

**Referenser**

- Amman, L., Bergaya, F. & Lagaly, G. 2005: Determination of the cation exchange capacity of clays with copper complexes revisited. *Clay Minerals* 40, 441-453.
- 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 sockerbeter- en pilotstudie. Examensarbete 1987:12, Institutionen för växt-och skogsskydd, Sveriges Lantbruksuniversitet, Uppsala
- 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., Wolfhechel, 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.
- 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.
- Olofsson, J. 1967. Root rot of canning and freezing peas in Sweden. *Acta Agriculturae Scandinavica* 17, 101-107.
- Olsson, Å. 2002. Rotbrand på sockerbeter. *Betodlaren* 3: 28-32.
- Persson, L., Bödker, L., Larsson-Wikström, M., and Gerhardson, B. 1997. prevalence and pathogenicity of foot and root rot pathogen 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 wheta 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. *Plantdisease* 79 (3); 259-262.
- 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.
- Whitney, E. D. och Duffus J. E. 1998. Eds. Compendium of beet diseases and insects. APS press.
- 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 och presentationer 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 sockerbeter och spenat. Examensarbete, SLU.
- Persson, L. and Olsson, Å. 2005. Relation between occurrence of *Aphanomyces cochlioides* and physicochemical soil factors. Poster, 68<sup>th</sup> 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, 3, 4. *Betodlaren* 2006-2007.
- Presentation och poster på IIRB sommarkongress Marocko 2007.
- Vetenskaplig publicering, 2 artiklar.