

### **3.4.7.2 Abiotiska egenskaper hos åkermark i sydvästra Skåne och deras koppling till rotbrand hos sockerbeta**

*Siv Olsson, Kvartärgeologiska avd, Lunds Universitet, och Lars Persson, Findus R&D AB*

#### **Inledning**

Rotbrand på betor orsakas av ett komplex av svampar där *Aphanomyces cochlioides*, *Pythium* spp., *Rhizoctonia solani* och *Phoma betae* ingår (Whitney & Duffus, 1986). *A. cochlioides* anses vara en av de viktigaste patogenerna i komplexet och kan förorsaka stora ekonomiska förluster i betodling vid korta växtföljder (Papavizas & Ayers, 1974). Tidigare undersökningar på ärtrottröta orsakad av *Aphanomyces euteiches*, vilken är en nära släkting till *A. cochlioides*, visade att det finns jordar i Skåne som är sjukdomshämmande mot ärtrottröta (Persson & Olsson, 2000). Lermineralen i dessa jordar består till stor del av smektit och vermikulit och till mindre del av illit och kaolinit. Andra kännetecken hos de hämmande jordarna är högt pH, hög lerhalt och högt innehåll av organiskt material. I varierande grad kan man se en koppling mellan dessa egenskaper och lermineralogin i jorden. I överensstämmelse med dessa observationer har rotbrand, orsakad av *A. cochlioides*, rapporterats vara mindre frekvent i styva leror med höga pH (Ewaldz, 1987; Payne *et al.*, 1994). I projektet Parstudien gjordes observationen att angreppsgraden av rotbrand generellt var lägre i plusgårdarna utan att man kunde förklara varför (Lindberg, 1999) och utifrån tidigare rapporter uppstod frågeställningen om dessa skillnader kunde bero på jordarnas abiotiska egenskaper och kopplingen till sjukdomshämning.

På uppdrag av Danisco Sugar AB gjordes en undersökning av mineralogisk sammansättning, kornstorleksfördelning och organiskt och karbonatbundet kol på jordprov från gårdarna i Parstudien. Syftet var att studera I) om någon skillnad kunde påvisas mellan jordarna med avseende på dessa abiotiska egenskaper, och II) om förekomsten av rotbrand var kopplad till dessa skillnader. Studien på rotbrand gjordes som ett samarbetsprojekt med Findus R&D AB.

#### **Material**

Provpopulationen utgörs av jordprov från 14 jordbruksfastigheter, belägna i södra och västra delen av Skåne. Geografiskt är fastigheterna parvis närbelägna varandra med till synes likartade markförhållanden och driftsinriktning, men gårdarna inom varje par kan på bas av olika skördenivåer av sockerbeta klassificeras som plusgård respektive medelgård. Paret är fördelade över ett område från Svalöv i norr till Söderslätt norr om Smygehuk i söder (tabell 1).

Inom större delen av undersökningsområdet består berggrunden av kalksten. Kalkstensområdet smalnar av i en kil utmed kusten i Landskronatrakten. Svalöv ligger strax öster om kalkstensgränsen, och berggrundsytan utgörs här av en mosaik av sedimentära sandstenar och skifferar av olika åldrar. Den stora variationen i Skånes berggrund, från hårt urberg till mjuka, lättkrossade kalkstenar och skifferar, har gett mycket olika sammansättning på moränerna i Skåne. Samtliga undersökta åkermarker ligger dock enligt jordartskartan på moräner av s.k. baltisk facies, vilka har en bergartssammansättning som präglas av inslaget av skrivkrita och dankalksten och av långtransporterat material från Östersjösänkan.

Tabell 1. Undersökningsmaterial

Geografisk region	Plusgård	Medelgård
S. Lund	1.St. Uppåkra	2.Gamlegård
V. Lund	3.Vragerup	4.Trolleberg
V. Lund	5.Rutsbo	6.Solvik
Svalöv	7.Pilvalla	8.Torsnäs
Vellinge	9.Herrestorp	10.Minnesdal
Söderslätt	11.Bramstorp	12.L.Isie
Söderslätt	13.Groeholm	14.Jordberga

## Metodik

### Provtagning

Provtagning gjordes i maj 2000 och vid tiden för provtagning odlades sockerbetor på skiftena. Ett generalprov togs med spade på djupet 0-25 cm på fem till sju punkter utmed en diagonal i en av tre befintliga försöksrutor, 20x20 m. Vi valde att begränsa provtagningen till en av rutorna, nämligen ruta 1, för att i möjligaste mån möjliggöra att provtagningen skulle kunna ”reproduceras” vid nästa provtagning år 2001. Generalprovets totala volym uppgick till 5 l. Delprov på 1 l för fysikalisk, kemisk och mineralogisk analys togs från vart och ett av generalproven genom upprepad provdelning i splitter.

### Kornstorleksanalys

Inledningsvis behandlades proven med 20 % väteperoxidlösning för att oxidera och avlägsna organiskt material. Därefter dispergerades de torkade och vägda proven (400-500 g) i 0,5 % natriumpyrofosfatlösning på ultraljudbad och våtsiktades genom en 0,063 mm sikt. Kornstorleksfördelningen på materialet >0,063 mm bestämdes genom konventionell siktanalys, medan kornstorleken på material <0,063 mm bestämdes genom sedimentationsanalys med hjälp av ett Sedigraph-instrument (Sedigraph Particle Analyzer 5000 ET). Andelen av varje kornstorleksfraktion redovisas i procent av det torkade (105°C) totalprovets vikt.

### Organiskt och karbonatbundet kol

Grovmaterial (material >2 mm) och makroskopiskt urskiljbara växtdelar avlägsnades från proven före analys. Organiskt och karbonatbundet kol bestämdes genom stegvis upphettning av proven från 100 till 1000°C i syrgasatmosfär i en Lecougn (Carbon Analyzer RC-412). Instrumentet är utrustat med infraröd-detektorer för koldioxid och vatten. Koldioxidavgången från provet registreras kontinuerligt på en skrivare under upphettningen, vilket tillåter att olika kolfaser kan urskiljas och bestämmas kvantitativt. I de aktuella proven är kol bundet dels som organiskt material, dels som karbonater, vars koncentrationer redovisas som andel kol i procent av det torkade (105°C) provets vikt.

### Bestämning av mineralogisk sammansättning hos lerfraktionen

Proven dispergerades i avjonat vatten på ultraljudbad. Lerfraktionen (material <0,002 mm) avskiljdes genom upprepad avsifonering av suspension efter att grovmaterialet fått sedimentera i sedimentationscylindrar. Orienterade s.k. Dreverpreparat (Drever, 1973) för röntgendiffraktionsanalys (XRD) bereddes genom att lersuspension fick sedimentera under sug på

cellulosafilter med en porstorlek på 0,45 µm, varefter filterkakan överfördes till provhållare av glas.

Av varje prov bereddes fyra olika preparat, som förbehandlades på olika sätt. Mineralidentificeringen baseras således på hur proven reagerat på följande behandlingar:

1. Provet torkat i luft vid rumstemperatur
2. Provet mättat med magnesium och behandlat med glycerol
3. Provet behandlat med 2 M HCl vid 80°C under 2 timmar
4. Provet upphettat till 550°C under minst 3 timmar

Preparaten röntgades på en Philips diffraktometer med automatisk spalt och CuK $\alpha$ -strålning. En semi-kvantitativ utvärdering av huvudgrupperna av lermineral har gjorts genom att intensitetsförhållandet mellan reflexerna från smektit/vermikulit (14 Å), illit (10Å) respektive kaolinmineral (7 Å) har beräknats. Dessutom har den procentuella ökningen av 10 Å-reflexens intensitet efter upphettning till 550°C utnyttjats för att uppskatta andelen blandskiktsmineral med smektit/vermikulitskikt och illit, vilka tenderar att kollapsa till 10 Å vid upphettning.

### **Analys av naturlig smitta av rotbrand**

Jordprov provtaget enligt ovan i ruta 1, blandades och hälldes i fyra plastkrukor (500 ml i vardera). I vardera kruka såddes 10 frön av sorten Ymer. Krukorna placerades i växthus med en temperatur på 24°C på dagen och 19°C på natten. Krukorna vattnades dagligen för att ge optimala betingelser för infektion av rotbrand. Efter fyra veckor togs plantorna upp och rötterna tvättades rena från jord i vatten. Plantorna delades in i fem klasser beroende på angreppsgrad: 0 = inga synliga symptom; 25 = cirka 50 % av rotsystemet mörkfärgat; 50 = hela rotsystemet mörkfärgat men inga symptom på hypokotylen; 75 = hela rotsystemet och hypokotylen mörkfärgat; och 100 = plantan död. Ett sjukdomsindex räknades ut för varje kruka genom att multiplicera antalet plantor i varje klass med respektive klassindex, summera alla produkter och dividera resultatet med totala antalet plantor i krukorna. Ett genomsnittligt sjukdomsindex räknades sedan ut för de fyra krukorna i varje jord. Plantor med symptom av rotbrand lades på sköljning i vatten i två timmar, varefter bitar av roten placerades på ett agarmedium som är selektivt för *Aphanomyces* spp. (Larsson & Olofsson, 1994). Efter tre dagar ympades mycel över till majsmjöl-sagar för identifiering.

### **Sjukdomshämningstest**

I sjukdomshämningstestet användes ett torrt oosporinokulum producerat av ett isolat av *A. cochlioides* isolerat 1999 från ett fält kallat för Solvik. Detta inokulum togs fram enligt en metod beskriven av Persson *et al.* (1999); pluggar av *A. cochlioides* som växte på majsmjöl-agar inokulerades i steril havremjöl-sbuljong i glaskärl. Efter fyra veckors tillväxt i 20°C sönderdelades mycelmattorna i mixer och koncentrationen av oosporer kontrollerades i mikroskop i en haemocytometer. Mixen blandades i talk och torkades i rumstemperatur i tre veckor och antalet oosporer per gram talk beräknades. Sjukdomshämningstestet genomfördes första gången med 1 000 oosporer per ml jord och andra gången med 200 oosporer per ml jord. Jord och inokulum skakades i en plastpåse i en minut och hälldes i fyra plastkrukor, som sedan ställdes i växthus och vattnades rikligt. Efter sju dagar såddes tio betfrön i varje kruka och efter ytterligare fyra veckor lästes försöket av med ett sjukdomsindex enligt ovan.

En dos-responskurva för sockerbeter och *A. cochlioides* togs också fram för att bestämma vilken dos av oosporer som var optimal att använda i sjukdomshämningstestet. Oosporer inokulerades i vermikulit med mängderna 100, 300, 500, 800 och 1 000 oosporer per ml vermikulit. Betfrön såddes i blandningen och efter fyra veckor i växthus lästes försöket av med ett sjukdomsindex enligt ovan.

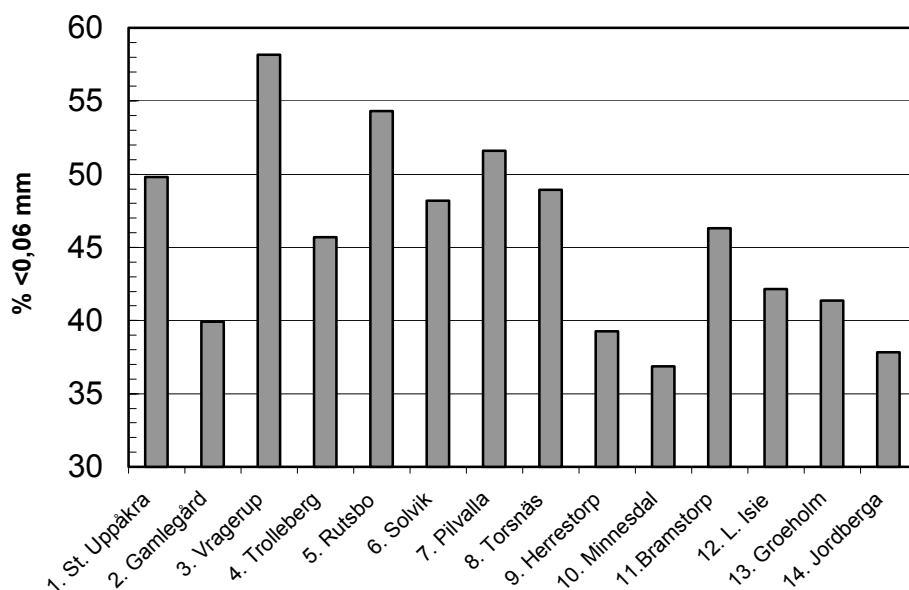
## Resultat

### Kornstorleksfördelning

Samtliga prov utgörs av osorterade jordarter, som domineras av kornstorleksfraktionerna finsand-mellansand. Jordarten ska i fallen Gamlegård, Herrestorp, Groeholm och Jordberga klassificeras som leriga moräner (5-15 % ler), medan övriga prov är moränlätteror (15-25 % ler; tabell 2). I vissa fall skiljer sig denna klassificering från den som anges på jordartskartan, vilket förmodligen främst beror på att jordartskartan baseras på prov, som tagits under matjordsskiktet och därför tenderar att ge högre lerhalt. Högst lerhalt ( $\geq 20\%$ ) har proven Pilvalla, Rutsbo, Vragerup och Bramstorp, som samtliga är plusgårdar. Med undantag för paren Herrestorp-Minnesdal och Groeholm-Jordberga gäller att provet från plusgården har den högre lerhalten och i samtliga fall har plusgården en högre andel finmaterial (material  $< 0,06$  mm) än sin motsvarande medelgård (jfr tabell 2 och figur 1).

Tabell 2. Kornstorleksfördelning (%)

	Ler <0,002 mm	Finsilt 0,002-0,006	Mellansilt 0,006-0,02	Grovsilt 0,02-0,06	Finsand 0,06-0,2	Mellansand 0,2-0,6	Grovsand 0,6-2,0	Grus o.grövre >2 mm
1. St. Uppåkra	18	7	11	14	25	17	4	4
2. Gamlegård	14	7	9	10	27	22	5	6
3. Vragerup	21	11	12	14	20	14	4	4
4. Trolleberg	17	8	12	8	21	21	5	7
5. Rutsbo	23	9	10	13	17	19	6	4
6. Solvik	19	7	9	13	22	20	5	5
7. Pilvalla	25	9	9	9	20	19	4	5
8. Torsnäs	19	9	10	11	23	21	3	4
9. Herrestorp	10	10	10	9	21	24	7	9
10. Minnesdal	17	6	8	6	23	24	8	8
11. Bramstorp	20	8	8	10	21	22	6	5
12. L. Isie	17	9	8	8	21	22	7	8
13. Groeholm	10	10	12	9	23	20	8	8
14. Jordberga	14	6	7	11	26	24	7	5



Figur 1. Frekvensdiagram som visar andelen finmaterial (<0,06 mm) i matjordsprov från ruta 1 på gårdarna i Parstudien.

### Organiskt och karbonatbundet kol

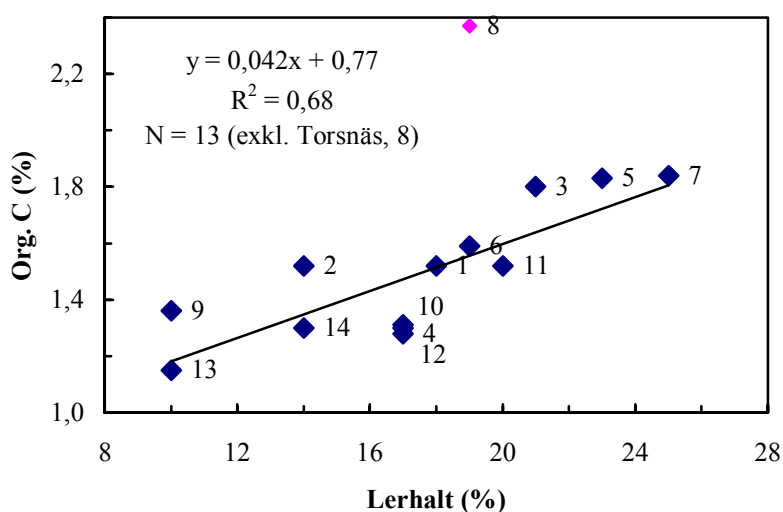
Provet från medelgården Torsnäs har populationens högsta halt organiskt bundet kol, 2,37 % org. C, medan halten i övriga prov ligger inom ett snävt intervall, mellan 1,15 till 1,84 % org. C (tabell 3). En omvandlingsfaktor 1,5-2 brukar användas för omräkning av org. C till org. material. I fyra fall har plusgården högre värde än sin motsvarande medelgård. Omvänt förhållande gäller för paren Pilvalla-Torsnäs och Groeholm-Jordberga, medan paret St. Uppåkra-Gamlegård har samma värde. Provet från Gamlegård är dock anmärkningsvärt: det har en kraftig mörkfärgning, som kvarstår efter oxidation med väteperoxid. Provschakt i fältet vid Gamlegård visade att "matjorden" var onormalt mäktig, 60-70 cm, och att jorden var störd ner till ungefär denna nivå. Keramikliknande fragment (bränd lera) påträffades på ca 40 cm. Fältet ligger i anslutning till Uppåkra kyrka och inte långt från de åkrar, där man gjort omfattande arkeologiska fynd. Man kan därför misstänka att åkermarken vid Gamlegård inte representerar en naturlig jordart utan påverkats av historisk/förhistorisk mänsklig aktivitet. Kol i form av t.ex. träkol kan förklara provets beständiga mörkfärgning, men en noggrannare undersökning krävs för att verifiera i vilken form kol föreligger.

En ganska klar positiv korrelation föreligger mellan provens kolhalt och lerhalt (figur 2;  $R^2 = 0,68$  om Torsnäs utesluts). De lägsta värdena hittar man således bland de grovkornigaste jordarna inom södra delen av undersökningsområdet.

Proven från Trolleberg och Groeholm innehåller klart påvisbara mängder av karbonatbundet kol, motsvarande 3 respektive 2 %  $\text{CaCO}_3$ , medan övriga prov är karbonatfria eller har låga halter i närheten av metodens detektionsgräns.

Tabell 3. Organiskt och karbonatbundet kol i viktsprocent av torrvikten

Plusgård	Org. C	Karb. C	Medelgård	Org. C	Karb. C
1.St. Uppåkra	1,52	0,05	2.Gamlegård	1,52	0,04
3.Vragerup	1,8	0	4.Trolleberg	1,3	0,38
5.Rutsbo	1,83	0	6.Solvik	1,59	0
7.Pilvalla	1,84	0	8.Torsnäs	2,37	0
9.Herrestorp	1,36	0	10.Minnesdal	1,31	0
11.Bramstorp	1,52	0	12.L.Isie	1,28	0
13.Groeholm	1,15	0,23	14.Jordberga	1,3	0



Figur 2. Halten organiskt kol plottad mot lerhalt. Gårdsnummer har markerats i plotten.

### Lerfraktionens mineralogiska sammansättning

Lerfraktionen består dels av primära, bergartsbildande silikater, såsom kvarts, kalifältspat och plagioklas (huvudsakligen Na-rik), dels av sekundära skikt-silikater, lermineral. Relativt sett ger proven från Herrestorp, Minnesdal och Groeholm starkare reflexer för både kvarts och fältspater än övriga prov. I elva av proven (tabell 4) är K-fältspatreflexen starkare än eller lika stark som plagioklasreflexen, medan det omvända förhållandet gäller för proven Trolleberg, Pilvalla och L. Isie.

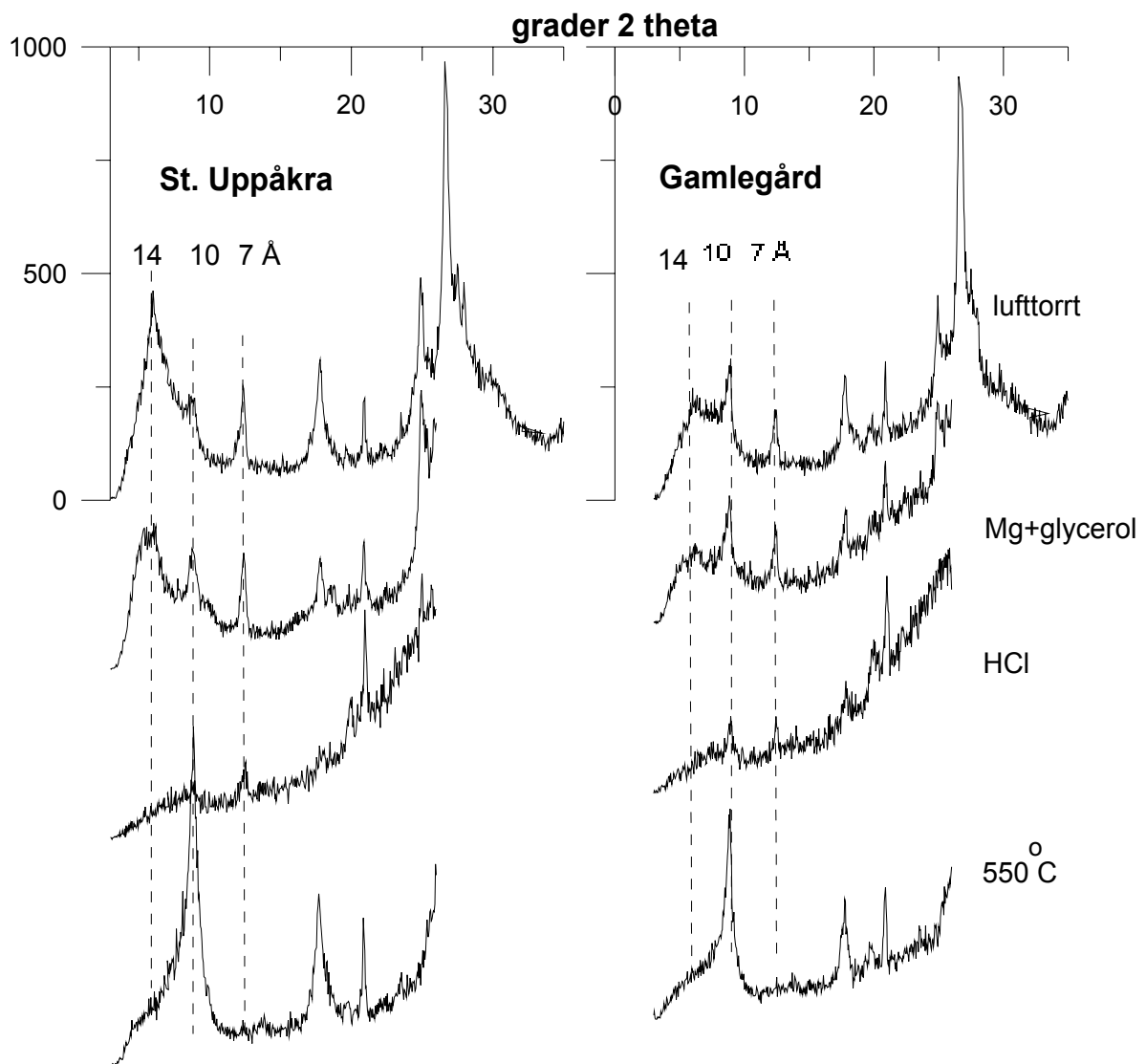
Lermineralsammansättningen i samtliga prov domineras av vermikulit/smektit blandskikt och illit. Proven från Rutsbo och Torsnäs innehåller dessutom relativt hög halt blandskiktad illit/vermikulit, vilket ger en kraftig ökning av 10 Å-reflexen då proven upphettas (jfr Metoder). Även kaolinmineral förekommer i små mängder i samtliga prov, medan klorit däremot inte kunnat påvisas i något av proven. Proportionerna av de olika lermineraltyperna varierar dock påtagligt mellan proven, vilket framgår av beräkningen av lermineralens intensitetsrelation, uttryckt i procent (tabell 4). Intensitetskvoten  $14 \text{ \AA} / (10 \text{ \AA} + 7 \text{ \AA})$ , nedan kallat smektit/vermikulitindex, (Sm/V-index i tabell 4) uttrycker väl denna variation. Lägst index ( $\leq 1,5$ ) har proven Gamlegård, Herrestorp och L. Isie, och i samtliga förklaras det låga indexvärdet av att provens smektit/vermikulithalt är låg i förhållande till illit. Provet från Pilvalla har populationens högsta smektit/vermikulithalt (indexvärde 3,9), men höga halter av dessa mineral

finns även i proven från St. Uppåkra, Trolleberg, Rutsbo och Bramstorp (index > 3). Index för övriga prov ligger mellan 1,9 och 3. För fyra av paren gäller att plusgården har ett högre index än medelgården. De mest extrema skillnaderna (2 enheter eller mer) mellan plusgård-medelgård uppvisar paren St. Uppåkra-Gamlegård och Bramstorp-L. Isie. Röntgendiffraktogram av det förra paret visas i figur 3. I paren Vragerup-Trolleberg, Herrestorp-Minnesdal och Groeholm-Jordberga har medelgården ett högre index än plusgården.

Tabell 4. Lerfraktionens mineralogiska sammansättning

*X = hög halt; x = måttlig halt; (x) = ringa halt; .. = ej påvisad*

	Intensitets-%			Sm/V-index	Kvarts	K-fältspat	Plagioklas
	14 Å	10 Å	7 Å				
1. St. Uppåkra	77	16	7	3,3	(x)	X	X
2. Gamlegård	50	37	13	1,0	(x)	X	..
3. Vragerup	71	18	11	2,4	(x)	X	(x)
4. Trolleberg	78	10	12	3,5	(x)	(x)	X
5. Rutsbo	78	10	12	3,5	(x)	(x)	(x)
6. Solvik	74	15	11	2,8	(x)	(x)	(x)
7. Pilvalla	80	9	11	3,9	(x)	(x)	X
8. Torsnäs	68	13	19	2,1	(x)	X	(x)
9. Herrestorp	39	44	17	0,6	X	X	X
10. Minnesdal	68	20	12	2,0	X	X	X
11. Bramstorp	78	12	10	3,5	(x)	X	(x)
12. L. Isie	59	32	9	1,5	(x)	..	(x)
13. Groeholm	65	23	12	1,9	X	X	X
14. Jordberga	74	14	12	2,8	(x)	X	(x)



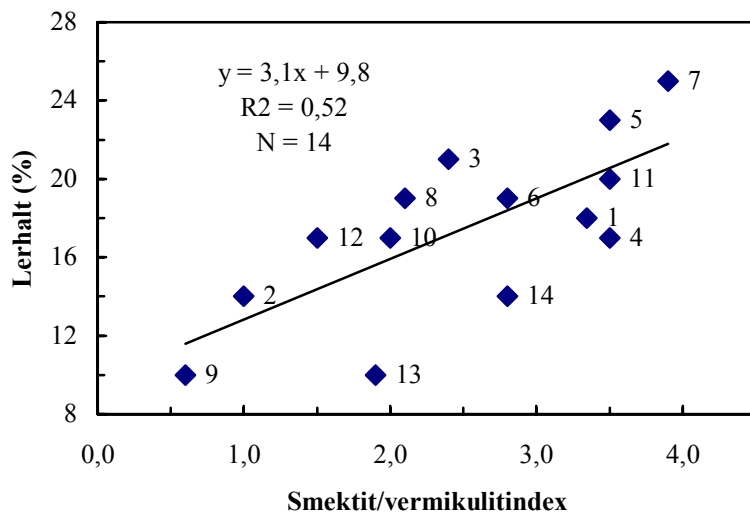
Figur 3. Röntgendiffraktogram av proven från paret St. Uppåkra (plusgård) och Gamlegård (medelgård). Fyra olika diagnostiska förbehandlingar har använts för lermineral-karakterisering:

1. Lufttorrt prov; 2. Magnesiummättat, glycerolbehandlat prov; 3. Saltsyrebehandlat prov; 4. Prov upphettat till 550°C.

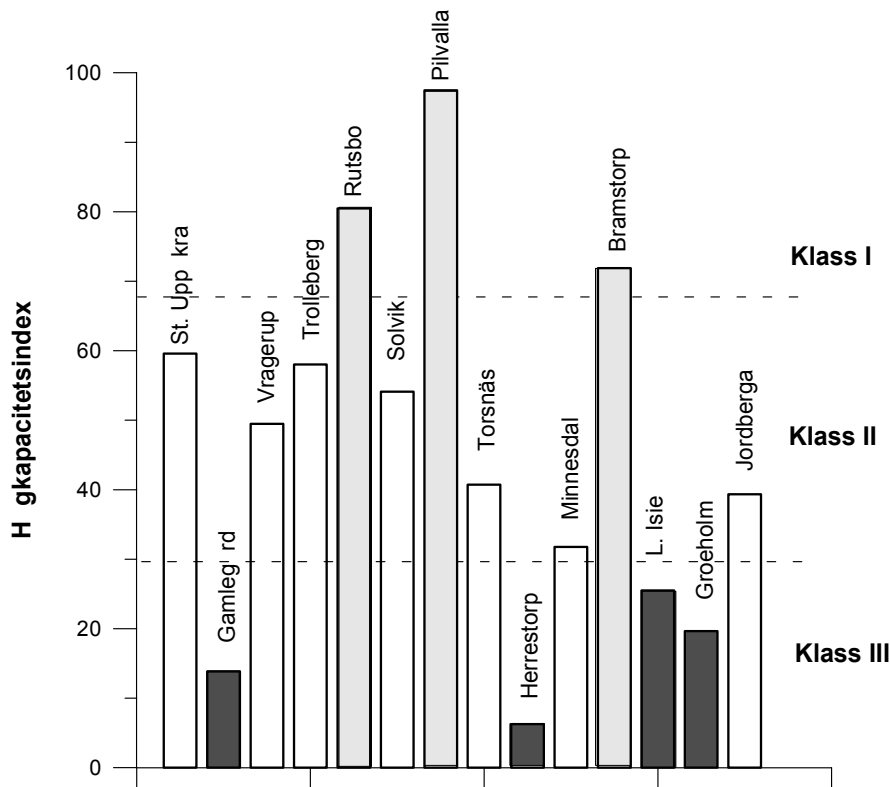
Reflexerna från smectit/vermikulit (14 Å), illit (10 Å) och kaolinmineral (7 Å) har markerats med streckad linje.

Provens vermikulit/smectitindex är ganska klart korrelerat till lerhalten ( $R^2 = 0,52$ ), vilket framgår av figur 4. Plotten visar att plusgårdarna således tenderar att ha såväl högt smectit/vermikulitindex som hög lerhalt. Plusgårdarna Herrestorp och Groeholm utgör dock genom sin placering nära plottens origo två iögonfallande undantag (figur 4). Baserat på lerhalt och vermikulit/smectitindex kan provens halt av lermineral med hög katjonutbyteskapacitet (CEC) uppskattas. Som visas i figur 5 har proven från Pilvalla, Rutsbo och Bramstorp populationens högsta innehåll av högkapacitetsmineral, medan Gamlegård, Herrestorp, L. Isie och Groeholm har de lägsta värdena.





Figur 4. Lerhalt plottad mot smectit/vermikulitindex. Gårdarnas nummer har markerats i plotten.



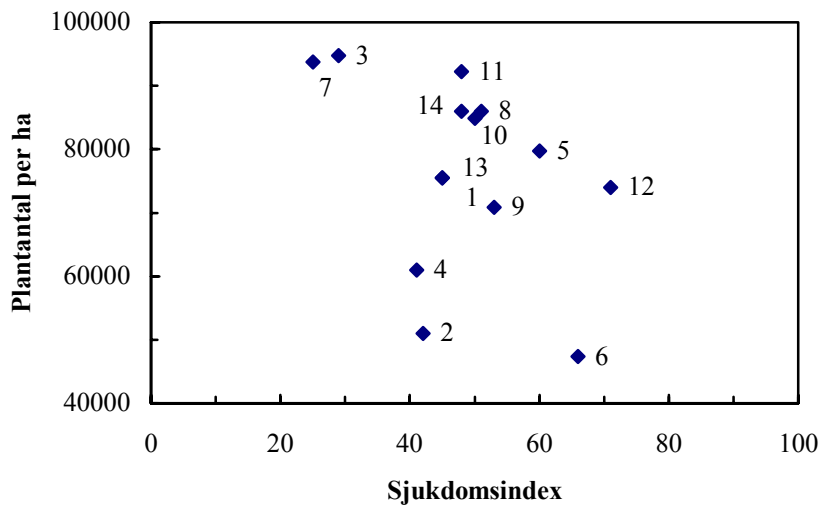
Figur 5. Klassificering av gårdarna baserad på provens halt av lermineral med hög katjonutbyteskapacitet (CEC). Provens "högkapacitetsindex" har beräknats utifrån lerhalt och smectit/vermikulitindex ( $\text{lerhalt} * \text{Sm/V-index} / 10$ ) och tar således ej hänsyn till CEC hos det organiska materialet.

### Naturlig smitta av rotbrand

Den naturliga smittan av rotbrand var stor i de flesta prov enligt de test som utförts i Bjuv (tabell 5). Proven från L. Isie och Solvik gav störst infektion på plantorna (sjukdomsindex 71 och 66) medan proven från Pilvalla och Vragerup gav lägst (sjukdomsindex 25 och 29). *A. cochlioides* kunde isoleras från plantor i jordar som gav ett medelindex högre än 47, undantaget Minnesdal. För tre av paren, Vragerup-Trolleberg, Pilvalla-Torsnäs och Bramstorp-L. Isie, gäller att smittan var högre i medelgården än i plusgården, men i övriga fyra par fanns det ingen större skillnad (tabell 5). Plantantalet i fält, vilket påverkas av rotbrandsinfektionen, räknades i september (T. Wildt-Persson, Danisco Sugar AB). Pilvalla och Vragerup, vilka hade lägst sjukdomsindex, hade det högsta plantantalet (figur 6). Jordar med sjukdomsindex mellan 40 och 60 hade både höga och låga plantantal, men jordar med sjukdomsindex högre än 60 hade låga plantantal. Planttätheten var generellt högre i plusgården än i respektive medelgård, förutom i paren Herrestorp-Minnesdal och Groeholm-Jordberga, där medelgården hade högre plantantal (figur 6).

Tabell 5. Naturlig smitta av rotbrand i ruta 1

Gård	Sjukdomsindex	Isolering av <i>Aphanomyces cochlioides</i>
1. St. Uppåkra	45	Nej
2. Gamlegård	42	Nej
3. Vragerup	29	Nej
4. Trolleberg	41	Nej
5. Rutsbo	60	Ja
6. Solvik	66	Ja
7. Pilvalla	25	Nej
8. Torsnäs	51	Ja
9. Herrestorp	53	Ja
10. Minnesdal	50	Nej
11. Bramstorp	48	Ja
12. L. Isie	71	Ja
13. Groeholm	45	Nej
14. Jordberga	48	Ja



Figur 6. Plantantal per ha i fältförsöken, ruta 1, plottad mot sjukdomsindex på betplantor i rotbrandstest.

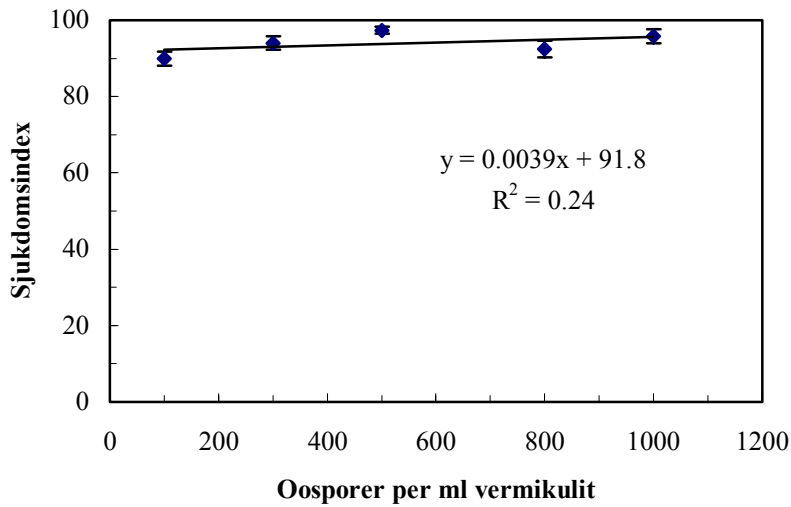
### Sjukdomshämningstest med *A. cochlioides*

Dos-responskurvan med inokulum av *A. cochlioides* visade en ökad infektion med ökad dos oosporer och en hög infektion redan vid 100-200 oosporer per ml (figur 7). Sjukdomshämningstest med jordprov från pargårdarna utfördes med både 200 och 1 000 oosporer per ml jord. Angreppet blev högt i alla jordprov med 200 oosporer per ml jord och någon större skillnad mellan pargårdarna kunde inte urskiljas (figur 8a). Jordar med hög naturlig smitta, som Rutsbo, Solvik och L. Isie, fick en mycket hög infektion redan vid 200 oosporer per ml jord och infektionen ökade obetydligt med 1 000 oosporer. I en plot mellan sjukdomsindex och mängden inokulerade oosporer kan två karakteristiska former på kurvan urskiljas; snabb ökning på infektionen (Torsnäs och Gamlegård), och långsam ökning (Bramstorp, St Uppåkra och Trolleberg) (figur 8b).

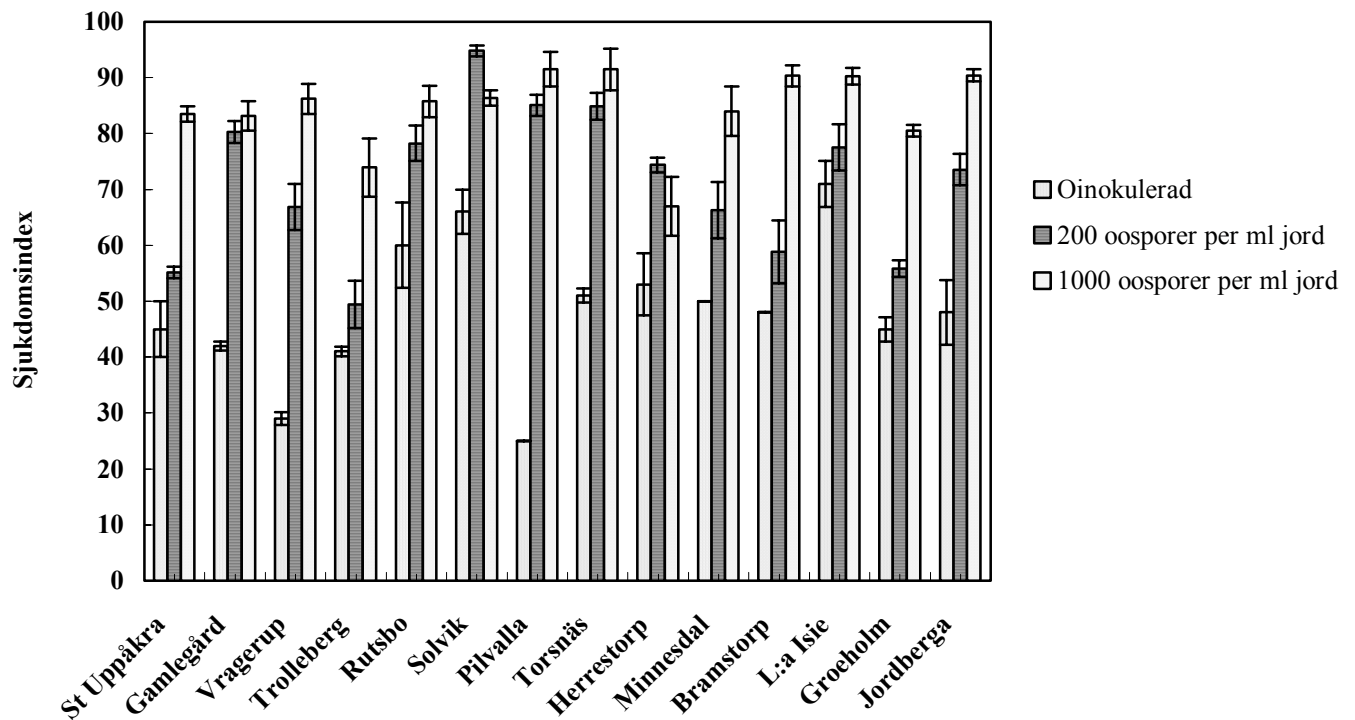
### Lermineralogi och rotbrand

Korrelationen mellan smektit/vermikulitindex och den naturliga smittan av rotbrand i växt-hustestet var svag (figur 9). Det fanns dock en antydning till genomsnittligt högre infektion av rotbrand (sjukdomsindex = 52) i jordar med ett smektit/vermikulitindex lägre än 2,0, medan infektionen var lägre (sjukdomsindex = 44) i jordar med en kvot högre än 3,0, men skillnaderna var inte statistiskt signifikanta. Plantantalet i fält var mindre än 80 000 plantor per ha i alla jordar med ett smektit/vermikulitindex lägre än 2,0, men i jordar med högre index fanns både höga och låga plantantal (figur 10).

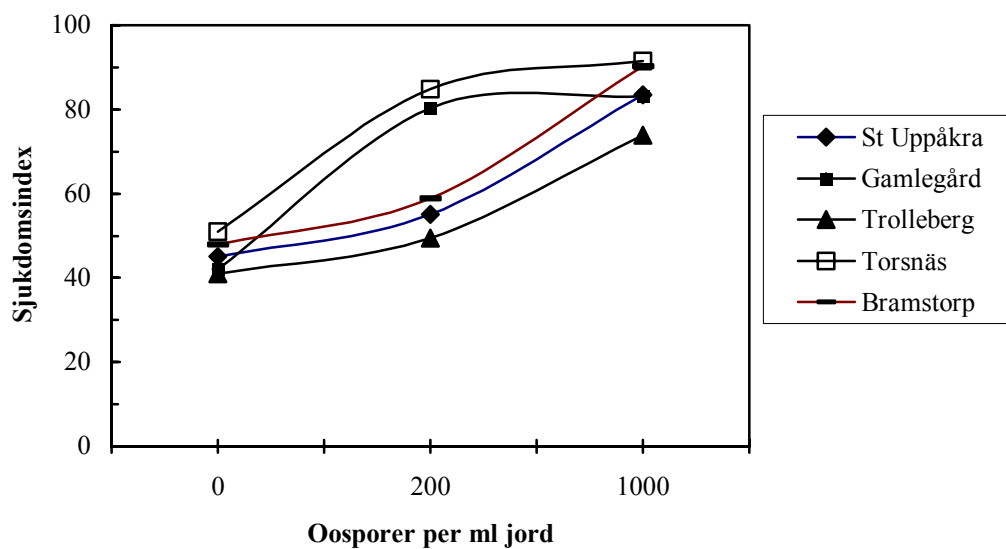
Det fanns inte något signifikant samband ( $R^2 = 0,03$ ) mellan infektionsgrad och jordens innehåll av organiskt kol, men dock en antydning till lägre infektion vid högt innehåll av organiskt kol (figur 11). Det var ej meningsfullt att använda resultaten från sjukdomshämningstestet i korrelationer eftersom infektionerna blev ganska höga i alla jordar, redan vid låg tillsats av oosporer.



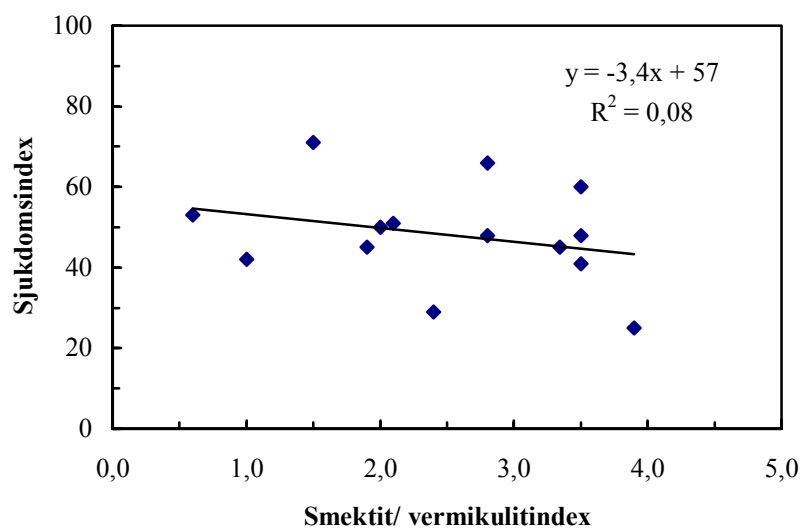
Figur 7. Sjukdomsindex på betplantor odlade i vermikulit inokulerad med ökande mängd oosporer av *Aphanomyces cochlioides*. Pinnar representerar medelfelet.



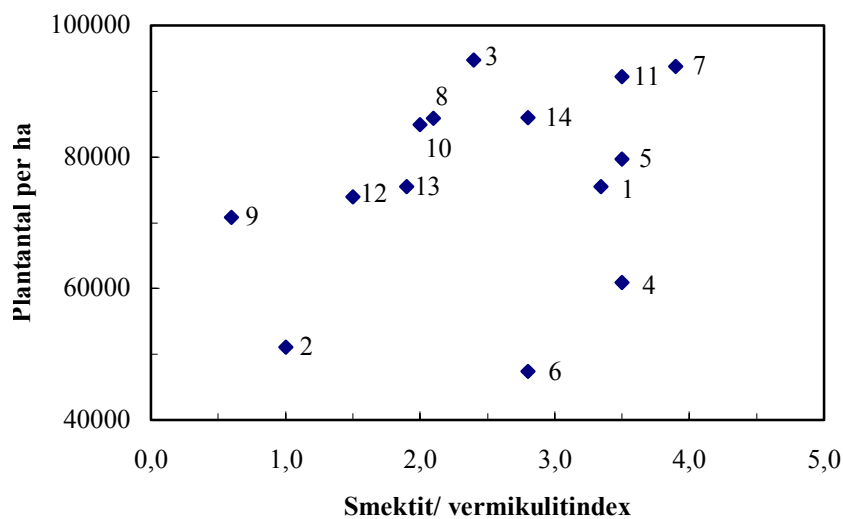
Figur 8a. Sjukdomsindex på betplantor odlade i jord inokulerade med oosporer av *Aphanomyces cochlioides*. Pinnar representerar medelfelet.



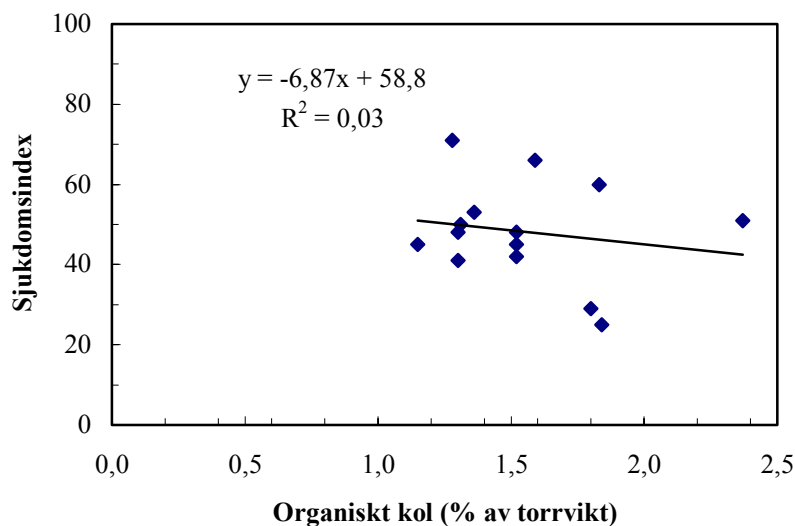
Figur 8b. Sjukdomsindex på betplantor odlade i jord inokulerad med 200 och 1 000 oosporer per ml jord.



Figur 9. Sjukdomsindex på betplantor odlade i jord från 14 gårdar, plottad mot smektit/vermikulitindex.



Figur 10. Plantantal per ha i fältförsöken, ruta 1, plottad mot smektit/vermikulitindex.



Figur 11. Sjukdomsindex på betplantor odlade i jord från 14 gårdar, plottad mot andelen organiskt kol.

## Sammanfattning och diskussion

### Abiotiska egenskaper

Samtliga åkrar ligger på moräner som traditionellt brukar sammanfattas som ”sydvästmorän” av baltisk typ (Ekström, 1953), och som karakteriseras bl.a. av ett högt innehåll av kritkalksten. Flertalet prov är dock karbonatfria, vilket är normalt för ytliga och av vittring påverkade prov, även då moderjordarten är karbonatförande. Däremot kunde korn av kritkalksten urskiljas för blotta ögat i den ”opåverkade” jordarten i de schakt, som grävts inom provrutorna. Även lermineralinnehållet är typiskt för ytliga prov av sydvästmorän, i vilka lättvittrade mineral, som järnrik illit och klorit, lösts upp eller omvandlats till dåligt definierade blandskikt-mineral av vermikulit/smektit- och illitskikt. Dessa förekommer tillsammans med mera vitt-ringsresistenta, omlagrade lermineral, såsom Al-rik illit, vissa smektiter och kaolinit, som

inkorporerats i moränjorden från äldre konsoliderade (t.ex. skiffrar) och/eller okonsoliderade, finkorniga sediment. Proportionerna mellan lermineralen varierar dock inom provserien. Bland gårdar med låg smektit/vermikulithalt och hög illithalt finns både plus- (Herrestorp) och medelgårdar (Gamlegård och L. Isie), medan plusgårdar dominerar bland gårdar med de högsta smektit/vermikulithalterna (Rutsbo, St. Uppåkra, Pilvalla och Bramstorp). För fyra av paren gäller att plusgårdens vermikulit/smektithalt är högre än medelgårdens men någon entydig koppling mellan gårdsklassificering och lermineralogi kan inte beläggas.

Provens icke-lermineral utgörs av de mest vittringsresistenta mineralen kvarts, K- och Na-fältspater, medan lättvittrade mörka mineral, som amfiboler, inte kan påvisas. Relativt sett ger proven från Herrestorp, Minnesdal och Groeholm starkare reflexer för både kvarts och fältspater än övriga prov, vilket kan tyda på att lerfraktionen i dessa tre prov är något grövre än i övriga prov. Proven Herrestorp och Groeholm har också provseriens lägsta lerhalt, vilket ofta innebär att lerfraktionen som helhet har en skev fördelning mot grövre partikelstorlekar (Olsson, 1991).

Baserat på kornstorleksfördelningen ska jordarterna klassificeras som leriga moräner (5-15 % ler) eller moränlättiler (15-25 % ler). För fem av de sju paren gäller att plusgården har högre lerhalt än medelgården, och ser man till hela finfraktionen, d.v.s. ler, mjäla och finmo, så har plusgården i samtliga sju par högre värde än medelgården. Kornstorleksmässigt kan man således se en skillnad mellan plus- och medelgård i varje par, speciellt då jämförelsen baseras på samtliga kornstorlekar <0,06 mm, vilka har betydelse för fysikaliska egenskaper som porvolym och vattenhållande förmåga. Å andra sidan tenderar båda gårdarna i paren inom den södra delen av undersökningsområdet (Vellinge och Söderslätt) att ha lägre andel finmaterial än flertalet medelgårdar kring Lund/Svalöv. Så har t.ex. plusgården Herrestorp en av populationens grovkornigaste jordarter. Detta förhållande tyder på att något enkelt samband mellan kornstorlek och gårdsklassificering knappast kan föreligga, såvida inte gårdarna på Söderslätt generellt har lägre avkastning än övriga gårdar.

Moränens mineralogiska sammansättning bestäms primärt av ursprungsmaterialet, men analyserna visar att en koppling också finns mellan lermineralogi och kornstorlek; en ökning i lerhalt följs således oftast av en ökning i smektit/vermikulitindex (figur 4). Ett sådant samband är förväntat och logiskt och förklaras av det faktum att smektiter, som omlagrats från äldre sediment, tillhör de mest finkorniga lermineralen, men också av att omvandlingen av illit till smektit/vermikulit-blandskikt bör ha nått längst i de finaste fraktionerna, som har störst specifik yta. Plusgårdarna tenderar således att ha både högre smektit/vermikulitindex och högre lerhalt än sin pargård, d.v.s. gårdarna i ett par särskiljs av faktorer, som påverkar jordens katjonutbyteskapacitet (CEC; figur 5) i gynnsam riktning. Det är intressant att notera att de två par som signifikant avviker från detta mönster (figur 4), Herrestorp-Minnesdal och Groeholm-Jordberga, också i andra avseenden avviker från den trend, som man kunnat förvänta utifrån klassificeringen (jfr. nedan).

Sammanfattningsvis kan man konstatera att variationen i mineralogi och kornstorlek är betydande såväl mellan som inom gårdsparen. Med tanke på jordarternas bildningsätt (morän) kan man inte heller utesluta att småskaliga, laterala variationer kan finnas inom ett och samma fält, trots den långvariga och intensiva jordbearbetningen.

## Sjukdomshämning

Tester av naturlig smitta av rotbrand utförda i Bjuv visade på hög smittograd i jordarna och *A. cochlioides* kunde isoleras från plantor i ett flertal jordar (tabell 5). Plantantalet, vilket påverkas av rotbrand, var högst i fälten på Vragerup och Pilvalla, som också hade lägst sjukdomsindex i rotbrandstestet, medan plantantalet var mer varierat i fält med högre sjukdomsindex (figur 6). Resultatet kan tolkas som att det är större risk att få ett dåligt bestånd med lågt plantantal om jorden har ett högt rotbrandsindex, vilket har konstaterats tidigare (Papavizas & Ayers, 1974). En planta angripen av rotbrand är naturligtvis också känsligare för yttre påverkan som skorpbildning och ogräsbekämpning. En extra tillsats av inokulum av *A. cochlioides*, 200 eller 1 000 oosporer per ml jord, medförde att infektionen blev hög i alla jordar och den stora ökningen i infektion efter tillsats av endast 200 oosporer per ml jord tyder på ett högt naturligt smittotryck (figur 8a). Den karakteristiska formen på kurvan för ökningen av infektion efter inokulering av *A. cochlioides*, särskiljer Gamlegård och Torsnäs från St. Uppåkra, Trolleberg och Bramstorp (figur 8b); Gamlegård och Torsnäs får en större ökning i infektion efter en liten tillsats av inokulum. Detta är dock inte något generellt särskiljande drag mellan plus- och medelgårdar. Eftersom växtföljd, temperatur och regnmängd är likartade för alla pargårdarna, vilket är faktorer viktiga för uppförökningen av i synnerhet *A. cochlioides*, kan antagligen graden av naturlig smitta och planttätheten i fält i viss mån vara ett mått på sjukdomshämning. *A. euteiches* uppförökades långsammare på en hämmande jord än på en icke-hämmande jord i fältförsök med monokultur av ärt (Persson *et al.*, 1999). Tre plusgårdar, Vragerup, Pilvalla och Bramstorp, hade lägre sjukdomsindex än sina respektive medelgårdar, men det var enbart Pilvalla och Bramstorp som hade sjukdomsindex lägre än 30. Övriga gårdar hade alla höga rotbrandsindex. Planttätheten var högre i alla plusgårdar än respektive medelgård, förutom Herrestorp och Groeholm, som hade lägre plantantal än sina medelgårdar. Detta kan bero på rotbrand men naturligtvis också på kombinationen med andra faktorer. Sammanfattningsvis kan det konstateras utifrån testerna av naturlig smitta att den frekventa betodlingen, med ibland treåriga växtföljder, troligtvis har skapat möjligheter för uppförökning av en jordburen patogen som *A. cochlioides* i jorden hos de flesta av pargårdarna både i hämmande och icke-hämmande jord.

Lermineralanalyserna visade att ett antal jordar har ett smektit/vermikulitindex högre än 3,0, och i fyra fall är det i paret den gård som har betraktats som plusgård (St. Uppåkra, Rutsbo, Pilvalla, Bramstorp) medan motsvarande medelgård har lägre kvot. Analyserna visade också att en ökning i lerhalt oftast följs av en ökning i smektit/vermikulitindex. Plantantalet i fält var också högst på den gård inom paret som har högst smektit/vermikulitindex, förutom paret Vragerup-Trolleberg. Plantantalet, vilket i viss mån beror på infektion av rotbrand, var mindre än 80 000 plantor per ha på Gamlegård, Herrestorp, L. Isie och Groeholm, vilka samtliga hade ett smektit/vermikulitindex lägre än 2,0 (figur 10). Resultaten antyder att rotbrand skulle vara mer frekvent på jordar med lågt smektit/vermikulitindex och låg lerhalt. Jordar med smektit/vermikulitindex 2 och högre, vilka också har högre lerhalt, hade både höga och låga plantantal, vilket kan tolkas som att det är större chans att få ett bra bestånd på dessa jordar. I en tidigare undersökning i konservärter hittades sjukdomshämning mot ärtrotträta i jordar med ett smektit/vermikulitindex som var högre än 3,0 medan jordar med lägre index var icke-hämmande (Persson & Olsson, 2000). Intressant nog fann Ewaldz (1987) att rotbrandsindex i ett test av 50 skånska betjordar var signifikant lägre i jordprov med styv lera än i jordar med lägre lerhalt. Undersökningar i England har också visat att *A. cochlioides* sällan hittades i jordar med hög lerhalt och högt pH, men var mer frekvent i lättare jordar och med ett pH <7,0



(Byford, 1975; Payne *et al.*, 1994). Men det är allmänt känt att problemen med *A. cochlioides* ökar med kortare växtföljder (Papavizas & Ayers, 1974) och Payne (1994) fann att frekvensen av *A. cochlioides* ökade med en växtföljd kortare än fyra eller fem år även i jordar med högre lerhalt. De nuvarande korta växtföljderna med uppförökning av patogener som *A. cochlioides* kan möjligtvis vara orsaken till att varken vi eller Lindberg (1999) kunde finna något entydigt samband mellan rotbrand och lerhalt, till skillnad från Ewaldz och Payne som gjorde sina undersökningar i mitten av åttiotalet. Man kan för närvarande enbart spekulera i om de styva jordarna med den lägre frekvensen av *A. cochlioides* i de tidigare undersökningarna i Skåne och England hade ett högt smektit/vermikulitindex, i likhet med jordar som hämmar ärtrot-röta.

Ett förvånande, men intressant, resultat i vår undersökning var att plusgården Rutsbo, (smektit/vermikulitindex = 3,5) hade en mycket hög smittograd i testet (sjukdomsindex = 60), men ett relativt bra bestånd i fält (80 000 plantor per ha). Medelgården Solvik däremot (smektit/vermikulitindex = 2,8), hade också mycket smitta (sjukdomsindex = 66), men ett mycket dåligt bestånd i fält (47 000 plantor per ha). Ett liknande förhållande fanns i undersökningarna av sjukdomshämning mot ärtrot-röta, där *A. euteiches* kunde isoleras från hämmande jordar, trots att plantorna var relativt friska. Detta förhållande är också grunden i en definition på en sjukdomshämmande jord; i en hämmande jord förblir infektionsgraden på en värdväxt låg trots att det finns inokulum av patogenen i jorden och att yttre förhållande är lämpliga för infektion (Cook & Baker, 1983). Sjukdomshämning är inte en egenskap som är helt opåverkbar, utan kan variera beroende på yttre förhållanden. Den relativa konkurrenskraften mellan en patogen och dess antagonister kan förändras beroende på förändringar i faktorer som vattenpotential i jorden (Cook & Papendick, 1972). Detta betyder att riklig vattning i ett växthustest kan ge patogenen en större fördel i konkurrenskraft än vad som är normalt i fält och resultatet blir en hög infektion trots att smittograden kanske är låg. Är dessutom patogenen uppförökad får den en stor konkurrenskraft vid infektionen av värdväxten. *Aphanomyces* spp. är mycket beroende av hög vattentillgång för bildning och spridning av zoosporer och för lite vatten kan ge utebliven infektion i ett växthustest (Papavizas & Ayers, 1974). Jordtester av såväl rotbrand som ärtrot-röta, indikerar patogenens potential att infektera värdväxten vid lämpliga klimatiska förhållanden, vilket för både *A. cochlioides* och *A. euteiches* är hög temperatur och god vattentillgång. Jämförelsen mellan resultaten i växthustestet av jordarna från Rutsbo och Solvik och bestånden i fält indikerar att en hög infektion i testet inte alltid medför en lika svår infektion i fält. Ett bra bestånd och friska plantor i fält som trots det har en hög smitta av *A. cochlioides* i jorden tyder på att sjukdomshämning kan ske i vissa jordar i fält under gynnsamma förhållanden.

Definitionen på plus- respektive medelgårdar baseras på ett genomsnittligt skördeutfall för gårdens alla fält, men i en direkt jämförelse mellan enskilda fält kan värderingen troligen kastas om beroende på småskaliga variationer mellan fälten som är geologiskt betingade. Sambandet mellan plusgård och högt smektit/vermikulitindex tycks finnas i vissa fall, som i paren Pilvalla-Torsnäs, St. Uppåkra-Gamlegård, Rutsbo-Solvik och Bramstorp-L. Isie, men inte i andra. Lermineralogin, i kombination med kornstorlek, har betydelse för såväl fysikaliska som kemiska faktorer och påverkar såbädd, skorpbildning, porvolym, vattentransport, växtnäring och buffringsegenskaper, vilka påverkar betans groning och tillväxt. Något entydigt resultat som visar på ett samband mellan lermineralogi och sjukdomshämning mot *A. cochlioides* finns inte, men utifrån bestånden i fält och uppgifter i litteraturen kan ett sådant samband inte uteslutas. Resultaten från undersökningarna av sjukdomshämning i konservärt antydde att ärter kunde odlas oftare än vart 6:e år på jordar med ett smektit/vermikulitindex

högre än 3,0, medan växtföljden borde vara längre på jordar med ett lägre index för att undvika angrepp av ärtrottröta (Persson, 1998). Eftersom sockerbeter redan idag odlas med korta växtföljder finns det kanske inget behov av att odla oftare, men på jordar där rotbrand är ett problem bör eventuellt växtföljden förlängas. Smitta av *A. euteiches*, kan orsaka ärtrottröta och medföra skördenedsättningar lång tid efter att ärter har odlats. Oosporer, svampens vilsporer, kan överleva 10 till 15 år i marken (Papavizas & Ayers, 1974) och oosporer av *A. cochlioides* överlever antagligen lika länge. En hög marksmitta medför inte alltid en infektion i grödan, men risken ökar vid stora regnmängder och det önskvärda bör vara att minska uppförökningen av svampens vilsporer i fält genom att ha en längre växtföljd.

## Slutsatser

- Variationen i lermineralogi är stor både inom och mellan pargårdarna. Fyra av plusgårdarna har jordar med högre smektit/vermikulitindex än sina respektive medelgårdar.
- Smektit/vermikulitindex är i dessa fyra jordar lika högt som i jordar sjukdomshämmande mot ärtrottröta (>3,0).
- Ökande smektit/vermikulithalter följs oftast av ökande lerhalt, vilket leder till att en plusgård tenderar att ha högre innehåll av högkapacitetsmineral än sin medelgård.
- Sjukdomshämningen var inte möjlig att mäta i växthustest eftersom den naturliga smittan av *A. cochlioides* var hög.
- De korta växtföljderna med ofta återkommande betodling har troligtvis gynnat *A. cochlioides* så att en uppförökning har kunnat ske i de flesta jordar.

## Referenser

- Byford, W. J. 1975. Observations of the occurrence of *Aphanomyces cochlioides* in agricultural soils in England. Transactions of the British Mycological Society, 65; 159-162.
- Cook, R. J. and Baker, K. F. 1983. The nature and practice of biological control of plant pathogens. St. Paul, MN, USA, APS Press.
- Cook, R. J. and Papendick, R. I. 1972. Influence of water potential of soils and plants on root disease. Ann. Rev. Phytopathol. 10; 349-347.
- Drever, J. I. 1973. The preparation of oriented clay mineral specimen for X-ray diffraction analysis by a filter-membrane peel technique. American Mineralogist 58; 553-554.
- Ekström, G. 1953. Beskrivning till kartbladet Lund. Sveriges Geologiska Undersökning Serie Ad, nr. 2.
- Ewaldz, T. 1987. Rotbrand i sockerbeter - en pilotstudie. Examensarbete 1987:12, Institutionen för växt- och skogsskydd, SLU.
- Larsson, M. and Olofsson, J. 1994. Prevalence and pathogenicity of spinach root pathogens of the genera *Aphanomyces*, *Phytophthora*, *Fusarium*, *Cylindrocarpon* and *Rhizoctonia* in Sweden. Plant Pathol. 43; 251-260.
- Lindberg, E. 1999. Rotbrand på sockerbeter och dess koppling till ogräsfloran i fält - en parstudie av 14 gårdar. Institutionen för växtskyddsvetenskap, Alnarp, SLU.
- Olsson, S. 1991. Geochemistry, mineralogy and porewater composition in uplifted, Late Weichselian-Early Holocene clays from southern Sweden. Lundqua Thesis vol. 28; 89 pp.
- Papavizas G. C. and Ayers W. A. 1974. *Aphanomyces* species and their root diseases in pea and sugarbeet. United States Department of Agriculture, Agricultural Research Service: Technical Bulletin No. 1485.

- Payne, P. A., Asher, M. J. and Kershaw, C. D. 1994. The incidence of *Pythium* spp. and *Aphanomyces cochlioides* associated with the sugar-beet growing soils of Britain. *Plant Pathol.*, 43; 300-308.
- Persson, L. 1998. Soil suppressiveness to *Aphanomyces* root rot of pea. Ph.D. Thesis, Acta Universitatis Agriculturae Suecia, Agraria 131, Swedish University of Agricultural Sciences, Uppsala, Sweden.
- Persson, L. and Olsson, S. 2000. Abiotic characteristics of soils suppressive to *Aphanomyces* root rot. *Soil Biol. Biochem.*, 32; 1141-1150.
- Persson, L., Larsson-Wikström M. and Gerhardson B. 1999. Assessment of soil suppressiveness to *Aphanomyces* root rot of Pea. *Plant Dis.*, 83; 1108-1112.
- Whitney, E. D. and Duffus, J. E. 1986. Compendium of beet diseases and insects. American Phytopathological Society, St. Paul, MN.