

# Om angrepp av rotröta på tall

*On root-rot attack on Scots pine*

av

ERIK RENNERFELT

MEDDELANDEN FRÅN  
STATENS SKOGSFORSKNINGSINSTITUT  
BAND 41 · NR 9

## I N N E H Å L L

	Sid.
Kap. 1. Sjukdomsbilden på tall.....	3
Kap. 2. Förekomsten av rotröta på tall.....	8
Kap. 3. Fysikaliska och kemiska egenskaper hos jordar med rotröta...	12
a. Markprofilens beskaffenhet.....	13
b. Mekaniska analyser.....	15
c. Markens reaktionstal.....	16
d. Kemiska markanalyser.....	19
Kap. 4. Svampens infektions- och spridningsbiologi.....	20
a. Infektionen.....	20
b. Svampens spridning i ett angripet bestånd.....	21
Kap. 5. Mikrobiologiska förhållanden i samband med uppträdandet av rotröta.....	28
Kap. 6. Åtgärder mot rotrötesvampen.....	32
a. Åtgärder i redan angripna bestånd.....	32
b. Förebyggande åtgärder.....	32
c. Behandling av avvecklade tallbestånd.....	33
1. Föryngring med tall, <i>Pinus silvestris</i> .....	33
2. Föryngring med <i>Murrayana</i> -tall, <i>Pinus Murrayana</i> .....	34
3. Föryngring med lärk, <i>Larix europaea</i> och <i>Larix leptolepis</i> ..	35
4. Föryngring med bok, <i>Fagus silvatica</i> .....	36
5. Föryngring med björk, <i>Betula spp.</i> .....	36
6. Föryngring med rödek, <i>Quercus borealis</i> .....	37
Använd litteratur.....	38
Summary.....	39

## Om angrepp av rotträta på tall

Rotträtesvampen, *Polyporus annosus*, Fr., anställer årligen svåra skador i våra skogar. I första hand angripes granen, som i större delen av landet är huvudvärd för svampen (RENNERFELT 1946). På vissa områden i södra Sverige angripes emellertid även tall. Då dessa angrepp synas bli allt vanligare och på sina håll hota att mer eller mindre ödelägga relativt stora bestånd, ha under de senaste åren undersökningar igångsatts vid Statens skogsforskningsinstitut i syfte att försöka få en närmare uppfattning om, hur angreppen komma till stånd och om något kan göras för att motarbeta sjukdomen. Så många definitiva resultat föreligga icke ännu, men måhända kan en översikt över hittills utförda undersökningar vara av intresse för läsaren.

### Kap. I. Sjukdomsbilden på tall

På granen har rotträtan som bekant i regel ett kroniskt förlopp. Sedan svampen tagit sig in i trädet, troligen genom försvagad vävnad, t. ex. ett rotsår, växer den in i den döda kärnveden, och även en gran med en mångårig långt avancerad rotträta kan ofta till det yttre verka frisk och sund. Hos granen uppträder rotträtesvampen alltså som en typisk saprofyt och åstadkommer i regel svåra skador, först när granen nått en ålder av 40—50 år eller ännu mer.

I ett tallbestånd är angrepps bilden en helt annan. En tallkultur kan i 15—20 årsåldern se mycket lovande ut. Beståndet har kommit upp jämnt och fint — i regel efter en plantering — tillväxten är efter omständigheterna tillfredsställande, och en röjning har kanske redan kunnat äga rum. Men plötsligt uppträda här och var i beståndet träd, som börja tyna och stanna i växten, och efter ett eller två år ha träden torkat på rot. Med ett dylikt döende träd som medelpunkt börja nya angrepp på de närmast kringstående träden. Knopparna skjuta icke, barrmassan börjar skifta i gulgrönt, och snart lysa kronorna på de angripna tallarna röda mot de kringstående ännu friska trädens normala grönska. Till slut lossnar barken på de döda tallarna, och insekter och blånadssvampar fullborda skadegörelsen.



Fig. 1. Lucka, försakad av *Polyporus annosus*, i en 30-årig tallkultur i Bläningeskogen, Öland.

Gap caused by *Polyporus annosus*, in a 30 year old pine plantation in Blälinge Forest, Öland.

Under gynnsamma betingelser vidgar sig angreppet cirkelformigt från begynnelsehärden med ungefär en meter per år, bildande s. k. *Trametes*-hål i beståndet (fig. 1). Om sjukdomen börjar samtidigt på flera håll i ett bestånd, behöver det sålunda ej förflyta så många år, förrän dessa luckor börja närma sig varandra. Risken för en ödeläggelse av hela beståndet är överhängande, och i varje fall blir en rationell skötsel därav omöjliggjord. Skötselåtgärderna få många gånger inskränka sig till att de döda tallarna tagas bort (fig. 2).

Angreppet förefaller att vara svårast i 20—30 årsåldern. Har beståndet uppnått en ålder av 40—50 år, brukar angreppet successivt minska och kanske



Fig. 2. Omkring 40-årigt tallbestånd, svårt angripet av rotröta, Gärdslösa socken, Öland.

Pine stand, approximately 40 years old, badly attacked by root-rot, Gärdslösa, Öland.

till slut alldeles upphöra. Flera bestånd ha dock iakttagits, där rotrötan alltjämt fortsätter sitt angrepp, fastän tallarna äro mer än 50 år. Vid Glömminge på Öland finnes ett omkring 50-årigt bestånd med pågående svåra angrepp. I Nedre Ålebäcks bysamfällighet i Sandby socken, likaledes på Öland, har på grund av rotrötans framfart ett stort hygge måst tagas upp i ett



Fig. 3. Hygge, uppkommet i ett 70-årigt tallbestånd till följd av rotröta. Bild från Nedre Ålebäcks bysamfällighet, Sandby socken, Öland.  
Clearing in an approximately 70 year old pine stand as a result of root-rot. Picture from Sandby Öland.

bestånd, vars äldsta delar nu äro i 70-årsåldern (fig. 3). Liknande angrepp förekomma även på Listerlandet, i Kristianstadstrakten m. fl. platser.

Den nyss beskrivna sjukdomsbilden är så karakteristisk, att man i regel ej behöver vara i tvivelsmål om diagnosen. Men vill man ha ytterligare bevis, lönar det sig att leta vid stambasen på de sjuka eller döda träden. Övervuxna

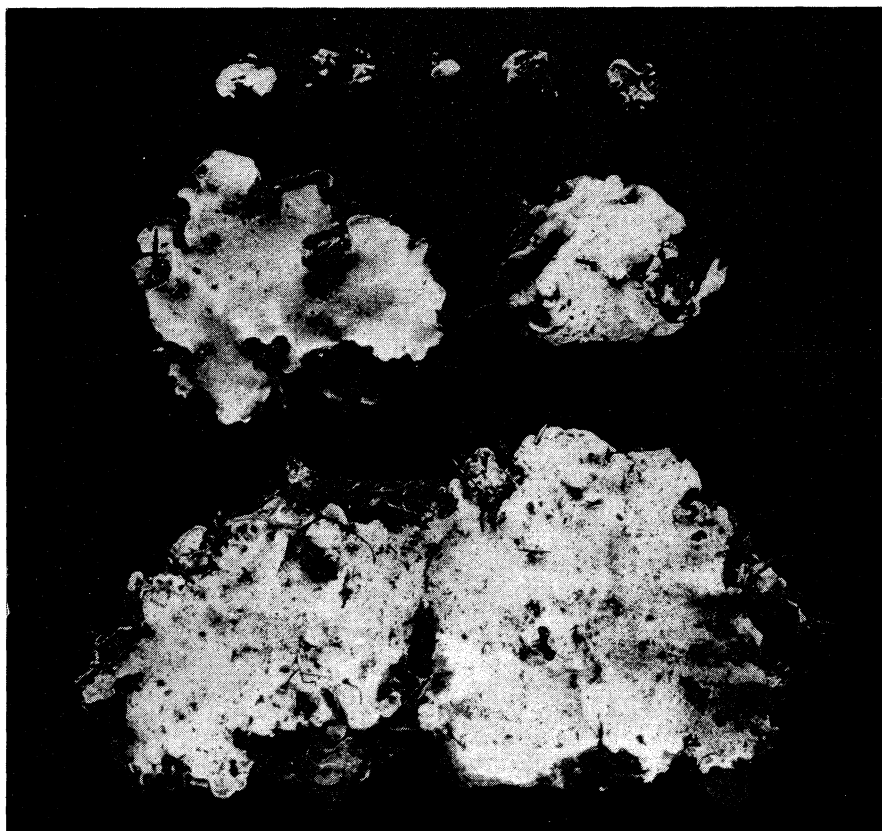


Fig. 4. Tickor av *Polyporus annosus* på tall,  $\frac{3}{4}$  av naturlig storlek.  
Fructifications of *Polyporus annosus* from pine,  $\frac{3}{4}$  natural size.

av mossa och gräs påträffas där ofta svampens fruktkroppar, sittande på barken. Sålunda hade av 169 undersökta döda eller döende tallar i några bestånd på Öland 43 st. eller en fjärdedel tickor vid rothalsen. RISHBETH (1951 a) säger, att tickorna äro vanliga i England, och enligt JÖRGENSEN och PETERSEN (1951) hade i ett angripet tallbestånd mer än hälften av de undersökta träden tickor vid stambasen. Möjligen kan denna större frekvens i fruktkroppsbildning bero på ett fuktigare och varmare klimat i dessa båda länder än i Sverige. Tickorna äro vanligen knöliga och oregelbundna i formen och ca 3—5 cm stora (fig. 4). Såväl större som mindre exemplar äro dock ej ovanliga.

Kådutgjutningar i rötterna och den nedersta delen av stammen äro vanliga, och likaså äro rotsystemen ofta helt eller delvis infekterade med mycelet. I stammen däremot utvecklas sällan någon tydlig och omfattande röta. I kärn-

veden har jag icke vid något tillfälle iakttagit *annosus*-röta. I splintveden kunna mindre sektorer med svagt rötad ved påträffas i stubbskåret, dock icke i alla angripna träd. Av 89 borrhåll, tagna 20 cm ovan markytan på döende eller nyligen döda tallar, innehöllo endast 32 eller ungefär tredjedelen *annosus*-mycel, och en meter upp i stammen påträffades icke detta mycel i något enda fall. Hos tallen har sjukdomen sålunda ett så hastigt förlopp, att mycelet inte hinner växa långt upp i stammen, innan trädet torkar, och vedens fuktighet därigenom blir för liten för mycelets vidare tillväxt i stammen.

## Kap. 2. Förekomsten av rotröta på tall

Vid en närmare granskning av sjukdomens utbredning i vårt land finner man, att den i första hand förekommer i kusttrakterna i södra Sverige. Den påträffas flerstädes inom de sandiga kustområdena i Halland, Skåne och Blekinge. Som särskilt svåra skulle jag vilja beteckna angreppen i Kristianstadstrakten och på Listerhalvön, där 100-tals hektar äro hotade. Svåra angrepp finnas även i de många, i flertalet fall små, tallbestånd, som anlagts på Öland för 30—40 år sedan. Även på Gotland och i Halland finnas en del icke obetydliga angrepp.

En del lokaler, där typiska rotrötehål ha uppstått i beståndet, ha dock påträffats även inne i landet. De största av dessa angrepp, som jag haft tillfälle att själv iakttaga, äro belägna vid Dänningelanda i Värends revir, på Högby mo i närheten av Mjölby, på Riseberga gård vid Skänninge och flerstädes i trakten av Vara. På andra håll inne i landet, särskilt i Småland, ha dessutom åtskilliga smärre angrepp iakttagits, där årligen enstaka eller ett fåtal träd dödas av svampen.

Norr om de stora mellansvenska sjöarna synes sjukdomen vara sällsynt. I Stockholmstrakten ha enstaka angripna tallar påträffats, och sommaren 1951 konstaterades ett litet angrepp i ett ca 60-årigt planterat bestånd omkring en mil norr om Västerås. På Malingsbo revir uppträder rotrötan i ungdomsbestånd på sandmark.

Sistlidna sommar har rotröta på tall även påträffats i Värmland. På hyperitmarkerna därstädes blir granen ofta svårt angripen av rotröta. I många av dessa bestånd finnes något tall insprängd, vilken brukar kvarlämnas som fröträd på rotrötehyggena. Ett onormalt stort antal sådana tallar ha blåst omkull vid några tillfällen. En närmare undersökning av rotvältorna har visat, att rötterna till stor del varit murkna, och ur rötveden har *P. annosus* isolerats. Även ungtallar, som dödats på rot av rotrötessvampen, ha påträffats på hyperitområdena.

På fig. 5 ha hittills undersökta eller inrapporterade rotrötelokaler inlagts.



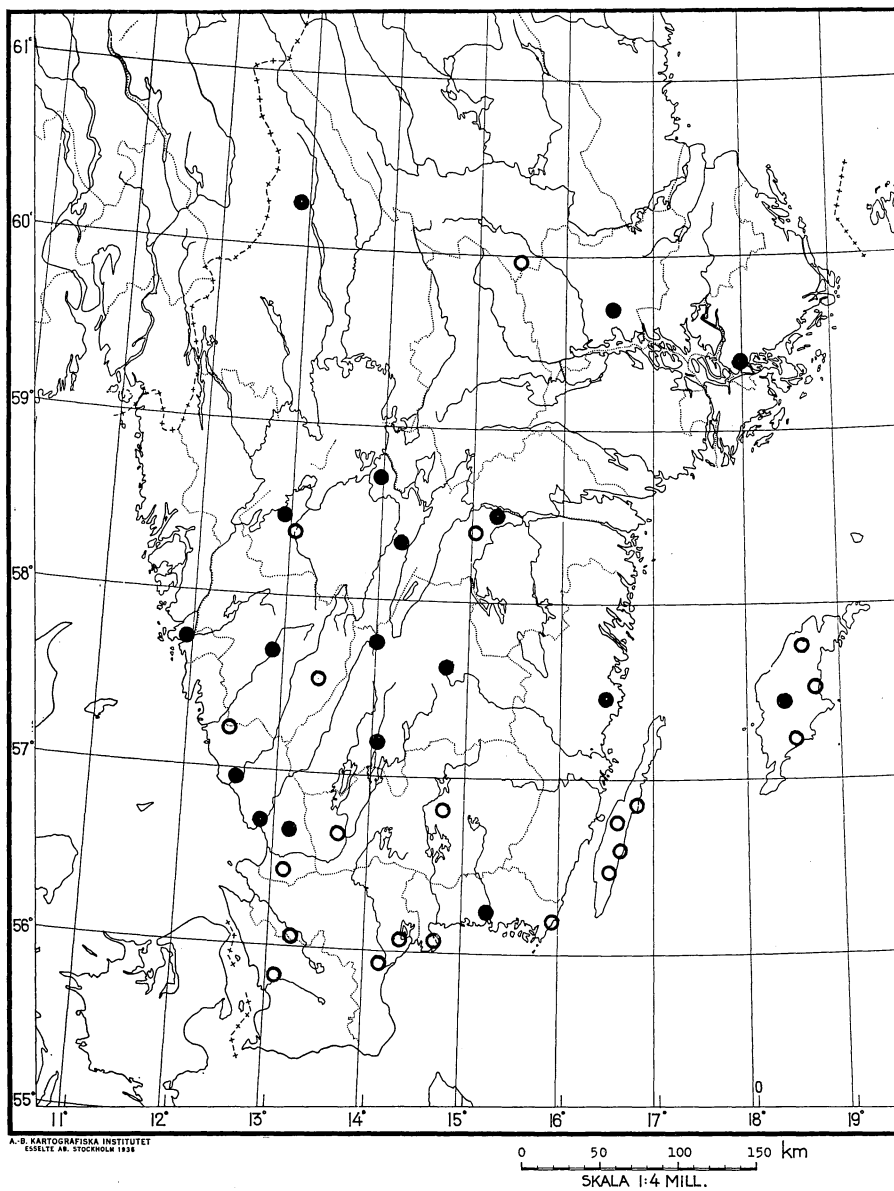


Fig. 5. Karta, utvisande rotrötelokaler på tall. Fylld cirkel betecknar lokal med enstaka angripna träd, ofylld cirkel lokal, där större hål uppträtt i bestånden.

Map showing areas of root-rot on pine. Solid circles represent areas with individually attacked trees, rings represent areas with large gaps of dead trees in the stands.

Kartan är icke fullständig, men torde ge en viss uppfattning om var vi ha de viktigaste förekomsterna av sjukdomen.

Tab. 1. Angrepp av rotröta på tall på provytor i Bläsingeskogen, Öland.  
Root-rot attack on pine in test plots at Bläsinge forest, Öland.

Provyta Test plot	År Year	Antal träd Number of trees				
		Totalt Total	Friska Sound	Med begynnan- de angrepp With commence- ment of attack	Med tydliga angrepp With marked attack	Döda eller döende Dead or dying
1	1948	100	50	20	18	12
	1949	100	41	23	17	19
	1950	100	33	28	17	22
	1951	100	26	22	15	37
2	1948	110	80	16	9	5
	1949	110	73	18	12	7
	1950	110	60	23	15	12
	1951	110	45	19	18	28
3	1948	105	71	16	11	7
	1949	105	64	20	10	11
	1950	105	58	23	7	17
	1951	105	55	22	5	23

Angreppet kan under vissa omständigheter utveckla sig snabbt. I tab. 1 har utvecklingen på tre provytor med ca 30-årig tall i Bläsingeskogen på Öland sammanställts. Vid utläggningen av provytorna klassificerades träden i friska träd, sådana med begynnande resp. tydliga angrepp och till slut döende eller döda träd. Varje provyta omfattar ca 100 träd, och redan vid utläggandet funnos såväl angripna som döda träd på varje yta. På provyta I var sålunda hälften av träden sjuka, på de två andra ytorna var tillståndet bättre.

Under de tre åren från 1948 till 1951 har sjukdomen fortskridit snabbt, särskilt på provyta I, där icke mindre än  $\frac{1}{4}$  av träden dödats av svampen under denna relativt korta tid. Även på de två andra ytorna har sjukdomen krävt en stor tribut. År 1948 funnos på provyta I 50 friska tallar, 1951 voro endast 26 friska träd kvar, medan 24 st. angripits av sjukdomen. Av dessa 24 tallar voro 1951 15 st. svagt, 5 st. tydligt angripna och 4 st. döda. Angreppet kan sålunda gå ganska hastigt.

Gemensamt för nästan alla de lokaler, där rotrötan förorsakat en svårare härjning, är att marken består av sand och att området tidigare utnyttjats som åker. Till följd av ringa näringstillgång och i många fall även låg nederbörd lämnade åkern dålig avkastning och planterades därför igen med tall. Under liknande omständigheter uppträder rotrötan på tall flerstädes utomlands, t. ex. i Danmark, England och Tyskland (ROHMEDE 1937, FERDINANDSEN & JÖRGENSEN 1938, RISHBETH 1950).

I det övervägande antalet fall äro dessa tallbestånd planterade. Flera forskare anse, att plantering medför större risk för angrepp av rotröta än sådd



Fig. 6. Omkring 70-årig tall i naturbestånd, dödad av rotröta. Högby mo, Västra Östergötlands häradsallmänningar.

Approximately 70 year old pine in a natural stand, killed by root-rot, Högby pineheath, Östergötland.

eller självsådd och ställa detta i samband med att plantan vid plantering bl. a. kan komma i ett onaturligt läge. Därigenom uppstå skador lättare på rotsystemen, vilka kunna bli ingångsportar för rotrötesvampen (ROHMEDER 1937). I många fall går det knappast att använda sådd på dessa speciella marker på grund av klimatiska förhållanden, t. ex. försommartorkan på Öland och Gotland. Även om antalet kulturer, uppkomna genom sådd, sålunda är litet, finnas dock dylika bestånd, som äro svårt angripna. I närheten av

Vara besöktes sålunda ett 23-årigt tallbestånd, uppkommet efter bredsådd. I beståndet funnos flera luckor, förorsakade av *P. annosus*.

Även i självföryngrade bestånd har jag vid flera tillfällen iakttagit angrepp av rottröta. I synnerhet gäller detta föryngring på områden, där föregående generation varit planterad tall på gammal åker. Härtill återkommer jag närmare i kap. 6. Men även äldre tall i naturbestånd, där marken tidigare troligtvis icke nyttjats som åker, kan angripas. Dylika angrepp förekomma bl. a. på småländska höglandet, t. ex. i närheten av Eksjö och på Högby mo (fig. 6). I dessa naturbestånd är det dock i regel blott enstaka tallar här och var i beståndet, som angripas. Några angrepp, som bilda *Trametes*-hål i bestånden, har jag inte iakttagit.

Som tidigare nämnts, förekommer det övervägande antalet angrepp av rottröta på sandmark, som tidigare utnyttjats som åker. Men den kan även uppträda under andra förhållanden. Den 70 ha stora tallskogen vid Bläsinge på Öland har planterats på den ljunghed, som gränsar intill alvaret. När det gäller gran, vet man, att ljunghed kan disponera för angrepp av rottröta, troligen sammanhängande med att *P. annosus* även kan angripa ljung. Marken kan sålunda redan vid ljunghedens överförande till grankultur vara infekterad med rottrötemycel. Sannolikt kan samma förhållande inträffa i fråga om tall.

Ett fall av typisk rottröta på tall på moränmark har iakttagits. Vid Kattarp i Laholms socken uppträder rottrötan i ett ca 40-årigt planterat tallbestånd. Marken utgöres där av storblockig morän, tidigare bevuxen med ljung. Enligt det i trakten förekommande bruket, brändes ljungen vart 7:de år, och marken användes som bete. I detta tallbestånd synes sålunda rottrötan uppträda under omständigheter, som ej förekommit i tidigare omnämnda fall.

### Kap. 3. Fysikaliska och kemiska egenskaper hos jordar med rottröta

I föregående kapitel har omnämnts, att på nästan alla de lokaler, där rottrötan förorsakar en härjning, består marken i det skikt, där huvudparten av tallrötterna finnas, av sand, och att området tidigare nyttjats som åker.

Vissa andra gemensamma egenskaper finnas också. Markvegetationen är i regel torftig, bestående av olika skogsgräs, ljung, blåbär och mossor, ibland även lav. Humustäcket är tunt, vanligen inte mer än 1—2 cm, ibland kanske 3 cm tjockt. Detta tunna humustäcke har svårt att hålla kvar nederbörden, som dessutom ofta är låg, på flera av lokalerna inte mer än 450—500 mm årligen. Då sanden är lättdränerande, uppträder grundvattnet ofta först på många meters djup. En viss svårighet för träden att få tillräckligt med vatten

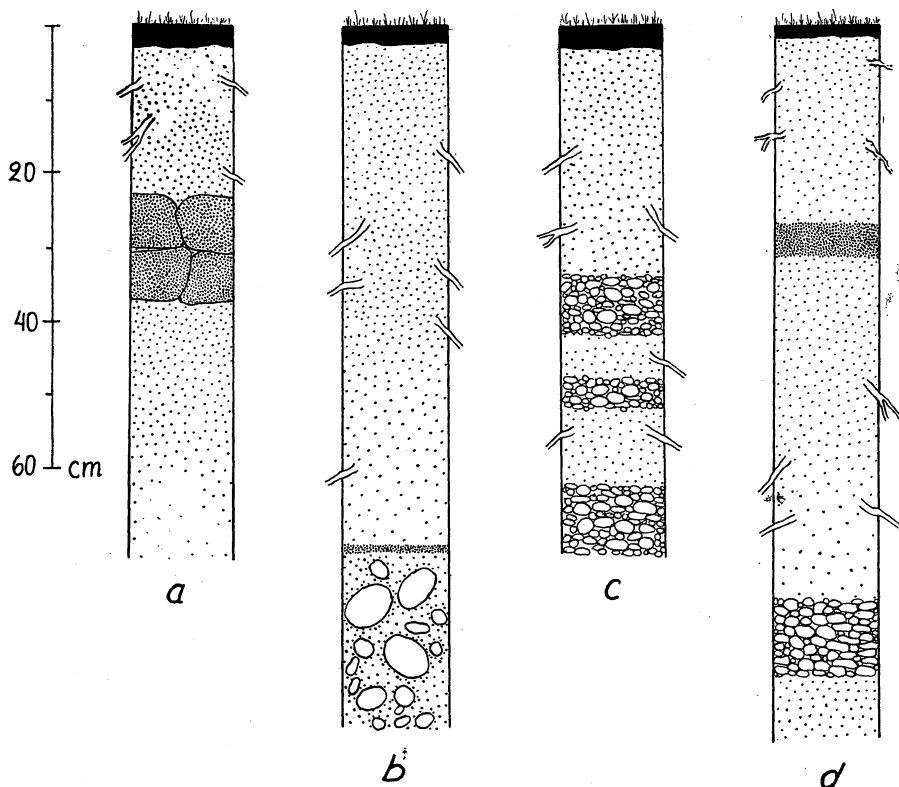


Fig. 7. Jordprofiler från rotrötelokalerna. a) Lister I, Bl, b) Lister II, Bl, c) S. Sandby, Öl, d) Bläsinge III, Öl.

Soil profiles from root-rot areas.

torde sålunda finnas. Detta förhållande bidrar nog till att minska deras motståndskraft mot angrepp av rotrötesvampen.

En av de vanligaste förklaringarna till rotrötans uppträdande på gammal åker är, att under den tid, då marken nyttjades som åker, utbildades ett hårt skikt, den s. k. plogsulan, mellan den brukade delen av marken och sanden nedanför. Detta hårda skikt skulle utgöra ett hinder för rötternas normala utveckling, varigenom de lättare skulle angripas av rotrötesvampen (FERDINANDSEN och JÖRGENSEN 1938).

### a. Markprofilens beskaffenhet

För att få en närmare uppfattning om rotrötelokalernas beskaffenhet i detta avseende, ha markprofiler tagits upp på ett flertal platser. På fig. 7 återgivas några dylika schematiskt, alla från platser med svåra angrepp av rotröta. På provytan nr I vid Mjällby, Listerlandet, finnes under humuslagret

2\*. Meddel. från Statens skogsforskningsinstitut, Band 41: 9.

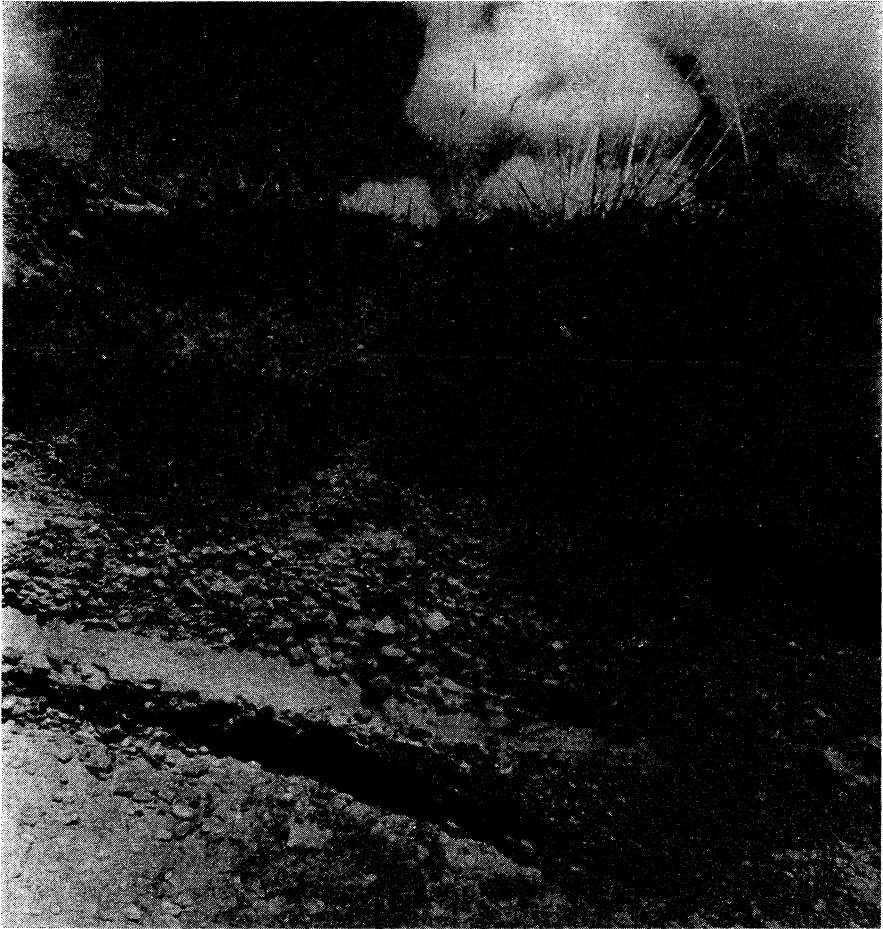


Fig. 8. Markprofil vid Bläsingeskogen, Öland.  
Soil profile at Bläsinge Forest, Öland.

ett ca 20 cm tjockt sandlager. Därefter kommer en skenhälla (ortsten), som är svår att komma igenom med spaden, och som även tallrötterna synas ha svårt att passera. Därunder är det åter sand. På provytan nr II, som endast ligger något 100-tal m vid sidan om provyta, saknas skenhällan, åtminstone vid provtagningsstället. Först omkring 70 cm ned i marken påträffas ett lager av större och mindre rullsten.

På Öland togos två profiler upp, som voro varandra ganska olika. I det ena fallet, Nedre Ålebäcks kommunallmänning, var det först ett ca 30 cm djupt sandskikt, därefter följde hårt skiktat sten och grus 8 cm, så sand

igen o. s. v. med den för avlagringarna på Öland karakteristiska upprensningen av sand och grus. Tallrötter påträffades huvudsakligen i det övre sandskiktet, men även till de två nästa sandskikten hade en del rötter trängt ned. I profilen på provytan Bläsinge III (fig. 8) hade sandskiktet en mäktighet om ca 75 cm, därunder kom sammankittat grus. Rötter gingo ända ned till gruset.

På andra områden, där rottrötan uppträder svårartad, såsom på flygsandsfälten i Kristianstadstrakten eller vid Högby mo i Östergötland, kan man gräva meterdjupt i fin sand. Där synas rötterna åtminstone icke stöta på något påtagligt utbildat mekaniskt hinder vid nedträngandet i marken.

Dessa få exempel visa, att rottröta kan uppträda på områden med en olika utformad markprofil. I en del fall finnes ett mekaniskt hinder för rötternas nedträngande till djupare nivå, i andra fall icke. Förekomsten av skenhälla är otvivelaktigt en skadlig faktor för tallen, vilket tidigare framhållits av bl. a. TAMM (1937). Även andra faktorer måste emellertid bidra till att framkalla sjukdomsbilden. Som tidigare nämnts, äro rottrötelokalerna i regel belägna på torra, magra sandmarker. I syfte att få en närmare uppfattning om lokalernas beskaffenhet ur fysikalisk-kemisk synpunkt, ha såväl mekaniska som kemiska analyser utförts på ett flertal prover.

### b. Mekaniska analyser

De mekaniska analyserna ha utförts enligt den av professor Tamm utarbetade metodiken. I tab. 2 ha analyser från några olika lokaler sammanställts. Av tabellen framgår, att beskaffenheten av sanden är ungefär densamma i alla proven. Det är partiklar av mellansand (0,6—0,2 mm), som dominera i flertalet prov, i varje fall i de ytliga skikten. Längre ned kan halten av grov- och fingrus öka, t. ex. vid 75 cm djup i Bläsinge. Halten av mycket finkorniga partiklar (< 0,06 mm) är, med undantag för Högby-proven, liten i alla proven. Då denna fraktion har den största betydelsen som vattenkvarhållande del av sanden, torde svårigheter — speciellt under torkperioder — kunna uppstå med trädens vattenförsörjning.

Ett par av proven (Yngsjö och Norje) ha tagits från friska lokaler. Den mekaniska analysen av dessa prov har givit liknande värden som för dem från lokaler med rottröta.

I samtliga prov har även basmineralindex bestämts. I flertalet prov är det lågt med värden under 5. I Bläsingeproven varierar basmineralindex i de översta sandproven från 3—75 cm djup mellan 2,70 och 4,25. Först på 80 cm djup uppnår basmineralindex ett värde på mer än 8. I proven från Högby är basmineralindex mycket jämnt, 7,1—8,3. Även de återstående rottrötelokalerna utmärka sig för låga basmineralindex, särskilt Bäckaskog och Åhus, även om de icke uppnå de osedvanligt låga värden, som anges av TAMM

Tab. 2. Mekanisk analys på sandprov från rottrötelokaler.

Mechanical analysis of sand samples from root-rot areas.

Prov Areas investigated	Djup cm Depth cm	Grov- grus 20—6 mm	Fin- grus 6—2 mm	Grov- sand 2—0,6 mm	Mellan- sand 0,6—0,2 mm	Grov- mo 0,2—0,06 mm	Fin- mjåla och ler < 0,06 mm	Hu- mus- förlust % Humus Loss %	Bas- mine- ral- index Base- mineral- index
Bläsinge I, Öl...	0—3	—	—	1,8	46,8	18,2	9,0	24,2	5,47
	3—7	—	—	19,6	49,4	28,0	2,7	0,3	4,06
	7—15	0,4	2,4	23,4	45,2	26,2	2,5	0,0	4,25
	17—26	1,6	1,6	9,8	42,2	40,4	4,3	0,2	2,70
	50—55	0,1	1,2	12,9	37,5	45,4	3,0	0,1	3,33
	67—75	11,9	15,8	24,6	22,8	19,3	5,6	0,1	3,45
Högby, Ög.....	80—90	6,2	9,2	25,3	24,0	32,4	2,3	0,5	8,47
	0—6	1,7	3,7	13,8	33,2	20,1	22,5	5,0	7,96
	6—12	2,3	6,0	13,8	30,1	21,9	22,9	2,9	7,63
	12—16	2,4	5,6	14,7	31,0	20,7	24,0	1,6	7,11
	18—23	2,8	6,3	13,2	28,1	23,5	24,6	1,5	8,28
	23—29	6,3	13,2	13,3	18,5	21,3	26,3	1,2	7,90
Övertorp, Öl....	29—35	10,8	5,7	8,9	14,8	26,5	32,9	0,5	7,78
	3—20	2,1	1,8	10,2	65,3	13,4	3,9	3,5	4,11
Jämjöslätt, Bl. .	»	0,4	4,4	14,7	27,4	36,0	13,0	4,2	10,90
Konungshamn, Bl	»	0,1	2,1	26,1	57,2	11,9	1,6	1,0	7,17
Bäckaskog, Sk...	»	1,8	13,3	38,1	24,1	14,3	6,7	1,6	3,53
Åhus, Sk.....	»	—	—	2,1	54,2	38,0	4,4	1,3	1,46
Yngsjö, Sk.....	»	—	—	38,2	52,9	5,3	2,6	1,0	1,52
Norje, Bl.....	»	—	1,1	14,3	69,8	13,3	1,2	0,3	3,85

(1937) för de lågproduktiva sandmarkerna å Hökensås och i övre Lagadalen. Jämfört med MALMSTRÖMS omfattande material från Västerbottens skogsmarker (MALMSTRÖM 1949) äro värdena för basmineralindex från dessa sandmarker låga.

Ett lågt basmineralindex har även sanden från de båda friska lokalerna Yngsjö och Norje.

Om dessa sandprov kan sålunda sägas, att fördelningen av kornstorleken är ungefär densamma i samtliga prov med en relativt hög procent mellansand. Basmineralindex är även i flertalet fall lågt. Men eftersom proven från de friska marktyperna ha samma egenskaper, går det icke att hänföra rottrötans uppträdande enbart till sandmarker med lågt basmineralindex och viss fördelning av partikelstorleken. Även ytterligare faktorer måste medverka till uppkomsten av rottröta.

### c. Markens reaktionstal

Sambandet mellan markens reaktionstal (pH) och angrepp av rottrötesvampen har ofta diskuterats. I laboratorieförsök tillväxer *P. annosus* mellan pH 3 och 7. På maltagar eller i näringslösning erhålles en god tillväxt inom



**Tab. 3. pH-värden från rotrötelokaler.**  
pH values from root-rot infected areas.

Plats Locality	Markdjup Depth of soil cm	pH	Plats Locality	Markdjup Depth of soil cm	pH
Högby, Ög.....	0— 2	4,9	Köpinge, Sk	0— 2	4,9
	2— 7	4,8		2— 7	4,8
	7— 12	5,0		7—12	5,0
	12— 17	5,1		12—17	5,1
	70— 75	7,8		70—75	7,8
Bläsinge I, Öl. ....	0— 3	5,7	Lister I, Bl.	0— 3	4,1
	3— 7	6,0		3—20	4,4
	7— 15	6,0		20—33	4,7
	17— 26	6,1		33—45	4,8
	50— 55	6,5		45—64	5,0
	67— 75	6,2		> 69	5,1
	80— 90	8,0			
Bläsinge III, Öl ...	0— 4	4,8	Lister II, Bl.	0— 4	4,4
	4— 27	5,4		4—13	4,8
	27— 60	6,5		13—39	5,1
	60— 83	7,7		39—68	5,1
	83— 94	8,1		68—88	5,0
	94—100	8,1		> 88	4,9

**Tab. 4. pH-värden på friska och sjuka lokaler.**  
pH values in infected and uninfected areas.

Plats Locality	pH-värdet i prov 3—20 cm pH-value in samples 3—20 cm	
	frisk mark uninfected soil	sjuk mark infected soil
Visby, Gtl.....	5,9	6,4
Solberga, Öl.....	4,9	4,7
Torsö, Bl.....	4,6	4,0
Mjällby, Bl.....	4,0	4,4
Åhus, Sk.....	4,6	5,2

ett pH-område om ca 4,5—5,5 (LAGERBERG 1923, ROBAK 1933). Med speciella försöksanordningar kan en ungefär lika god utveckling erhållas inom ett större intervall. Genom odling på filtrerpapper erhöi sålunda TRESCHOW (1938) lika god tillväxt från pH 3 till 7. I sågspånskulturer tillväxer mycelet mellan pH 4 och 7 med optimal tillväxt vid pH 5,5 (ROBAK 1933, JÖRGENSEN, LUND och TRESCHOW 1939).

I angripna tallbestånd kunna pH-värdena variera inom ganska vida gränser. Enligt VON HOPFFGARTEN (1933) kan pH-värdet variera mellan 4,6 och 6,0. RISHBETH (1950) fann, att pH-värdet i kulturer på tidigare åkermark i

flertalet fall var högt (7,0—8,9), medan det i angripna bestånd i skogsmark var betydligt lägre (4,0—5,9). I Californien uppträder *Polyporus annosus* på västamerikanska tallar på sandmark med ett pH mellan 5,7 och 6,7 (WAGENER och CAVE 1946). Enligt dessa uppgifter kan rotrötesvampen sålunda uppträda inom ett tämligen vidsträckt pH-område.

Liknande förhållanden synas råda i vårt land. På många av de lokaler, där rotröta uppträder på tall, har pH-värdet undersökts. I tab. 3 har en sammanställning av några dylika värden gjorts. Som synes variera pH-värdena i skikten närmast under humustäckets mellan 4,4 och 6,0. Proven från Högby, Listerlandet och Köpinge ha ett pH omkring 5, medan Bläsinge-proven ligga omkring 6. Hos flertalet prov kan en markant ökning i pH-värdet iakttagas med stigande djup. På 80—100 cm djup ha pH-värden på ca 8 konstaterats i ett par fall, tydligen beroende på hög halt av kalciumkarbonat därstädes (jfr tab. 5).

Tab. 5. Kemisk analys av prov från rotrötelokaler.

Chemical analysis of test samples from root-areas.

Plats Locality	Mark- djup cm Depth of soil cm	Torr- sub- stans Dry material %	Org. sub- stans Organic material %	Oorg. sub- stans Inor- ganic material %	CaO		P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> %	K <sub>2</sub> O %	N %
					Assi- miler- bar Inor- Assimi- lable %	Total %			
Högby, Ög.....	0—6	99,03	4,60	95,40	0,09	0,51	0,09	0,17	0,12
	6—12	99,22	3,08	96,92	0,07	0,50	0,08	0,17	0,08
	12—16	99,28	2,51	97,49	0,07	0,47	0,08	0,16	0,06
	18—23	99,34	2,25	97,75	0,06	0,41	0,07	0,14	0,05
	23—29	99,42	1,61	98,39	0,04	0,48	0,06	0,17	0,04
	29—35	99,47	1,28	98,72	0,03	0,47	0,06	0,17	0,03
Bläsinge I, Öl.....	0—3	95,93	19,94	80,06	0,62	0,94	0,10	0,17	0,44
	3—7	97,29	0,84	99,16	0,04	0,35	0,04	0,10	0,01
	7—15	97,51	0,65	99,35	0,03	0,37	0,05	0,10	0,01
	17—26	94,93	1,01	98,99	0,04	0,25	0,07	0,09	0,02
	50—55	96,83	0,51	99,49	0,02	0,28	0,06	0,12	0,01
	67—75	94,56	0,79	99,21	0,03	0,41	0,09	0,23	0,01
	80—90	97,99	0,48	99,52	1,35	5,00	0,08	0,14	0,00
Köpinge, Sk.....	0—2	97,82	10,48	89,52	0,17	0,38	0,09	0,08	0,27
	2—7	99,42	1,82	98,18	0,02	0,27	0,08	0,07	0,05
	7—12	99,52	1,40	98,60	0,00	0,20	0,06	0,06	0,04
	12—17	99,52	1,22	98,78	0,00	0,23	0,06	0,06	0,04
	70—75	99,47	0,49	99,51	1,05	15,86	0,17	0,07	0,01
Lister I, Bl.....	0—3	98,60	9,03	90,97	0,05	0,14	0,06	0,09	0,18
	3—20	99,28	2,52	97,48	0,01	0,10	0,08	0,09	0,05
	20—33	99,35	1,76	98,24	0,00	0,08	0,09	0,06	0,03
	33—45	99,43	1,05	98,95	0,00	0,14	0,14	0,07	0,01
	45—69	99,56	0,79	99,21	0,01	0,11	0,12	0,11	0,01
	69—	99,72	0,64	99,36	0,01	0,08	0,06	0,12	0,14

På ett par håll undersöktes pH-värdet på intilliggande friska och sjuka områden. Av tab. 4 framgår, att några väsentliga skillnader icke förefinnas mellan de friska och sjuka markerna i fråga om pH-värdena. De friska markerna ha i en del fall ett något lägre pH, men exempel på motsatsen finnas också. Markens pH-tal i och för sig kan sålunda icke ställas i samband med uppträdandet av rotröta. Till denna slutsats ha även FERDINANDSEN och JÖRGENSEN (1938) kommit vid liknande undersökningar i Danmark.

#### d. Kemiska markanalyser

Från de olika rotrötelokalerna ha även kemiska markanalyser utförts enligt vid institutet gängse metoder (KNUTSON 1949). I tab. 5 ha analyser på olika markdjup från några av dessa lokaler sammanställts. Av tabellen framgår, att humushalten även i det översta skiktet är liten. Endast i ett av proven uppgår den till omkring 20 % av torrsubstansen. I skikten något längre ned uppgår halten av organisk substans icke till mer än 1—2 %.

Halterna av de fysiologiskt viktiga ämnena kalk, fosforsyra, kali och kväve uppvisa låga värden med undantag för det tunna humusskiktet, där i flertalet fall halterna visa överensstämmelse med de värden MALMSTRÖM (1949) erhållit i Västerbotten. Kalken lakas tydligen lätt ur i den övre delen av sanden på kalkrika marker. I proven från Blälinge och Köpinge är kalkhalten på 70—80 cm djup nämligen många gånger högre än i sanden ovanför.

Även i fråga om de kemiska markanalyserna ha några bredvid varandra liggande friska och sjuka lokaler undersökts (tab. 6). Några påfallande skillnader i halterna av mineralämnena mellan de olika proven kan dock icke konstateras.

**Tab. 6. Kemisk analys av prov från intill varandra belägna friska och sjuka lokaler. Prov från 3—20 cm.**

Chemical analysis of samples from adjacent healthy and infected areas.

Plats Locality	Tallens till- stånd Condition of pine	Torr-	Org.	Oorg.	CaO		P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	N
		sub-	sub-	sub-	assi-	total			
		stans	stans	stans	miler-	total			
Dry	Organic	Inorg.	bar	total	%	%	%	%	
material	material	material	assimi-	total	%	%	%	%	
%	%	%	lable	%	%	%	%	%	
Visby, Gtl. . . . .	frisk	99,54	1,90	98,10	0,11	0,15	0,02	0,09	
» » . . . . .	sjuk	99,18	3,88	96,12	0,23	0,29	0,07	0,12	
Solberga, Öl. . . . .	frisk	99,32	3,53	96,47	0,08	0,08	0,04	0,24	
» » . . . . .	sjuk	99,57	2,04	97,96	0,05	0,06	0,03	0,09	
Torsö, Bl. . . . .	frisk	99,83	0,84	99,16	0,03	0,18	0,02	0,04	
» » . . . . .	sjuk	99,22	4,64	95,36	0,03	0,16	0,05	0,07	
Åhus, Sk. . . . .	frisk	99,76	1,01	98,99	0,00	0,07	0,02	0,03	0,03
» » . . . . .	sjuk	99,57	1,19	98,81	0,03	0,11	0,05	0,08	0,03

Tallen torde sålunda på dessa torra sandmarker ha vissa svårigheter både med sin vattenförsörjning och med erhållandet av tillräcklig mängd mineralämnen. Detta skulle möjligen kunna göra tallen mindre motståndskraftig mot angrepp av rotrotessvampen på denna typ av mark. Samtidigt kanske rotrotessvampen av någon anledning har bättre möjligheter än normalt för att få ett angrepp till stånd. Närmare undersökningar över frågan om eventuella olikheter i tallens disposition för ett angrepp ha dock icke utförts, men frågan vore värd ett närmare studium.

## Kap. 4. Svampens infektions- och spridningsbiologi

Av största betydelse för vår förståelse för hela rotroteproblemet och för den eventuella möjligheten att vidtaga motåtgärder är frågan om hur rotrotessvampen infekterar och sprider sig i ett bestånd. Full klarhet har väl inte ännu erhållits i dessa frågor, men under de senaste åren ha nya intressanta iakttagelser och teorier framkommit, som väsentligt ha vidgat vår kunskap om rotrotessvampens biologi.

### a. Infektionen

Enligt äldre föreställningar (FERDINANDSEN & JÖRGENSEN 1938, sid. 346) infekterar *P. annosus* träden via rotsystemet. Hos äldre träd tar sig svampens mycel in genom döda rötter eller sårade partier. Hos yngre träd däremot skulle svampen även kunna uppträda som en parasit och infektera även helt oskadade rötter. Möjligen äger infektionen rum på detta sätt hos granen, där sjukdomen i regel har ett tämligen utpräglat kroniskt förlopp.

Beträffande i första hand tallen har emellertid en helt ny uppseendeväckande infektionsteori nyligen framställts av engelsmannen RISHBETH (1950, 1951 a och b). Rotröta på tall uppträder som en allvarlig skadegörare i tallkulturer i östra England, särskilt i sådana planterade på mark, som tidigare varit åker eller ljunghed. Dessa områden bestå av flygsandsfält och ligga inom en zon med liten nederbörd, omkring 500 mm per år. RISHBETH gjorde den iakttagelsen, att sjukdomen nästan alltid börjar uppträda, sedan de första gallringarna ägt rum. Från de kvarlämnade stubbarna synes den sedan sprida sig till de angränsande friska träden. Detta antog RISHBETH bero på att stubben infekterades av i luften kringflygande *annosus*-sporer, vilka grodde på stubbskåret, växte ned i rötterna och genom rotsammanväxningar och mer eller mindre ytliga rotkontakter infekterade de kringstående träden.

I ett flertal experiment har RISHBETH försökt att bevisa denna infektionsteori. Han har sålunda vid många tillfällen isolerat *annosus*-mycel ur stubbar en eller ett par månader efter avverkningen av friska tallar. Genom be-

handling av stubbarna med kreosot eller liknande medel har han i stor utsträckning kunnat förhindra infektionen med *annosus*-mycel, såsom framgår av nedanstående uppställning.

Kreosotbehandlade stubbar.....	4 %	infekterade
Målade stubbar.....	4 %	»
Jordtäckta stubbar.....	51 %	»
Obehandlade stubbar.....	36 %	»

Betydelsen av den årstid, då gallringen utföres, har även undersökts av RISHBETH. Han fann i genomsnitt betydligt fler infekterade stubbar i avverkningar utförda under höst- och vintermånader, än i stubbar avverkade under våren och sommaren. Detta beror delvis på det rikliga kådflödet under savningstiden, vilket förhindrar groningen av sporer på stubbarna. Delvis torde det även hänga samman med konkurrens från andra röt- och mögel-svampar, vilka växa snabbare än *P. annosus* och under sommarmånaderna förekomma rikligare än denna svamp. RISHBETH nämner i detta sammanhang bl. a. *Peniophora gigantea*.

Hur stämmer nu denna teori med erfarenheterna i andra länder? Otvivelaktigt finnas många fall i vårt land, där rotröta börjar i samband med huggningar i bestånden, eller där angreppet blir kraftigare, om huggningen göres hård. Å andra sidan finnas även åtskilliga exempel på att rotröta i tallkulturer kan uppträda utan att huggning av något slag ägt rum i beståndet. Möjligen kan primärangreppet i sådana fall komma från ett snötryckt eller på annat sätt skadat träd, en möjlighet som RISHBETH själv icke anser utesluten. För att undersöka om RISHBETHS infektionsteori gäller även under svenska förhållanden, ha 1951—1952 ett antal försök utlagts på Högby mo, tillhörande Västra Östergötlands häradsallmänningar.

Även utomlands finnas erfarenheter, som stödja RISHBETHS åsikter, t. ex. i Danmark (JÖRGENSEN och PETERSEN 1951) och i USA (HEPTING och DOWNS 1944).

Om RISHBETHS infektionsteori visar sig vara riktig, öppnar sig möjlighet att bekämpa rotrötan såväl genom skötseln av beståndet som genom direkta förebyggande åtgärder för att hindra smittan. Härtill återkommer jag närmare i kap. 6.

### b. Svampens spridning i ett angripet bestånd

Beträffande rotrötans spridning i ett angripet tallbestånd torde förhållandena nu ligga klart till. Otvivelaktigt förhåller det sig så, att det viktigaste, kanske enda spridningssättet från träd till träd sker så, att mycelet från en infekterad rot eller stubbe genom rotkontakt växer in i ett annat träd (WAGNER och CAVE 1947, RISHBETH 1950, JÖRGENSEN och PETERSEN 1951 m. fl.).

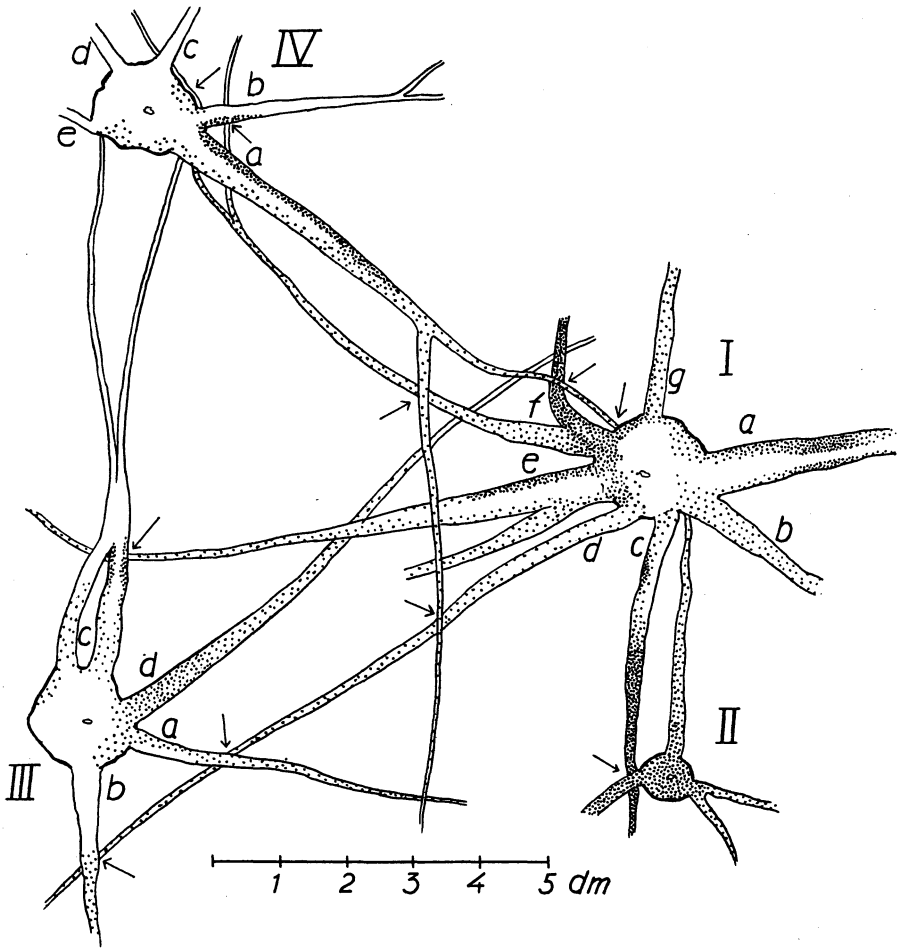


Fig. 9. Schematisk bild av rotsystemen hos fyra tallar på Högby mo. I och II döda träd, III svårt och IV lindrigt angripet träd. Med pilar ha rotkontakter markerats.

Schematic diagram of the root systems for four pines at Högby pineheath. I and II dead trees, III badly and IV lightly attacked trees. Root contacts indicated by arrows.

I ett angripet bestånd stöta rötterna från levande ännu friska träd förr eller senare på stubbar eller rotbitar från närstående infekterade träd. Därigenom att så gott som alla träd i ett bestånd synas ha förbindelse med varandra på ett eller annat sätt genom rötterna, får mycelet lätt tillfälle att ta sig fram från det ena trädet till det andra. Ibland är det fråga om en verklig sammanväxning mellan rötter från olika träd, så att transport av vatten

och näring kan äga rum genom en dylik rottyp, men oftast är det blott fråga om en mer eller mindre fast yttlig kontakt mellan de olika rötterna. En sådan yttlig kontakt synes dock vara tillräcklig för att föra över *annosus*-smittan.

I ett flertal angripna tallbestånd ha rotsystemen frilagts, varvid kontakter och sammanväxningar mellan rötterna från de olika träden ha konstaterats. På fig. 9 ha huvudrötterna från några intill varandra stående träd i en ca 20-årig kultur vid Högby mo i Östergötland schematiskt återgivits. Av de fyra tallar, som medtagits på bilden, voro I och II döda, tall III var tydligt angripen, medan tall IV ännu blott hade begynnande symtom. Genom en försiktig friläggning av rotsystemen kunde konstateras, att rötterna från dessa fyra tallar stodo i mer eller mindre intim kontakt med varandra på åtminstone tio olika ställen (på fig. 9 markerat med pilar).

Det var av stort intresse att närmare undersöka rotrottemycelets förekomst i dessa rötter. Endast inom vissa partier av rötterna, där angreppet pågått en längre tid, kunde närvaron av rotmycelet konstateras genom en direkt undersökning på platsen. För att få närmare reda på mycelets förekomst i rötterna grävdes stubbarna med tillhörande rötter upp och sändes till skogsforskningsinstitutet. Ur stubbarna och rötterna utsågades med lämpliga avstånd omkring 0,5 cm tjocka sektioner. Dessa bitar placerades i behållare med 100 % rel. luftfuktighet och ca 20° temperatur. Efter 4—5 dagar, senast en vecka, växte ur angripna vedpartier svampmycel fram. Genom att undersöka dessa partier i Leitz Ultropakmikroskop var det — tack vare svampens karakteristiska konidiestadium — lätt att avgöra, om mycelet utgjordes av *Polyporus annosus* eller ej. Utbredningen av mycelet i rotsystemen har på detta sätt kartlagts. Medelst olika tätprickning ha även kvantitativa olikheter i mycelets förekomst åskådliggjorts. På fig. 10—13 jämte översikt-bilden (fig. 9) har en del av detta undersökningsmaterial återgivits.

Tall I. Detta träd har tydligen varit centrum för smittan. Det var vid undersökningstillfället dödt, tickor funnos vid rothalsen och vid stambasen kunde i splintveden ett par starkt kådindränkta sektioner iakttagas. Tallen hade ett rikt förgrenat rotsystem, som stod i kontakt med de tre andra tallarna på flera håll. Som synes av fig. 9, voro alla rötter mer eller mindre hårt angripna av *annosus*-mycelet. På fig. 10 har mycelets förekomst i rötterna *a*, *c* och *f* närmare angivits. I rot *a* är hela den yttre vedmanteln infekterad, särskilt kraftigt i ett parti 20—25 cm från rothalsen. Rot *c* är mest infekterad i den från stubben längst bort belägna delen, där hela rottvärsnittet är genomvävt av mycelet. Från denna rot har tydligen tall II blivit smittad. Rot *f* till slut är infekterad i nästan hela sin längd och har uppenbarligen överfört mycelet till tall IV. Genom rötterna *d* och *e* har mycelet kommit i kontakt med tall II.

Tall II. Denna tall var ett litet undertryckt träd, vars alla rötter voro

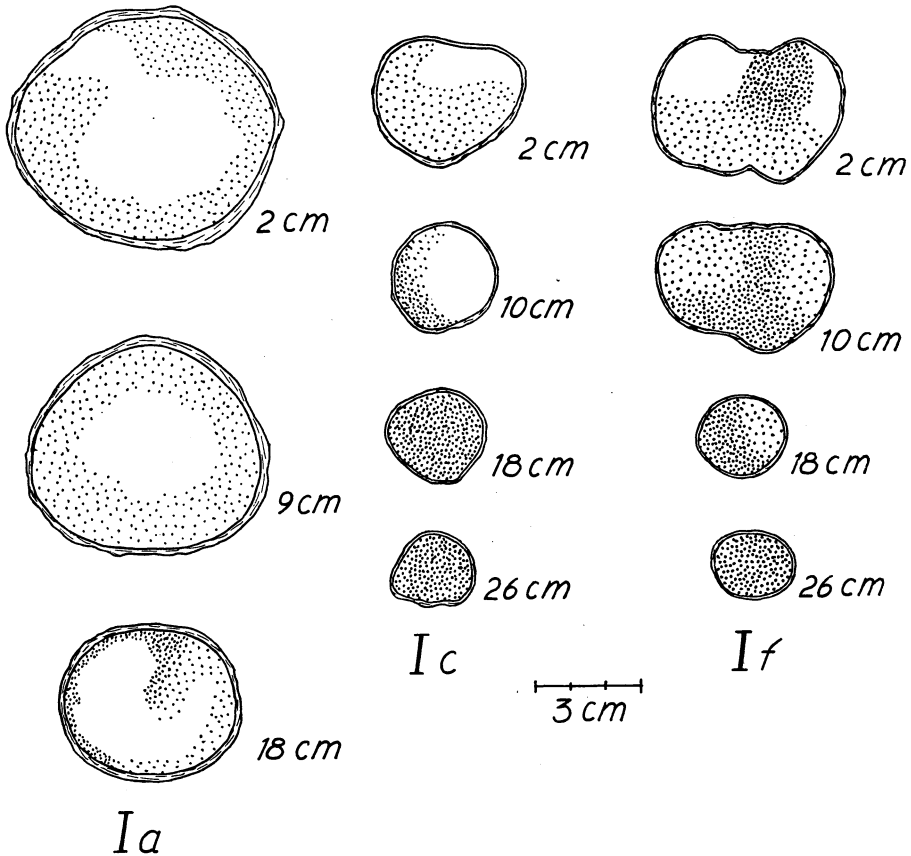


Fig. 10. Tvärsnitt av rötterna *a*, *c* och *f* på tall I (jfr fig. 9), utvisande förekomsten av *annosus*-mycel på olika avstånd från rothalsen.

Transverse sections of roots *a*, *c* and *f* of pine I (see fig. 9) showing the occurrence of *annosus* mycelium at different distances from the root collar.

angripna. Sannolikt har den infekterats ungefär samtidigt som tall I och snabbt dödats av svampen.

Tall III. Detta träd visade tydliga yttre symtom, och vid en närmare analys av rötterna påträffades även här mycel i alla rötter, ehuru inte i lika stor utsträckning som i föregående fall. På fig. 11 har mycelets utbredning i rötterna *b* och *c* återgivits. Rot *b* var endast infekterad i den yttre delen. Smittan har tydligen kommit från rot I *d*, som dessförinnan hunnit med att infektera såväl rot IV *a* som rot III *a* (jfr. fig. 9). Rot *c* däremot var infekterad på ett parti från rothalsen och omkring 20 cm utåt. Den kraftigaste infektionen fanns 10—15 cm från rothalsen, troligen beroende på kontaktinfektion från rot I *e*.



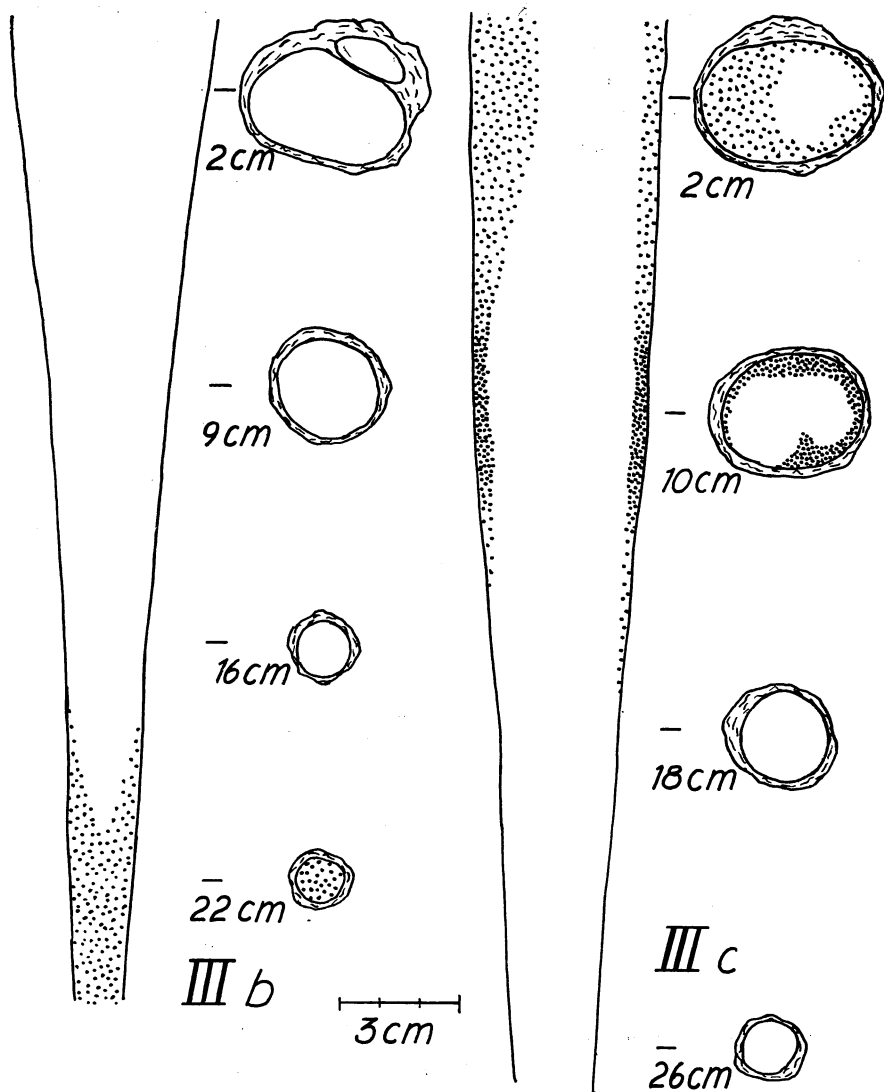


Fig. 11. Längd- och tvärsnitt av rötterna *b* och *c* på tall III (jfr fig. 9), utvisande förekomsten av *annosus*-mycel.

Longitudinal and transverse sections of roots *b* and *c* of pine III (see fig. 9) showing occurrence of *annosus* mycelium.

Tall IV. Hos detta träd kunde vid undersökningstillfället blott svaga yttre symtom iakttagas, men som framgår av fig. 9 och 12, var rotsystemet dock redan delvis ganska kraftigt infekterat. Smittan har uppenbarligen kommit från rot *f* på tall I och trängt in i tall IV genom rötterna *a* och *b*. Rötterna *c*, *d*, och *e* voro ännu friska.

Även stubbarna undersöktes på träden I—IV. På fig. 12 och 13 har rötmycelets förekomst i stubben på träd IV återgivits. Förutom rötterna *a* och *b* är även pålroten infekterad. Pålroten är hos tallen på dessa sandmarker i regel mycket väl utbildad. Som synes av tvärsektionerna på fig. 13, var pålroten på ett område ungefär 10—20 cm ned i marken kraftigt infekterad, särskilt i de perifera partierna. Förutom stark kådutgjutning kunde i detta område även typisk rötved iakttagas. Ovanför markytan gick mycelet endast omkring 5 cm upp i stammen.

Även hos de andra stubbarna återfanns ungefär samma bild av *annosus*-

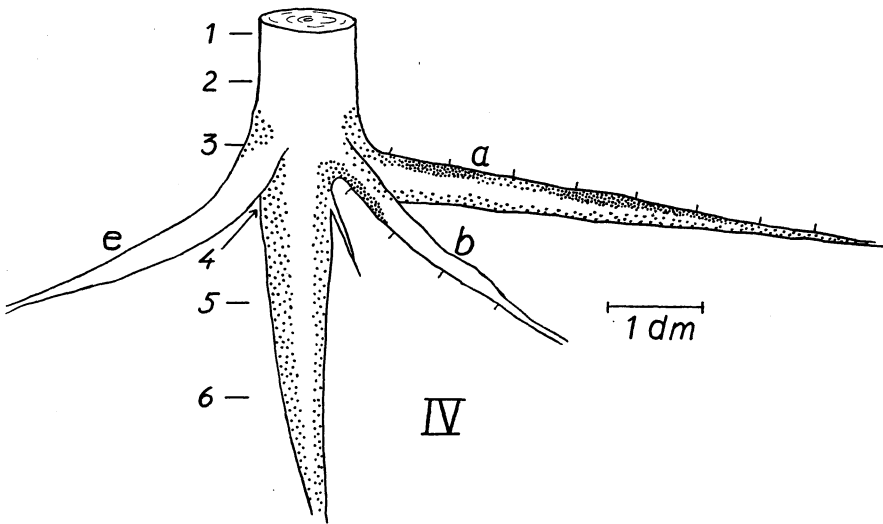


Fig. 12. Schematisk bild av stubben hos tall IV, utvisande förekomsten av *annosus*-mycel i densamma.

Schematic diagram of the stump of pine IV showing occurrence of *annosus* mycelium.

mycelets förekomst med den skillnaden, att rötutvecklingen här var mera framskriden. Hos tall I gick sålunda *annosus*-rötan omkring 0,5 m upp i trädets splint, vilket är ovanligt mycket för denna röta. Pålrötterna hos såväl tall I som tall II voro hårt angripna. Hos tall III fanns dessutom en riklig mycelbeläggning utanpå barken, och längst ned på pålroten förekom *annosus*-mycelet enbart på detta ytliga sätt. Det förefaller, som om mycelet hade goda utvecklingsbetingelser i pålroten. Troligen blir den fysiologiskt försvagad på ett tidigt stadium i trädets utveckling, varigenom den inte kan bjuda rotrötesvampen samma motstånd som det övriga rotsystemet.

Förekomsten av rotkontakter torde sålunda vara den viktigaste förutsättningen för smittans spridning. Som redan nämnts, synas dylika kontakter

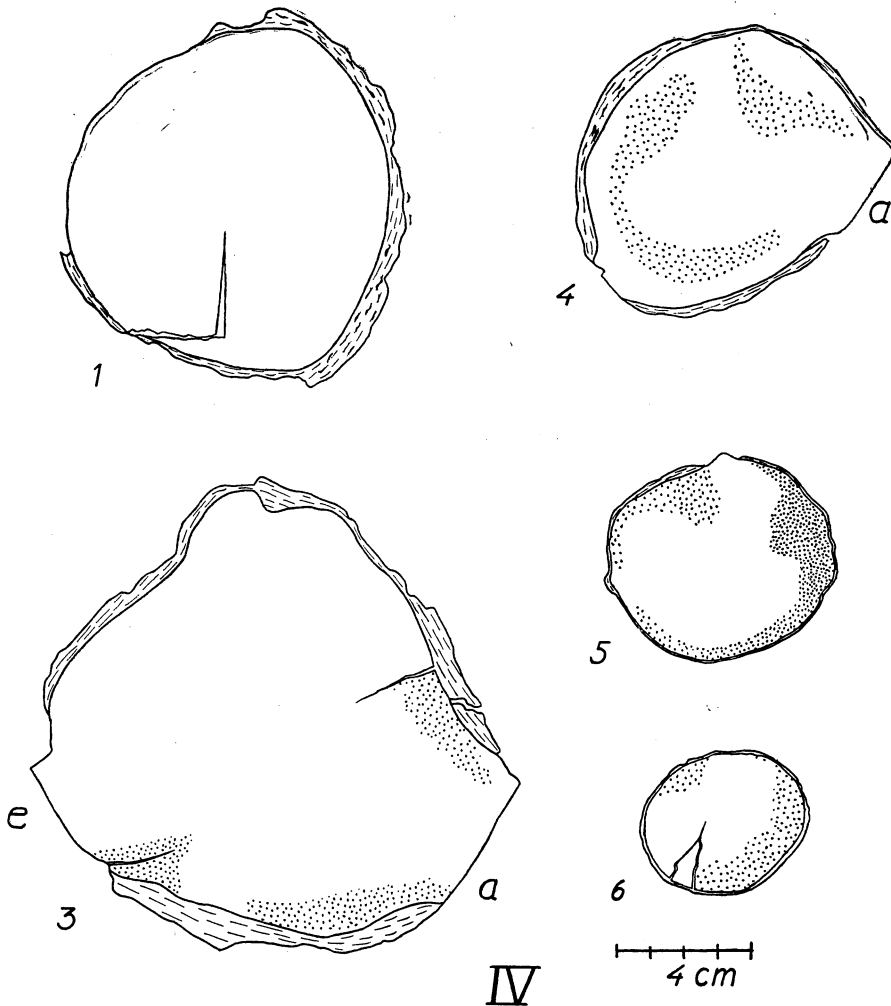


Fig. 13. Sektioner av stubben hos tall IV (jfr fig. 12), utvisande förekomsten av *annosus*-mycel i stubben.

Sections of the stump of pine IV (see fig. 12) showing occurrence of *annosus* mycelium.

vara vanliga, åtminstone i tallbestånd av den typ, som det här är fråga om. Enligt RISHBETH (1950) börja rotsystemen växa in i varandra redan, när träden äro omkring 8 år gamla. Troligen äro betingelserna för en ideal utbildning av rotkontakter för handen i ett planterat bestånd på sandmark. Rotsystemen hålla sig på samma nivå, de möta inga hinder i form av stenar och terrängojämnheter, och genom den regelbundna planteringen komma rötterna att likformigt genomväva marken. Åtminstone en anledning till att

angreppen bli så svåra vid plantering på gammal åker, torde ligga just i den jämna utformningen av rotsystemen, vilket disponerar för kontakt och sammanväxning mellan rötter från olika individ. Vid självsådd bli träden dels olika gamla, dels blir det icke samma jämna fördelning som vid plantering. Detta kan ha en viss betydelse för smittans spridning.

Den hastighet, varmed mycelet växer i rötterna, har undersökts av RISHBETH (1951 a). Vid infektionsförsök i rötter erhöll han en tillväxt av 2,6 mm per dag, motsvarande ca en meter per år. Detta värde stämmer bra med den hastighet, varmed sjukdomen synes sprida sig i ett angripet bestånd.

## Kap. 5. Mikrobiologiska förhållanden i samband med uppträdandet av rotröta

Samspelet mellan olika mikroorganismer spelar sannolikt en stor roll vid många processer i marken, icke minst vid uppkomsten av sjukdomar. Dessa problem ha under de 10—15 sistförflutna åren fått förnyad aktualitet genom upptäckten av flera nya verksamma antibiotika. Frågan om dessa substanser produceras och äro verksamma i den naturliga miljö, där flertalet av de antibiotika-producerande mikroorganismerna förekomma, d. v. s. i marken, diskuteras f. n. livligt på många håll (WAKSMAN 1947).

Vad rotrötesvampen beträffar, ha ett flertal iakttagelser gjorts, som tyda på att dess mycel påverkas av eller påverkar andra mikroorganismer. Vad först själva infektionen beträffar har RISHBETH (1950, 1951 a) visat, att många svampar, såväl röt- som mögelsvampar, konkurrera om en plats i de nyavverkade stubbarna. Under den kallare årstiden synes *P. annosus* ha en viss förmåga att växa fortare än andra svampar, medan under sommaren andra svampar, i synnerhet *Peniophora gigantea*, kunna ta stubbarna i besittning snabbare än *P. annosus* och även konkurrera ut denna svamp. En annan svamp, som av RISHBETH tillmättes betydelse i detta sammanhang, är grönöglet, *Trichoderma viride*. Under vissa omständigheter kan även denna svamp ersätta eller försvåra för *P. annosus* att växa i stubbar och rötter. Ej blott svampar utan även kådförhållandena torde dock inverka vid koloniseringen av stubbarna.

Av framställningen i kap. 4 har framgått, att mycelet i första hand sprider sig via rotkontakter. Möjligheten, att *annosus*-mycelet växer tvärs genom marken — i likhet med t. ex. *Armillaria*-rhizomorfer — kan naturligtvis inte helt uteslutas, men är föga sannolik, åtminstone beträffande de magra sandmarker, som det här är fråga om. Som näringssubstrat för svampen äro de i varje fall mycket torftiga. Av tab. 5 framgår, att halten av organisk substans i marken är obetydlig. Det är egentligen blott i det tunna humusskiktet, som

organisk substans finnes. Detta bör även inverka på svampens förmåga att utnyttja marken som näringssubstrat. Ett flertal sandprov ha undersökts i detta avseende. Tillvägagångssättet har varit följande.

En näringslösning med nedanstående sammansättning iordninggjordes:

Glykos puriss. (Dextropur) . . . . .	40 g
Ammoniumsulfat . . . . .	5 g
Primärt kaliumfosfat . . . . .	3 g
Magnesiumsulfat . . . . .	3 g
Aq. dest. till . . . . .	1 000 ml

Av denna lösning pipetterades 10 ml i 100 ml Erlenmeyerkolvar. Sedan tillsattes extrakt av markproven. Extrakten erhöles genom att 100 g prov uppslammades i 500 ml dest. vatten. Efter antoklavering filtrerades provet och det klara extraktet tillsattes i olika mängd till kolvarna med näringslösning. Genom eventuell tillsats av vatten justerades volymens lösning i varje kolv till 20 ml. Som kontrolllösningar användes enbart näringslösning, enbart extrakt och näringslösning innehållande 0,1  $\gamma$  vitamin B<sub>1</sub> per 20 ml. Kolvarna ympades med *annosus*-mycel, som vuxit på maltfattig agar. Försöken avslutades efter fyra veckor vid 22° C, och myceltorrvikten bestämdes som medeltal av fem upprepningar.

**Tab. 7. Mycelproduktion i mg av *Polyporus annosus* i jordextrakt från Bläsinge I.**  
Amount of mycelium produced by *Polyporus annosus* in soil extracts from Bläsinge I.

Jordprov Soil sample cm	Jordextrakt, ml per kolv Soil extract ml per flask					Enbart extrakt Extract alone 20 ml	Närings- lösning + 0,1 $\gamma$ B <sub>1</sub> Nutrient solution + 0,1 $\gamma$ B <sub>1</sub>
	0	1	2	5	10		
0—3	5,5	27,0	46,7	59,0	108,0	7,2	28,2
3—7	5,0	11,0	15,8	20,3	30,7	1,5	26,7
7—15	6,4	5,2	7,1	8,7	14,2	0,9	29,8
17—26	5,1	6,6	7,3	11,8	18,7	0,4	25,6
50—55	2,8	2,1	4,7	5,6	8,5	0,9	25,6
67—75	3,2	5,6	7,9	8,1	20,5	2,3	28,0

I tab. 7 ha resultaten av en dylik undersökning med prov från försöksytan Bläsinge I på Öland sammanställts. I enbart näringslösning har tillväxten varit liten, varierande mellan 2,8 och 6,4 mg. En tillsats av 0,1  $\gamma$  B<sub>1</sub> per kolv har givit torrvikter mellan 25,6 och 29,8 mg. I kolvar innehållande extrakt från humusskiktet (0—3 cm) har en stigande mängd mycel erhållits med ökad tillsats av extrakt. Då tillväxten i enbart humusextrakt varit mycket liten, 7,2 mg, kan den kraftiga tillväxten i kolvar innehållande näringslösning och extrakt icke gärna bero på att mera energigivande ämnen tillförts med ekstrak-

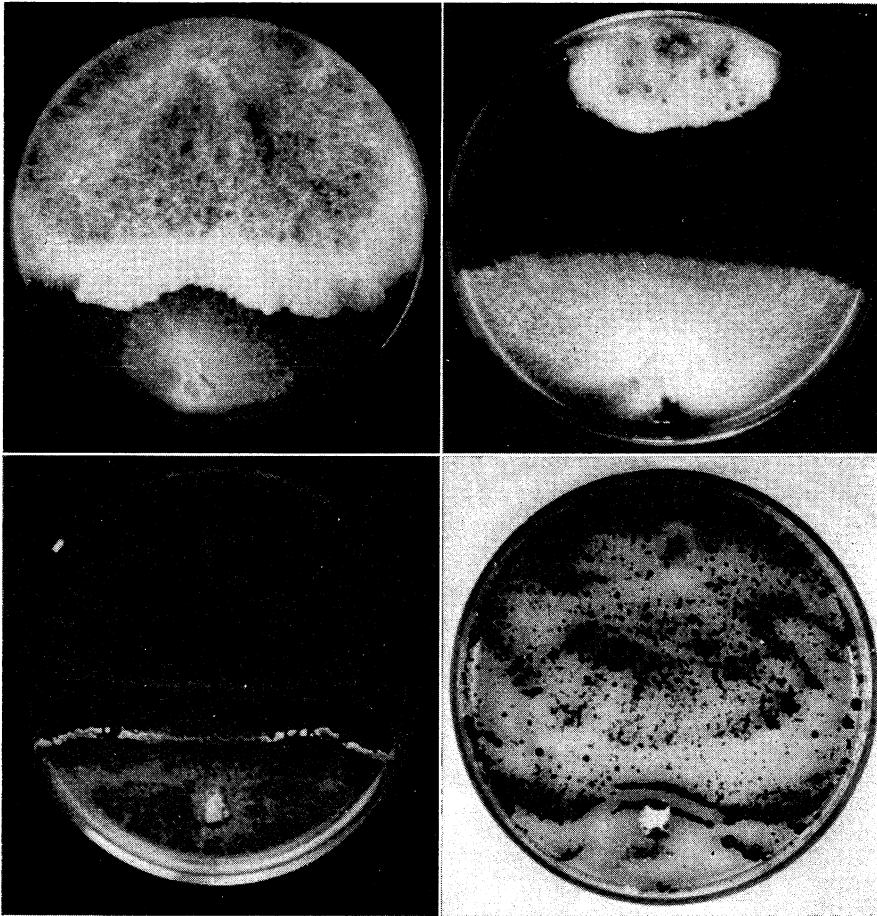


Fig. 14. Inverkan av *Polyporus annosus* och några andra mikroorganismer på varandra (*P. annosus* nedtill i varje skål). Övre raden t. v. *Fomes pinicola*, t. h. *Penicillium claviforme*. I nedre raden *Trichoderma viride*, t. v. vid 12° C, t. h. vid 22° C.

Interaction of *Polyporus annosus* and some other microorganisms (*P. annosus* below in each plate). Upper row left *Fomes pinicola*; right *Penicillium claviforme*. Lower row *Trichoderma viride*, left at 12° C, right at 22° C.

tet, utan det torde i stället vara fråga om beståndsdelar i extraktet, som ha något slags vitamineffekt på *annosus*-mycelet. Denna effekt är kraftig, omkring 1 ml av extraktet har givit samma torrsvikt som 0,1  $\gamma$  B<sub>1</sub>. För övrigt är det icke möjligt att med tillsats av enbart B<sub>1</sub> uppnå en tillväxt av samma storleksordning som med extrakt från jord, humus och förna. Även andra ämnen av vitaminnatur synas sålunda inverka på tillväxten.

I skiktet närmast under humustäcket (3—7 cm) kan även en viss effekt av extrakttillsatsen märkas, men här åtgår det nästan 10 ml extrakt för att

få samma värde som med  $0,1 \gamma B_1$ . I extrakten från ännu längre ned belägna prov är tillväxten i enbart extrakten nästan obefintlig, och även i kolvar innehållande näringslösning och extrakt är den i flertalet fall obetydlig. Vitamineffekten från dessa extrakt är sålunda svag, och även organisk näring för *annosus*-mycelets tillväxt i sanden saknas. För sin tillväxt och spridning i marken synes mycelet därför vara bundet till rötter och andra veddelar i marken.

Ytterligare en omständighet talar för att *P. annosus* inte växer i marken. Under laboratorieförhållanden kan inte svampen växa i osteriliserade prov av förna, humus och jord (TRESCHOW 1941, RENNERFELT 1949, RISHBETH 1951 a). Detta tolkas så, att *annosus*-mycelet motverkas av andra mikroorganismer i marken, såsom bakterier, aktinomyceter och mögelsvampar. Det är också lätt att i kulturer på maltagar och även i jord och dylikt visa, att *annosus*-mycelet påverkas eller hämmas mer eller mindre starkt av ett stort antal mikroorganismer. Närmare ha dessa förhållanden undersökts i ett flertal uppsatser (BJÖRKMAN 1949, RISHBETH 1951 b m. fl.), och på fig. 14 synes en dylik antagonistverkan från en bakteriekultur.

Det finns många naturbestånd av tall, som växa på mager sandmark men äro fria från rotröta. Infektionsrisken borde finnas även i dessa bestånd. Vad är det då, som gör, att tallen där går fri från sjukdomen, medan tall planterad på gammal åker så lätt angripes? Frågan är icke lätt att besvara, och sannolikt beror det på flera faktorer. En bidragande orsak kan vara olikheter i mikrofloras sammansättning i mark, som sedan generationer burit skog och i en mark, som bär skog för första gången. RISHBETH har gjort en del undersökningar häröver. Han ansåg sig kunna påvisa en markerad skillnad i mikrofloran i jordar med olika pH. I jordar med relativt lågt pH, som tidigare burit skog eller intagits av ljung, och där sjukdomen haft en lindrig karaktär, voro *Penicillium*-arter vanliga, likaså grönmöglet *Trichoderma viride*. På mera alkaliska jordar, som tidigare varit åker, dominerade andra svampsläkten, såsom *Thielavia*, *Stysanus* och *Phoma*. *Trichoderma* var inte lika vanlig i dessa jordar. I kvantitativt hänseende var antalet svampar större i sura jordar, medan å andra sidan bakterier och aktinomyceter voro fler i den alkaliska marken. RISHBETH tillmäter dessa förhållanden stor betydelse, och speciellt anser han, att vissa mögelsvampar såsom *Penicillium* och *Trichoderma* kunna motverka *annosus*-mycelet.

Särskilt bland mögelsvamparna är förekomsten av antibiotika vanlig (WAKSMAN 1947). Några av dessa antibiotika äro mycket starka gifter, och av speciellt intresse i detta sammanhang är, att flera av dessa gifter äro mycket mer verksamma i sur lösning än i neutral eller alkalisk (BRIAN och HEMMING 1945, RENNERFELT 1950). Sålunda hindras rotrötesvampens konidier fullständigt att gro i en sur lösning, innehållande blott 5 delar gliotoxin, ett av de

verksamma antibiotika, som *Trichoderma viride* framställer, på en million delar lösning. I neutral lösning erfordras 25 delar på millionen, alltså fem gånger mera. Liknande skillnader finnas även beträffande flera andra antibiotika.

## Kap. 6. Åtgärder mot rottrötesvampen

En behandling av sjukdomar, som förekomma i marken och angripa och smitta via rotsystemen, är en mycket svår och oviss uppgift. Rottrötan utgör intet undantag härifrån.

### a. Åtgärder i redan angripna bestånd

Om rottröta börjat uppträda i ett tallbestånd, finnes tyvärr inte mycket att göra som direkt motverkande medel. Enligt nuvarande erfarenheter synes det dock vara lämpligast att hugga så litet som möjligt i beståndet för att därigenom åtminstone hindra, att svampen får möjlighet att sprida sig ytterligare i beståndet genom infektion av de färska stubbarna. Om huggning måste göras, bör det helst ske sommartid, då rottrötesvampen synes ha sämre spridningsmöjligheter än under den kallare årstiden.

Ett flertal direkta kampåtgärder mot sjukdomen, såsom isolering av rottrötehärdarna genom grävning av gravar kring desamma, stubbrytning och kemikaliebehandling av marken, ha föreslagits. Ingen dylik metod har dock lett till praktiskt-ekonomiska resultat hittills.

### b. Förebyggande åtgärder

Om RISHBETHS infektionsteori visar sig vara riktig, kan möjligen en i praktiken användbar metod, som förhindrar smittans spridning, erhållas, nämligen den tidigare omnämnda behandlingen av de nyavverkade stubbarna med desinfektionsmedel. Sedan något år tillbaka ha försök därmed utförts på några olika håll i landet, speciellt på Högby mo vid Mjölby. På denna plats ha i omkring 20-åriga planterade bestånd, där rottröta hittills icke konstaterats, ett antal provtytor utlagts. Några ha lämnats ogallrade, andra ha gallrats på vanligt sätt. I en tredje serie ha stubbarna efter de bortgallrade tallarna omedelbart behandlats med kreosotolja resp. Cuprinol i syfte att förhindra luftinfektion av stubbarna med *annosus*-sporer. Dessa serier ha utförts vid olika tidpunkter på året för att även årstidens eventuella inverkan skall kunna studeras. Om några år kanske dessa provtytor kunna ge en viss vägledning vid skötseln av tallbestånd, där risk för rottröteangrepp föreligger.

Ett intressant experiment i syfte att motverka angrepp av rottrötesvampen, dels genom planteringsmetoden, dels genom ändring av markens pH-värden genom tillsats av kalk i planteringsgropen, har beskrivits av JÖRGENSEN



och TRESCHOW (1948). Försöket är ännu för ungt för att kunna visa några resultat.

### c. Behandling av avvecklade tallbestånd

På många håll i landet har rotrötan farit så hårt fram, att en avveckling av tallbestånden är aktuell. Den frågan inställer sig då givetvis, vad man skall plantera i rötluckorna. Frågan är icke lätt att besvara. För det första rör det sig ju i flertalet fall om torra, sandiga lokaler, där blott ett mindre antal trädslag kunna ha utsikt att ge en rimlig produktion. För det andra kommer resistensproblemet in. Vid den tidpunkt, då åkerjorden första gången planterades med tall, var sannolikt marken fri från rotrötemycel. Men sedan sjukdomen börjat härja i bestånden, har mycelet undan för undan fått tillfälle att utveckla sig i tallrötterna. Dessa infekterade rötter och stubbar kunna hålla sig kvar i marken under lång tid, 15—20 år, kanske ännu längre. De nya trädens rötter komma snart i kontakt med dessa gamla infekterade rotsystem, och tillhöra de ett mottagligt trädslag, blir risken för rotröteangrepp betydande. Utgångsläget för den nya generationen är alltså inte särskilt lovande. I det följande skall jag något närmare diskutera utsikterna för olika trädslag. Jag vill dock påpeka, att erfarenheter från svenska förhållanden ännu så länge äro mycket knapphändiga.

#### 1. Föryngring med tall, *Pinus silvestris*

Enligt vissa utländska erfarenheter bli rotröteangreppen i en andra tallgeneration ofta mindre svåra än i den första. Detta skulle möjligen kunna sammanhånga med att marken, sedan den burit en tallgeneration, i viss mån förlorat sin karaktär av åker och åtminstone börjat övergå till skogsmark. Genom förnafallet har bildningen av ett humustäcke påbörjats, och i markskiktet finnas en del typiska skogsväxter och mossor. Jämsides härmed för-siggå troligen även förändringar i mikrofloras och mikrofaunas samman-sättning. Alla dessa faktorer kunna vara av betydelse för att minska rotröte-svampens angreppsmöjligheter.

Hur tallen i en andra generation motstår rotröteangrepp i vårt land, torde vara för tidigt att yttra sig om nu, då vi ännu ej ha någon uppvuxen andra generation på ifrågavarande marker. Risken för angrepp av rotröta måste likväl anses vara betydande. På ett flertal håll har nämligen iakttagits, att 5—10-åriga tallplantor, uppkomna genom självsådd i rotröteluckor, dödats av *P. annosus* (fig. 15). Självsådden har man ju gratis. En plantering med tall torde emellertid för närvarande icke vara att rekommendera. Man kan riskera att få det nya beståndet förstört på ett ännu tidigare stadium, än vad fallet var beträffande den första generationen.

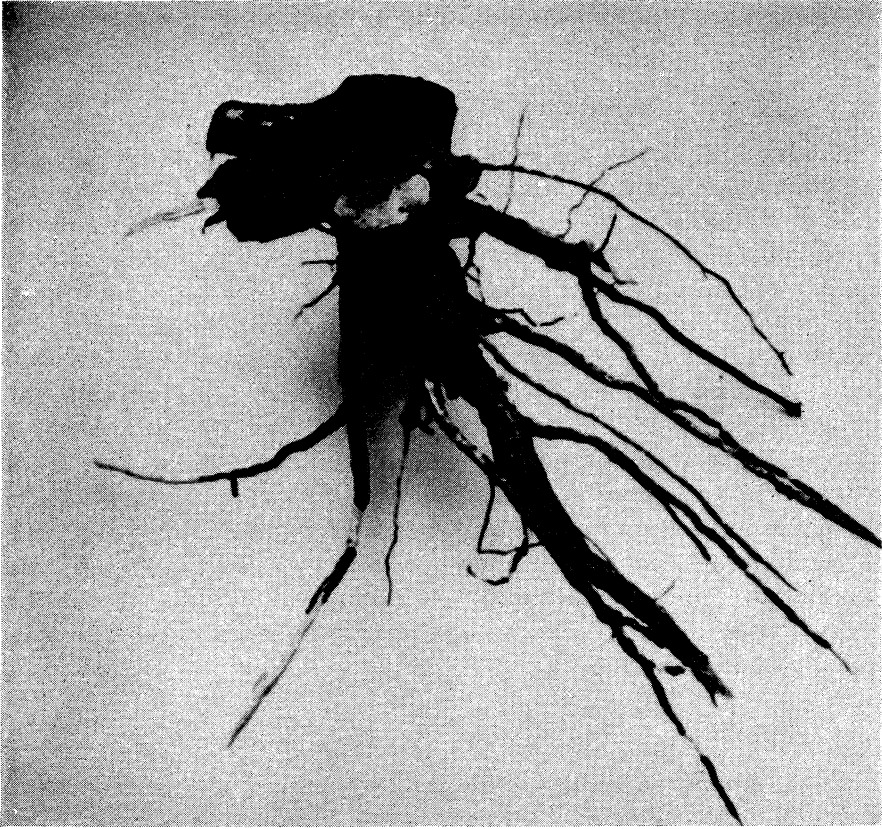


Fig. 15. Rotsystem av 5-årig självföryngrad tallplanta, dödad av *Polyporus annosus*.  
Root system of 5 year old self sown pine killed by *Polyporus annosus*.

## 2. Föryngring med *Murrayana*-tall, *Pinus Murrayana*

Denna tall har provats på ett par håll här i Sverige och framför allt i försök i Finland, utlagda av godsägare C. G. TIGERSTEDT. *Murrayana*-tallen har på fuktiga lermarker en mycket god produktionsförmåga. På den magra, torra sandmark, som är aktuell i fråga om rotrötan, får man nog ej vänta sig, att tillväxten blir större än för den vanliga tallen, kanske snarare lägre. Därtill kommer, att den synes vara relativt svårt utsatt för insektsangrepp. Enligt en uppgift av professor V. KUJALA, Helsingfors, angripes den även av parasit-svampar, såsom *Crumenula abietina* och *Crumenula sororia*.

Enligt v. d. SCHULENBURG (1949) angripes *Murrayana*-tallen ej av rotröta. Häremot stridande uppgifter lämnas av KUJALA, som funnit rotröteangrepp i

en ca 15-årig *Murrayana*-kultur på gammal åker. Svampen hade där åstadkommit en kalyta, som var ca 200 m<sup>2</sup>. För att få reda på *Murrayana*-tallens lämplighet som ersättare under svenska förhållanden har genom länsjägmästare CHÖLERS försorg denna tall planterats i rötluckor i tallbestånd på Varaslätten.

### 3. Föryngring med lärk, *Larix europaea* och *Larix leptolepis*

Beträffande lärkens mottaglighet för rotröta gå uppgifterna i litteraturen isär. Enligt BORNEBUSCH och HOLM (1934) angripes lärk, som planterats på rotröteinfekterad mark, huvudsakligen i ungdomsstadiet. Med stigande ålder minskas antalet av rotröta angripna träd. I Tyskland undersökte SCHÖBER och ZYCHA (1948) förekomsten av rotröta på lärk. De funno, att ca 75 % av rötorna voro förorsakade av *P. annosus*, att rotrötan var en åldersföreteelse. Hos lärkar under 80 år var rötprocenten mycket liten, hos 80—120-åriga träd voro 15—20 % av stammarna angripna. Svampens uppträdande sammanhänge icke med markbeskaffenheten eller klimatet.

I England har HILEY (1919) utfört en ingående undersökning av rotrötesvampens uppträdande på lärk. Den förorsakar en röta, som framför allt utvecklas i den centrala kärnveden, men även kan sprida sig ut i kärnans yttre delar. Angrepp av rotröta uppträdde gärna på mark, tidigare nyttjad som åker. HILEY ställde detta i samband med dålig utveckling av rotsystemet på den brukade marken. Framför allt blir markens genomluftning ej tillräcklig för lärkens rotsystem på dylik mark.

Enligt erfarenheterna från andra länder kunna sålunda rötskadorna på lärk få en ganska allvarlig karaktär. Härtill kommer, att lärken, för att lämna skälig avkastning, bör odlas på god mark med rörligt grundvatten. Som ersättare för tallen på de magra, torra sandmarkerna torde sålunda lärken ej vara så mycket att räkna med.

Rötskador, orsakade av *P. annosus*, ha iakttagits även i vårt land. Sålunda isolerades denna svamp ur en ca 30-årig lärk från Högbo mo, som dött på rot och under de sista fem åren av sin levnad nästan helt stannat av i tillväxten. En röta fanns även i kärnvedens centrala delar. På Omberg ha åtskilliga lärkar i timmerdimension, planterade på gammal rotrötemark, befunnits vara svårt angripna av *annosus*-röta. I regel torde dock lärken, enligt hittills vunna erfarenheter, få bedömas som tämligen motståndskraftig mot rotrötesvampen. För att ytterligare pröva dess motståndskraft i detta hänseende har den nu planterats flerstädes på rotrötemark, t. ex. på Tönnersjöhedens försökspark och på Högby mo.

#### 4. Föryngring med bok, *Fagus sylvatica*

I det danska trädslagsförsöket i Staurby skov angreps boken något i ungdomen och även vid tidpunkten för den första gallringen. Som äldre är boken enligt danska erfarenheter praktiskt taget immun mot rotröta (FERDINANDSEN och JÖRGENSEN 1938).

I vårt land prövas boken nu på flera håll, särskilt på kalkhaltiga sandjordar. Då den bör dragas upp under skärm, är ur denna synpunkt rotröteluckorna i tallkulturerna lämpliga som naturliga skydd. Måhända är dock sanden väl näringsfattig för bokens krav, och vattentillgången är nog också i knappaste laget. Flera unga bokkulturer ge emellertid ett lovande intryck, och på Bäckaskogs kronopark finnes ett nu ca 30-årigt bokbestånd, som utvecklat sig oväntat väl på sandmark.

#### 5. Föryngring med björk, *Betula spp*

Detta trädslag har ansetts som motståndskraftigt mot rotröta. Om angrepp förekommit, ha de i så fall drabbat unga individ (BORNEBUSCH och HOLM 1934). Emellertid ha under senare år ett flertal fall konstaterats, där rotrötan åstadkommit en icke oväsentlig skadegörelse på björk. Dessa angrepp ha alla konstaterats på svag sandmark, där svåra angrepp av rotröta på tall samtidigt uppträtt.

En närmare undersökning över i vilken ålder angreppen börja, och hur rötan utbreder sig i stammen, har ej företagits. I flera fall ha emellertid 50—60-åriga björkar med en brösthöjdsdiameter på ca 20 cm dödats. Rötan kan gå praktiskt taget genom hela trädet, och omfattar vid stubbskäret ofta större delen av tvärsnittet (fig. 16).

Som exempel på rotrötans uppträdande på björk kan omnämnas förhållandena i Lummelunda annex' skog på Gotland. Enligt uppgift från stiftsjägmästare Moberger är tallen därstädes planterad på gammal åker och har nu en ålder av ca 60 år. Den är svårt angripen av rotröta. I beståndet finnes björk insprängd, antingen enstaka eller gruppvis och troligen självsådd. På detta område, 4,8 ha, utstämplades 63 st. angripna björkar med 5—12 tums diameter. Samtidigt uttogos 268 tallar, döda eller tynande till följd av rotröteangrepp.

Det förefaller sålunda, som om man bör iakttaga en viss försiktighet, när det gäller kultur av björk på rotröteinfekterad mark. I syfte att vinna mer erfarenhet har emellertid på många håll björk planterats i rotröteluckor i tallbestånd.

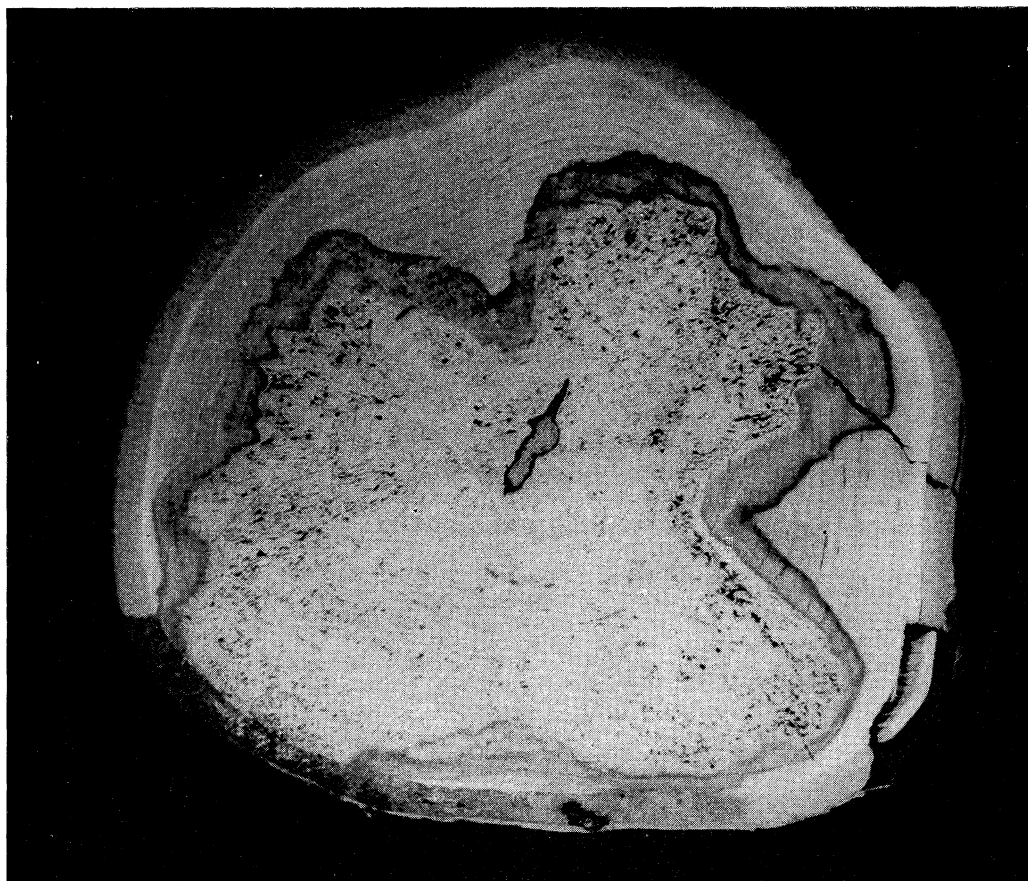


Fig. 16. Stamsektion av björk, dödad av *Polyporus annosus*.  
Stem section of birch killed by *Polyporus annosus*.

### 6. Föryngring med rödek, *Quercus borealis*

Ett trädslag, som under de sista åren fått en stor popularitet bland skogsmännen, är rödeken. Dess lämplighet som skogsträd i vårt land har behandlats vid flera tillfällen, senast av JUHLIN DANNFELT (1950). Enligt uppgifter från utlandet och enligt hittillsvarande erfarenheter från t. ex. Kolleberga skolvir, där rödeken på gamla rotrötemarker nu uppnått en ålder av ca 30 år, har rödeken en betydande motståndskraft mot rotröta, även om den i detta hänseende ej kan mäta sig med vår vanliga ek. Rödeken är emellertid av allt att döma ett trädslag, som man bör kunna ställa vissa förhoppningar på som ersättare för tallen på rotrötelokalerna.

På ett flertal håll, t. ex. på Gotland, Öland och Listerlandet, prövas nu rödeken. Då den, på grund av en viss ömtålighet för frost, helst bör planteras under skärm, erbjuda de luckiga tallbestånden ett lämpligt skydd i detta hänseende. Rödeken har genom sin stora, lätt förmultnande bladmassa en fördelaktig inverkan på mullbildningen och kan måhända verksamt bidra till förbättring av marktillståndet på dessa näringsfattiga marker, om den blott kan uppnå en uthållig tillväxt därstädes.

Föreliggande undersökning har utförts med bidrag från Fonden för skoglig forskning. De kemiska analyserna ha utförts av fru M. FORNÆUS-PERSSON, och vid fältarbetet har herr THOMAS HEGVIST biträtt.

### Använd litteratur

- BJÖRKMAN, E., 1949. Soil antibiotics acting against the root-rot fungus (*Polyporus annosus* Fr.) — Phys. Plant. 2, 1.
- BORNEBUSCH, C. H., och HOLM, F., 1934. Kultur på trametesinfeceret Bund med forskellige Træarter. — Det forstl. Forsøgsv. i Danmark, 13, 225.
- BRIAN, P. W., och HEMMING, H. G., 1945. Gliotoxin, a fungistatic metabolic product of *Trichoderma viride*. — Ann. App. Biol., 32, 214.
- FERDINANDSEN, C., och JÖRGENSEN, C. A., 1938. Skovtræernes sygdomme. — Köpenhamn.
- HEPTING, G. H., och DOWNS, A. A., 1944. Root and butt rot in planted white pine at Biltmore, North Carolina. — J. of Forestry, 42, 119.
- HILEY, W. E., 1919. The fungal diseases of the common larch. — Oxford.
- HOPFFGARTEN, E.-H. VON, 1933. Beiträge zur Kenntnis der Stockfäule (*Trametes radiciperda*). — Phytopath. Zeitschr., 6, 1.
- JUHLIN DANNFELT, M., 1950. Några erfarenheter av rödeken som skogsträd i Sverige. — Skogen, 37, 2\*.
- JÖRGENSEN, C. A., LUND, A., och TRESCHOW, C., 1939. Undersøgelser over Rodfordærveren, *Fomes annosus* (Fr.) Cke. — Kgl. Vetr. og Landbohøjskoles Aarsskr. 1939, 71.
- JÖRGENSEN, C. A., och TRESCHOW, C., 1948. Om bekæmpelse af Rodfordærveren (*Fomes annosus* (Fr.) Cke.) ved Fladrodplæntning och ved Kalk- og Fosfattilskud. — Det forstl. Forsøgsv. i Danmark, 19, 253.
- JÖRGENSEN, E., och PETERSEN, B. B., 1951. Angreb av *Fomes annosus* (Fr.) Cke. og *Hylesinus piniperda* L. på *Pinus silvestris* i Djurslands plantager. — Dansk Skovförenings Tidsskrift, 36, 453.
- KNUTSON, K., se MALMSTRÖM.
- LAGERBERG, T., 1923. Rötornas betydelse för granen och dess avkastning. — Skogsvårdsföreningens Tidsskr., 21, 313.
- MALMSTRÖM, C., 1949. Studier över skogstyper och trädslagsfördelning inom Västerbottens län. — Medd., 37: 11.
- RENNERFELT, E., 1946. Om rottrötan (*Polyporus annosus* Fr.) i Sverige. Dess utbredning och sätt att uppträda. — Medd., 35: 8.
- 1949. The effect of soil organisms on the development of *Polyporus annosus* Fr., the root rot fungus. — Oikos, 1, 65.
- 1950. The effect of some antibiotic substances on the germination of the conidia of *Polyporus annosus* Fr. — Acta Chem. Scand., 3, 1343.
- RISHBETH, J., 1950. Observations on the biology of *Fomes annosus*, with particular reference to East Anglian pine plantations, I. — Ann. of Bot. 14, 365.
- 1950 a. d:o II. — Ann. of Bot., 15, 1.
- 1950 b. d:o III. — Ann. of Bot., 15, 221.
- ROBAK, H., 1933. The growth of three wood-destroying *Polyporae* in relation to the hydrogen ion concentration of the substratum. — Svensk Bot. Tidsskr., 27, 56.

- ROHMEDEK, E., 1937. Die Stammfäule (Wurzelfäule und Wundfäule) der Fichtenbestockung. — Mitt. Landesforstw. Bayerns, 23, 1.
- SCHULENBURG, A. Fr. v. d., 1948. Erfarenheter vid acklimatisering av en nordamerikansk massavedstall i Europa. — Svenska Skogsvårdsföreningens Tidskr., 46, 382.
- SCHÖBER, R., och ZYCHA, H., 1944. Beobachtungen über Stockfäule in nordwestdeutschen Lärchenbeständen. — Allg. Forst- u. Jagdzeitschr.
- TAMM, O., 1937. Om de lågproduktiva sandmarkerna å Hökensås och i övre Lagadalen. — Medd., 30, 1.
- TRESCHOW, C., 1938. Undersøgelser over Brintjonkoncentrationens Indflydelse paa Vaeksten av svampen *Polyporus annosus*. — Det forstl. Forsøgsv. i Danmark, 15, 17.
- 1941. Zur Kultur von *Trametes* auf sterilisiertem Waldhumus. — Zentralbl. f. Bakt., 2. Abt., 104, 186.
- WAGENER, W. W., och CAVE, M. S., 1946. Pine killing by the root fungus, *Fomes annosus*, in California. — J. For., 44, 47.
- WAKSMAN, S. A., 1947. Microbial antagonisms and antibiotic substances. — New York.

## Summary

### On root-rot attack on Scots pine

In Sweden the root-rot fungus, *Polyporus annosus* Fr. (*Fomes annosus*), primarily attacks spruce, *Picea abies* (L) Karst, on which it is found over almost the whole country. Pine (*Pinus silvestris* L) on the other hand, in most parts of the country, is immune. In certain areas of the south of Sweden, however, it is badly attacked by root-rot. The disease begins in 15—20 year old trees and reaches a peak when the stand is between 30 and 40 years. If the trees reach an age of more than 50—60 years they seem, as a rule, to become less susceptible to infection.

The disease only appears in localities of a certain type, most commonly that of stands planted on sandy soils formerly utilised as arable land. It sometimes also occurs on former heathland, and in individual cases it has been observed in naturally regenerated stands.

These sandy soils are often situated in coastal tracts with a dry climate. The annual precipitation is sometimes less than 500 mm. The sand is easily drained and the quantity of the water-retentive parts of the tissues is low (table 2). The pH of the soil is variable, the values between 5 and 6 being usual (table 3). No differences in pH can be found between adjacent infected and uninfected areas (table 4). The humus layer is thin, usually not more than 2—3 cm and of poor quality. The sand is sometimes relatively rich in lime, whereas the quantity of other parts of the sand is generally rather low (table 5).

Concerning the biological aspect of the infection of the fungus, RISHBETH'S infection theory (1950, 1951 a and b) has been put to the test. In this country root-rot similarly seems to begin in connection with felling, but examples have also been found of the disease occurring in completely untouched stands.

Spreading from tree to tree in an infected stand undoubtedly occurs to a great extent through contact of the root systems of the trees. The occurrence of the decay mycelium in a number of root systems has been more closely examined and mapped in an approximately 20 year old pine stand (figs. 9—13).

It seems rather improbable that *annosus* mycelium has the ability to grow in the soil. In extracts made from soils sampled at different levels there was only an appreciable amount of growth in those of the humus layer (table 7), which produced

a strong vitamin effect. A much greater mycelium production was obtained in a nutrient solution to which humus extract has been added, than in one containing vitamin B<sub>1</sub>. Extract from sand has a markedly weaker vitamin effect.

There are many pine stands growing on poor sandy soils which are sound. These are, as a rule, stands which have been in existence for a long time. Infected stands, on the other hand, in several cases, are first generation pine on land previously arable. Here the microbiological conditions possibly play a part. The microflora certainly has a different composition in permanent forest soil and in arable soils, and it is possible that the *annosus* mycelium is not resisted by the microflora that is found in this former arable soil. RISHBETH has made several observations in this direction, and from investigations here (BJÖRKMAN 1949, RENNERFELT 1949) similar observations have also been made.

In order to prevent new infections with *annosus* spores RISHBETH recommends treatment of newly cut stumps with creosote or similar means. Such an experiment, also including felling at different seasons, has been laid out in a previously untreated area at Högby pineheath, Östergötland.

How regeneration of an already badly attacked stand takes place is difficult to say. The infected root systems remain in the soil, and if the roots of a susceptible tree come in contact with these old roots, the infection can easily gain an access to the new trees. Regeneration of pine should not, in such a case, occur. In several cases it has been observed that young self-sown pines in root-rot localities have been killed by *Polyporus annosus* (fig. 14).

The larch (*Larix europaea* DC and *Larix leptolepis* Gord.) is fairly resistant to root-rot. In certain districts, however, considerable attack has been observed. On the poor, dry sandy soils in question, even the larch is poorly developed.

Deciduous trees are, as a rule, resistant to root-rot. But just on these sandy soils *annosus* attack has become established on birch (*Betula spp.*) Beech (*Fagus sylvatica* L) and oak (*Quercus robur* L) are resistant, probably also the red oak (*Quercus borealis* Michx. s.) which now, to a great extent, is being tried in these root-rot areas.