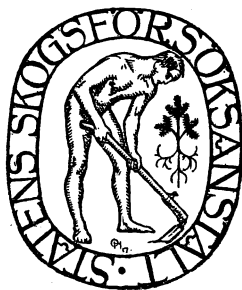


UNDERSÖKNINGAR ÖVER TOXICITETEN EMOT RÖTSVAMPAR HOS TALLKÄRN- VEDENS FENOLISKA BESTÅNDSDELAR

*UNTERSUCHUNGEN ÜBER DIE TOXIZITÄT DER PHENOLISCHEN INHALTSSTOFFE DES
KIEFERNKERNHOLZES GEGENÜBER FÄULNISPILZEN*

AV

ERIK RENNERFELT



MEDDELANDEN FRÅN STATENS SKOGSFÖRSÖKSANSTALT
HÄFTE 33 · Nr 6

MEDDELANDEN

FRÅN

STATENS
SKOGSFÖRSÖKSANSTALT

HÄFTE 33. 1942—43

MITTEILUNGEN AUS DER
FORSTLICHEN VERSUCHS-
ANSTALT SCHWEDENS

33. HEFT

REPORTS OF THE SWEDISH
INSTITUTE OF EXPERIMENTAL
FORESTRY

No. 33

BULLETIN DE L'INSTITUT D'EXPÉRIMENTATION
FORESTIÈRE DE SUÈDE

Nº 33



REDAKTÖR:
PROFESSOR HENRIK PETTERSON

INNEHÅLL:

	Sid.
NÄSLUND, MANFRED: Den gamla norrländska granskogens reaktionsförmåga efter genomhuggning	I
Die Reaktionsfähigkeit des alten norrländischen Fichtenwaldes nach Durchhauung	194
PETRINI, SVEN: Boniteringstabeller och tillväxtöversikter för ek ...	213
Bonitierungs- und Ertragstabeln für schwedische Eichenbestände ...	244
PETRINI, SVEN: De internationella tallproveniensförsöken av år 1907. Den svenska försöksytserien på Hässleby kronopark	247
Die internationalen Kiefernprovenienzversuche vom Jahre 1907 (1908).	
Die schwedische Versuchsflächenreihe im Staatspark von Hässleby	261
BUTOVITSCH, VIKTOR: Undersökning över en härjning av videspinnaren (<i>Stilpnotia salicis</i> L.) i västra Uppland	267
Untersuchung über einen Frass des Weidenspinners (<i>Stilpnotia salicis</i> L.) in West-Uppland	292
LANGLET, OLOF: Photoperiodismus und Provenienz bei der gemeinen Kiefer (<i>Pinus silvestris</i> L.)	295
Fotoperiodism och proveniens hos tallen	328
RENNERFELT, ERIK: Undersökningar över toxiciteten emot röttsvampar hos talkärnvedens fenoliska beståndsdelar	331
Untersuchungen über die Toxizität der phenolischen Inhaltsstoffe des Kiefernkernelholzes gegenüber Fäulnispilzen	362

UNDERSÖKNINGAR ÖVER TOXICITETEN EMOT RÖTSVAMPAR HOS TALLKÄRNVEDENS FENOLISKA BESTÅNDSDELAR.

Det är en allmänt bekant erfarenhet, att vissa trädslag äga en större motståndskraft emot angrepp av röt- och blåytesvampar än andra trädslag, såväl när det gäller det växande trädet som när det är fråga om virke därav. Hos trädslag, innehållande både splint- och kärnved, är det den vanligen mörkare färgade kärnveden, som är mest motståndskraftig. Så är t. ex. fallet hos vår tall till skillnad från granen, som lätt angripes av kärnröta.

Att ett trädslag äger större motståndskraft emot rötsvampar än ett annat har man sökt förklara på flera olika sätt. Några forskare, t. ex. ZELLER (1917), lägga stor vikt vid volymvikten. Ju högre volymvikt ett trädslag har, desto större skulle dess motståndskraft vara. Detta kan vara riktigt för ett och samma trädslag, men annars är det icke någon generell regel. HUBERT (1931 p. 464) har gjort en indelning i olika grupper av åtskilliga trädslag alltefter deras resistens emot rötsvampar. Något samband mellan resistens och volymvikt finnes icke. Ett av de allra motståndskraftigaste trädslagen, *Thuja plicata*, har en volymvikt av endast 0,31, medan väsentligt mindre resistent *Pinus*-arter ha en volymvikt av 0,36—0,50.

FALCK (1909) visade, att *Lenzites saepiaria* lättare angrep vårveden än höstveden, och ZELLER (1917) framhöll, att frodvuxen ved var mer utsatt för angrepp än senvuxen ved.

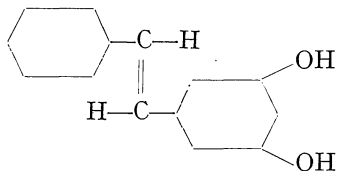
Kärnveden hos barrträden är i regel betydligt rikare på hartsbeståndsdelar än splintveden (MAYR 1894). Häri har man velat finna en viktig orsak till kärnvedens större resistens emot svampangrepp. ZELLER (1917) har refererat den äldre litteraturen i denna fråga och även själv ingående undersökt densamma. Han företräder den uppfattningen, att hartset skyddar, icke på grund av toxiska egenskaper, utan därigenom att det verkar som ett impregneringsmedel, vilket försvårar både vattenupptagandet och hyfernas framträngande. Hindret skulle alltså mera vara av mekanisk än fysiologisk art. Otivelaktigt

kan så vara fallet, i synnerhet när det är fråga om vissa amerikanska tallar (*Pinus echinata*, *P. palustris*), som enligt ZELLER i kärnveden kunna ha en hartshalt på ända upp till 35 % av torrsubstansen. Han styrktes i denna sin uppfattning av det förhållandet, att *Lenzites saepiaria* ganska obehindrat tillväxte på agar, innehållande 50 % harts från *Pinus palustris* (ZELLER 1916).

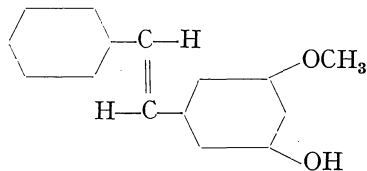
Harts och kåda äro emellertid icke några enhetliga substanser. Vissa beståndsdelar däri spela sannolikt icke någon roll som antiseptika, medan andra ha en högst avsevärd fungicid effekt. Flera undersökningar, sammanställda av HUBERT (1931 p. 460) och BAVENDAMM (1939 p. 1075) ha gjorts, som visa, att åtminstone vissa trädslag i sin kärnved innehålla beståndsdelar, antingen harts och oljor eller vattenlösliga ämnen, som besitta toxiska egenskaper.

Mellan splint- och kärnved hos tallen (*Pinus silvestris*) finnes en betydande skillnad i fråga om hartshalten. Enligt SYLVÉN (1916 p. 184) kan hartshalten i kärnan uppgå till mer än 8 % av torrsubstansen, medan splintens i medeltal blott utgör $2\frac{2}{3}$ %. Även om sålunda enbart den kvantitativa skillnaden kan vara betydande, föreligger emellertid även en kvalitativ skillnad i fråga om hartsbeståndsdelarna. Förutom att kärnveden är mera resistent emot svampangrepp, har den en för vår cellulosaindustri betydelsefull egenskap. I motsats till splintveden går den icke att uppsluta enligt den normala sulfitmetoden. Detta förhållande har gjort, att vedkemisterna närmare undersökt hartsbeståndsdelarna i tallkärnveden. HÄGGLUND, HOLMBERG och JOHNSON (1936) extraherade dylik ved först med eter och sedan med aceton. Acetonextraktet var till stor del ånyo lösligt i eter, och det visade sig, att det var just denna eterlösliga del av »acetonhartset», som förhindrade uppslutningen av kärnved enligt sulfitmetoden.

Ur denna eterlösliga del av acetonextraktet isolerade ERDTMAN (1939 a) tvenne kristallina ämnen av fenolisk natur: pinosylvin eller trans-3:5-dioxy-stilben och pinosylvinmonometyleter eller trans-3-oxy-5-methoxystilben. Föreningarnas struktur framgår av nedanstående formler.:



Pinosylvin



Pinosylvinmonometyleter

ERDTMAN (1939 b) har visat, att det är dessa kärnvedsfenoler, vilka tillsammans utgöra ungefär 0,8 % av vedens torrsubstans, som hindra den normala uppslutningen av tallkärnveden, och han har även påvisat, att de besitta toxiska egenskaper.

För att få dessa ämnen närmare undersökta beträffande toxiciteten gentemot rötsvampar överlämnade ERDTMAN till mig sina originalpreparat. En del förelöpande resultat ha publicerats tidigare (RENNERFELT 1943); i det följande skall en utförligare redogörelse lämnas.

I. Försöksmaterial.

Försöken ha utförts dels i maltextraktagar, dels med impregnerade träklotsar. Då skillnaden i motståndskraft kan variera i hög grad hos olika svampar, är det nödvändigt att undersöka ett flertal olika arter för att få en närmare uppfattning om dessa kärnfenolers giftighet. På grund av svårigheten att isolera dessa ämnen i större mängd — av pinosylvin har endast omkring 2 g stått till förfogande — ha dock vid försöken med träklotsar, där en relativt stor kvantitet av ämnena erfordras, ej lika många svampar kunnat provas som i maltextraktagarförsöken. I de sistnämnda ha följande 12 svampar närmare undersökts:

Svamp	Förekomstsätt
<i>Coniophora cerebella</i> Alb. et Schw.	på virke av gran och tall
<i>Corticium laeve</i> Pers.	» » » »
<i>Fomes annosus</i> Fr.	saprophyt (parasit), huvudsakligen på barrträd
<i>Lentinus squamosus</i> Schaeff.	på virke av tall
<i>Polyporus betulinus</i> (Bull.) Fr.	saprophyt (parasit) på björk
» <i>marginatus</i> Fr.	» » på barr och lövträd
» <i>vaporarius</i> (Pers.) Fr.	på virke av gran och tall
<i>Polystictus hirsutus</i> (Wulf) Fr.	saprophyt på lövträd
» <i>versicolor</i> (L.) Fr.	» » »
<i>Schizophyllum commune</i> Fr.	saprophyt (parasit) på lövträd
<i>Stereum purpureum</i> Fr.	» » » »
<i>Trametes pini</i> Fr.	» » » barrträd

Som av ovanstående uppställning framgår, äro ett flertal typer representerade. En del leva uteslutande såsom saprophyter på virke av barr- eller lövträd. Hit höra t. ex. *Coniophora cerebella* och de båda *Polystictus*-arterna. Några av svamparna, t. ex. *Fomes annosus* och *Trametes pini*, växa visserligen i levande träd, men nästan uteslutande i den döda kärnveden, och för att infektion över huvud taget skall äga rum, måste död eller sårad ved vara exponerad. Dessa svampar uppträda sålunda såsom saprophyter. Under vissa förhållanden kan emellertid *Fomes annosus* uppträda som fakultativ parasit och döda såväl gran som tall. Samma förhållande gäller för *Polyporus marginatus* (JÖRSTAD och JUUL 1939, p. 344) och för *Trametes pini* (samma förf., p. 401). *Polyporus betulinus* kan så småningom döda arter tillhörande släktet

Betula, men infektionen sker genom sår, grenbrott o. dyl. (FERDINANDSEN och JÖRGENSEN 1938, p. 409). *Schizophyllum commune* förekommer vanligen som saprofyt på lövträdsved, men den har även vid ett tillfälle påträffats på levande, av frost försvagade fruktträd (ANDERSSON 1940). ANDERSSON har också funnit svampen på gran. *Stereum purpureum* är vanligen saprofyt på olika slag av lövträd, men förorsakar dessutom den under namnet silverglans bekanta sjukdomen på våra fruktträd.

2. Försök i maltextraktagar.

a. Metodik.

I likhet med flera andra hartsämnen har pinosylvin och dess derivat en mycket liten löslighet i vatten. Redan vid ca 0,02 % torde en mättad pinosylvinlösning vara för handen. Monometyletern har en ännu mindre löslighet. Under arbetets gång visade det sig, att en koncentration av 0,02 % av dessa fenoler icke var tillräcklig för att förhindra eller i högre grad hämma tillväxten av en del av de undersökta svamparna. Många försök ha därför gjorts för att få en högre koncentration i agarn, men de ha alla strandat på grund av utfällning, kristallbildning o. dyl. Visserligen kunna 0,1—0,2 % agar-emulsioner göras, där pinosylvinet omedelbart efter det att agarn stelnat kan iakttagas i form av talrika »droppar», i storlek växlande mellan 10 och 100 μ . Men redan efter några timmar börjar pinosylvinet att kristallisera ut, varvid kristaller av växlande form och storlek uppträda i agarn (fig. 1).

Genom utfällning och kristallisation förändras den »verksamma koncentrationen», den blir lägre än vad som motsvaras av den invägda mängden substans. Detta avspeglas även tydligt i försöksserier, där högre tillsatser av pinosylvin och pinosylvinmonometyleter använts. På fig. 2 återgives en serie med *Stereum purpureum* på agar, innehållande 0,1—0,005 % pinosylvinmonometyleter. Vid tillsats av 0,1 och 0,05 % är kristallbildningen riklig och samtidigt oregelbundet uppträdande i skålarna. I 0,02 % förekommer blott ett mindre antal kristaller och i 0,01 några få stycken. Vid den sistnämnda koncentrationen befinner sig sålunda nästan hela den tillförda mängden pinosylvinmonometyleter i löst, d. v. s. »verksamt» tillstånd. I fråga om *Stereum purpureum* har den hämmande koncentrationen uppnåtts vid ca 0,02 % pinosylvinmonometyleter (fig. 2). Andra svampar, såsom *Fomes annosus* och *Schizophyllum commune*, hämmades icke vid denna koncentration, men det visade sig, att fullständig hämning inträffade vid högre tillsatser, upp till 0,5—1,0 % (RENNERFELT 1943). Det tyder på att pinosylvinet på ett eller annat sätt förbrukas eller inaktiveras i kulturskålarnas agar och att dess halt av aktivt pinosylvin betingas av ett dynamiskt förlopp.

Utkristallisationen av pinosylvin kunde från den ena gången till den andra ske ganska olika, även vid samma tillsats, utan att till synes någon yttre orsak förelåg. Vid ett tillfälle bildades relativt få stora, vid ett annat talrika små kristaller, eller också förblev en större eller mindre del av pinosylvinet i form av en mjölkliknande suspension. Denna nyckfullhet i pinosylvinets uppträdande inverkade även på svamparna. Någon reproducerbarhet i häm-

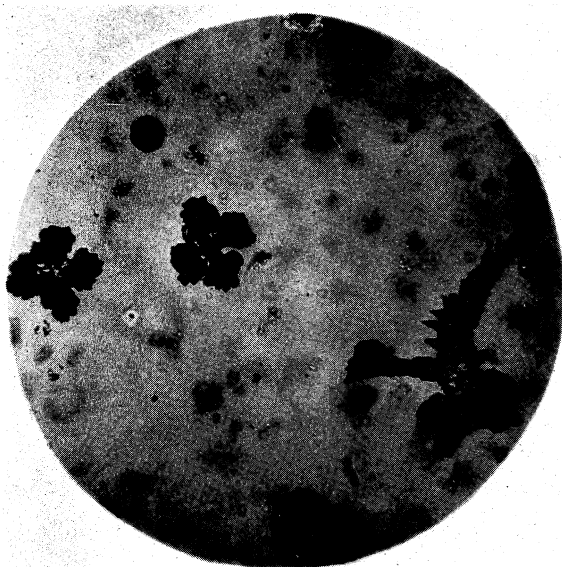


Fig. 1. Mikrofotografi av 3 timmar gammal maltextraktagarplatta med 0,2 % pinosylvinmonometyleter. Droppar av pinosylvinmonometyleter förekomma, men kristallbildning har redan börjat. Förstoring 150 ggr.

Mikrophotographie von 3 Stunden alter Malzextraktagarplatte mit 0,2 % Pinosylvin-monomethyläther. Tröpfchen von Pinosylvin-monomethyläther kommen vor, aber die Kristallbildung hat schon angefangen. Vergrößerung 150 mal.

ningsvärdena vid högre tillsats, 0,05 % och däröver, kunde icke erhållas. Som högsta koncentration har därför 0,02 % tagits, ungefär motsvarande en 0,001-molar lösning. Vid denna koncentration erhöles med pinosylvin icke någon och med monometyletern i regel mycket obetydlig kristallbildning.

Ur flera synpunkter är det icke lämpligt att tillsätta pinosylvinet i fast form direkt till maltextraktagarn. I stället har en lösning gjorts i abs. alkohol, där utan svårighet en 20 %-ig lösning kan erhållas. I regel framställdes en standardlösning, innehållande 100 mg substans i 5 ml alkohol. 1 ml av denna lösning i 100 ml maltextraktagar gav en 0,02 %-ig lösning med avseende på

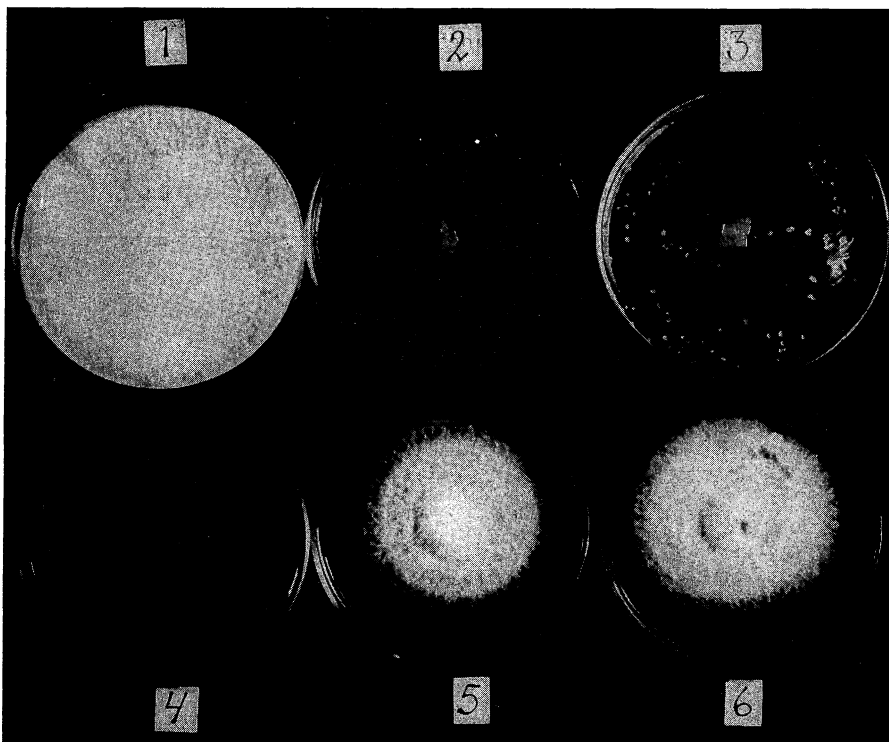


Fig. 2. 14 dagar gamla kulturer av *Stereum purpureum* i agar, innehållande pinosylvinmonometyleter.

1 = kontroll, 2 = 0,1, 3 = 0,05, 4 = 0,02, 5 = 0,01 och 6 = 0,005 % pinosylvinmonometyleter.

14 Tage alte Kulturen von *Stereum purpureum* in Pinosylvin- monomethyläther enthaltendem Agar.

pinosylvin och en 1 %-ig med avseende på alkohol. Framställningen av de olika till försöken använda, 0,02—0,001 % lösningarna framgår f. ö. av nedanstående tabell.

Tabell 1. Utspädningsschema för tillsättning av pinosylvin till maltextraktagar. Verdünnungsschema bei Hinzufügung von Pinosylvin zu Malzextraktagar.

ml standardlösning ¹ ml Standardlösung	Alkohol ml	1 ml = mg Pinosylvin ²	konz. i agarn Konz. im Agar %
I	—	20	0,02
I	I	10	0,01
I	3	5	0,005
0,5	4,5	2	0,002
0,5	9,5	I	0,001

¹ 100 mg pinosylvin i 5 ml alkohol.

² 1 ml tillsättes till 100 ml maltextraktagar.

Maltextraktagar (5 % Liebigs maltextrakt och 1,5 % agar) steriliserades 30 minuter vid 1,5 atm. Pinosylvinet tillsattes efter steriliseringen vid en temperatur av ca 60—70° C. Då alkohol i och för sig kan hämma tillväxten av svamparna, sattes till 100 ml av kontrollsubstratet 1 ml alkohol. Alkoholhalten utgjorde därigenom i samtliga prov 1 %.

Huvudparten av försöken ha utförts i provrör, ca 18 × 150 mm, innehållande 5 ml substrat. På den sneda agarytan kunde svamparna växa ca 50—60 mm, innan de nådde rörets botten. De mest snabbväxande svamparna, t. ex. *Coniophora cerebella* och *Schizophyllum commune*, tillryggalade i kontrollrören denna sträcka på 5 à 6 dagar, medan en så långsamt växande svamp som *Trametes pini* behövde minst 20 dagar för samma väg. Rören förvarades i termostat vid 22° C. En del försöksserier ha även utförts i petriskålar.

Som ett mått på giftigheten hos pinosylvinsubstanserna har den hämmande förmågan på myceltillväxten tagits. Tillväxten i rören mättes med några dagars mellanrum, och i tabellerna har medeltalet av två paralleller återgivits. I det övervägande antalet fall ha emellertid försöken duplicerats, varigenom siffrorna äro beräknade ur fyra tillväxtvärden.

b. Försök med pinosylvin.

För samtliga 12 undersökta svampar ha tillväxtmätningar gjorts med några dagars mellanrum. Det skulle emellertid taga alltför stort utrymme i anspråk att framlägga allt detta material, det må räcka med ett par exempel (tab. 2—4).

Tabell 2. Inverkan av pinosylvin på tillväxten av *Coniophora cerebella*.
Einwirkung von Pinosylvin auf das Wachstum von *Coniophora cerebella*.

% Pinosylvin	mm tillväxt efter dagar mm Wachstum nach Tagen						
	3	6	8	10	13	17	20
—	10	24	34	¹ ~	—	—	—
0,02	—	—	—	—	² —	—	—
0,01	—	—	—	—	—	—	—
0,005	3	6	9	12	16	21	26
0,002	6	11	27	41	~	~	~
0,001	8	20	32	47	~	~	~

¹ Kulturen utvuxen.

² Ympen död.

Av tabellerna framgår, att de undersökta svamparna reagera ganska olika för pinosylvinet. *Coniophora cerebella* (tab. 2) är den känsligaste, tillväxten hindras av 0,01 %. Vid överföring till maltextraktagar av ympbitarna i rören med nämnda koncentration, visade det sig, att svampen var död. En

Tabell 3. Inverkan av pinosylvin på tillväxten av *Fomes annosus*.
Einwirkung von Pinosylvin auf das Wachstum von *Fomes annosus*.

% Pinosylvin	mm tillväxt efter dagar mm Wachstum nach Tagen						
	3	6	8	10	13	17	20
—	5	13	21	30	~		
0,02	—	—	—	¹ +	+	6	7
0,01	+	4	10	16	29	~	
0,005	+	6	15	26	45	~	
0,002	+	5	17	30	~		
0,001	3	7	20	32	~		

¹ Tillväxt på ympen.

Tabell 4. Inverkan av pinosylvin på tillväxten av *Lentinus squamosus*.
Einwirkung von Pinosylvin auf das Wachstum von *Lentinus squamosus*.

% Pinosylvin	mm tillväxt efter dagar mm Wachstum nach Tagen						
	3	6	8	10	13	17	20
—	3	9	17	29	42	46	~
0,02	—	—	—	—	¹ —		
0,01	—	+	2	4	7	13	15
0,005	1	6	12	16	23	34	41
0,002	3	10	18	25	36	44	47
0,001	3	10	20	29	39	45	47

¹ Ympen död.

tillsats av 0,005 % pinosylvin hämmade svampen mycket kraftigt, medan 0,002 och 0,001 % blott hade obetydlig verkan.

Rotrötesvampen (tab. 3) har icke fullständigt hämmats vid någon av de här nämnda koncentrationerna. Tidigare har visats (RENNERFELT 1943), att fullständig hämning ägde rum först vid en tillsats av 0,1 % pinosylvin. Den verksamma mängden därav kan emellertid på grund av utfällning icke gärna ha uppgått till 0,1 %. Vid 0,02 % var tillväxten mycket obetydlig och först efter 17 dygn var den mätbar. På fig. 3 har en pinosylvin-serie med *Fomes annosus* i petriskålar återgivits. Efter 10 dagar hade icke någon tillväxt ägt rum i skålen, innehållande 0,02 % pinosylvin. Vid de övriga undersökta koncentrationerna, 0,01—0,001 %, var en hämning fullt tydlig utom vid den lägsta koncentrationen.

Syllsvampen, *Lentinus squamosus*, (tab. 4), intar en mellanställning mellan de båda föregående svamparna. En tillsats av 0,02 % pinosylvin hämmade tillväxten fullständigt, och ymparna voro efter 13 dygn döda. I 0,01 % lösning började svampen sakta tillväxa, och med avtagande koncentration blev

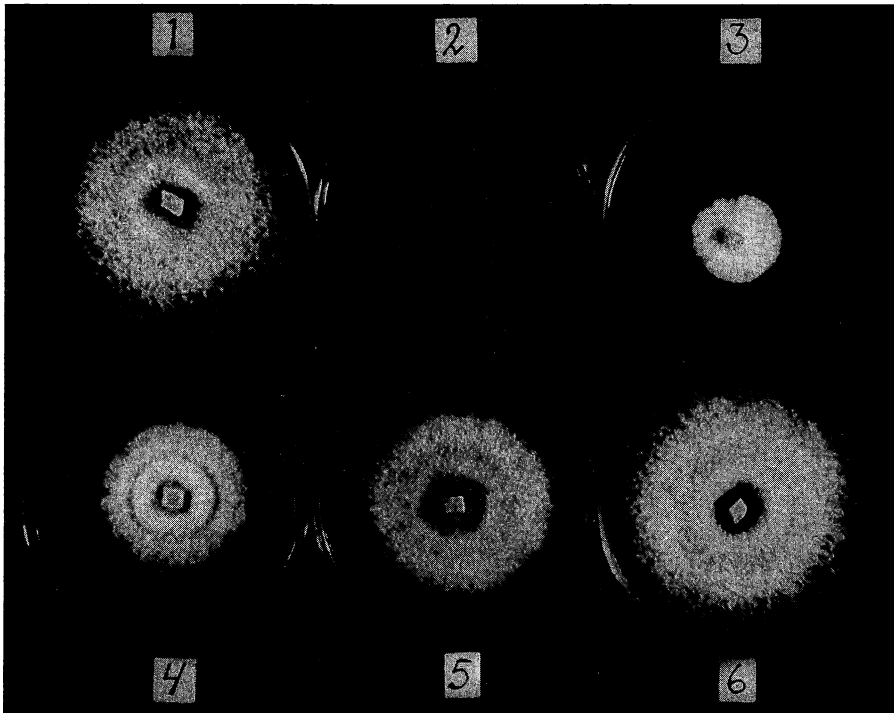


Fig. 3. 10 dagar gamla kulturer av *Fomes annosus* i agar, innehållande pinosylvin. 1 = kontroll, 2 = 0,02, 3 = 0,01, 4 = 0,005, 5 = 0,002 och 6 = 0,001 % pinosylvin.

10 Tage alte Kulturen von *Fomes annosus* in Pinosylvin enthaltendem Agar.

tillväxten allt kraftigare. I 0,001 % pinosylvinlösning kunde icke någon hämning iakttagas.

På fig. 4 har tillväxten hos *Polyporus marginatus* återgivits i form av kurvor. Tillväxten hämmades kraftigt av 0,01 % pinosylvin, medan 0,002 % blott hade en ringa verkan.

I tab. 5 har ett sammandrag av tillväxten för samtliga undersökta svampar gjorts. I denna tabell har tillväxten i 1 % alkohol vid den tidpunkt, då sista mätningen därstädes kunnat göras (för *Polyporus marginatus* inträffade detta enligt fig. 4 efter 17 dagar), satts = 100. Tillväxtvärdena i pinosylvinlösningarna vid motsvarande tidpunkt ha omräknats i relation till detta värde.

Av tabellen framgår, att 0,01—0,02 % pinosylvin är tillräckligt för att förhindra tillväxten hos de flesta undersökta svamparna. Blott *Fomes annosus* och *Schizophyllum commune* visade svag tillväxt på själva ympen ännu vid en koncentration av 0,02 %. Som framgick av tab. 3, började *Fomes annosus* så småningom att växa i 0,02 % lösning, och även hos *Schizophyllum commune*

Tabell 5. Den relativa tillväxten av rötsvampar i agar, innehållande pinosylvin.
Försök i provrör vid 22° C.

Das relative Wachstum von Fäulnispilzen in Pinosylvin enthaltendem
Agar. Versuche in Proberöhrchen bei 22° C.

Svampar Pilze	I % Alkohol	% Pinosylvin					Antal försöks- dagar Anzahl Versuchs- tage
		0,02	0,01	0,005	0,002	0,001	
<i>Coniophora cerebella</i>	100	—	1—	26	80	94	8
<i>Corticium laeve</i>	»	—	1—	17	55	91	17
<i>Fomes annosus</i>	»	3+	52	87	100	107	10
<i>Lentinus squamosus</i>	»	1—	28	74	96	98	17
<i>Polyporus betulinus</i>	»	—	1—	48	87	100	10
» <i>marginatus</i>	»	1—	38	65	94	103	17
» <i>vaporarius</i>	»	—	2(+)	72	89	87	17
<i>Polystictus hirsutus</i>	»	—	1—	35	48	51	10
» <i>versicolor</i>	»	1—	66	90	100	100	10
<i>Schizophyllum commune</i>	»	3+	3+	51	65	82	10
<i>Stereum purpureum</i>	»	—	2(+)	59	82	98	6
<i>Trametes pini</i>	»	—	1—	83	91	99	17

¹ Ympen död efter överflyttning till maltextraktagar.

² Ympen levande efter överflyttning till maltextraktagar.

³ Tillväxt på ympen.

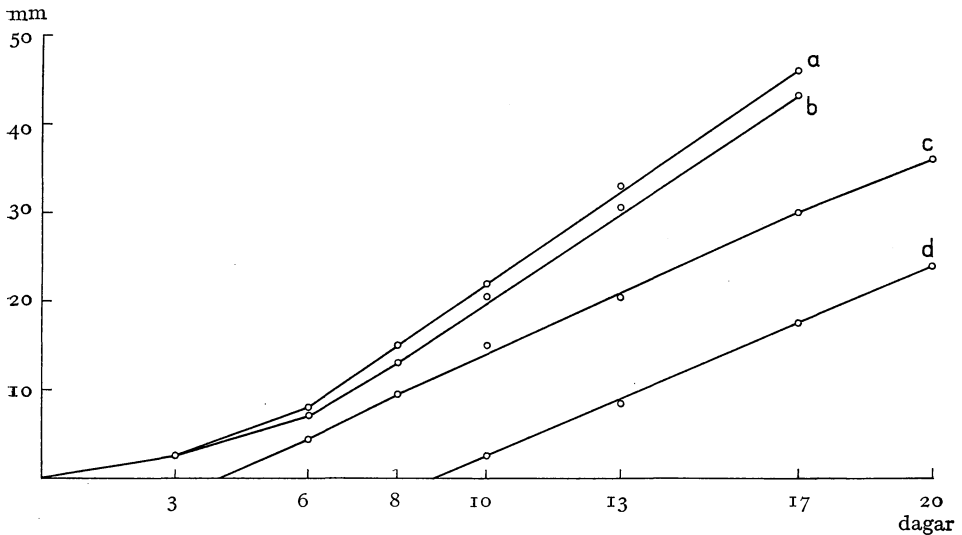


Fig. 4. Tillväxtkurvor av *Polyporus marginatus* i maltextraktagar, innehållande pinosylvin.

a = 1 % alkohol, b = 0,002, c = 0,005 och d = 0,01 % pinosylvin.

Wachstumskurven von *Polyporus marginatus* in Pinosylvinhaltigem Agar.

inträdde efter 13—17 dagar en svag tillväxt. De flesta övriga svamparna icke blott hämmades av 0,01—0,02 % pinosylvin utan det visade sig även, att ympbitarna efter 10—13 dagars förvaring i rören med pinosylvin-agar hade dödats. Blott *Polyporus vaporarius* och *Stereum purpureum* växte ut efter överflyttning till maltextraktagar.

c. Försök med pinosylvinmonometyleter.

På samma sätt som pinosylvinet har dess monometyleter provats. I tab. 6 och 7 ha tillväxtvärdena för *Fomes annosus* och *Stereum purpureum* sammanställts. *Fomes annosus* har växt i samtliga koncentrationer, även om en betydande hämning har ägt rum. *Stereum purpureum* däremot växte icke i 0,02—0,01 % och hämmades mycket starkt i 0,005 och 0,002 % lösning (jfr även fig. 2). Av kurvorna på fig. 5 framgår, att *Polyporus marginatus* avsevärt hämmades, särskilt i högre koncentrationer.

I tabell 8 har en sammanställning av den relativa tillväxten hos alla svamparna gjorts. Jämförd med pinosylvin har monometyletern i genomsnitt en

Tabell 6. Inverkan av pinosylvinmonometyleter på tillväxten av *Fomes annosus*.
Einwirkung von Pinosylvin-monomethyläther auf das Wachstum von *Fomes annosus*.

% Pinosylvinmonometyleter	mm tillväxt efter dagar mm Wachstum nach Tagen					
	3	7	8	10	13	17
—	6	28	44	~		
0,02	1	5	17	23	37	51
0,01	1	6	17	27	42	50
0,005	1	5	16	25	40	~
0,002	2	7	19	29	44	~
0,001	3	12	27	39	51	~

Tabell 7. Inverkan av pinosylvinmonometyleter på tillväxten av *Stereum purpureum*.
Einwirkung von Pinosylvin-monomethyläther auf das Wachstum von *Stereum purpureum*.

% Pinosylvinmonometyleter	mm tillväxt efter dagar mm Wachstum nach Tagen					
	3	6	8	10	13	17
—	14	40	~	—	—	1 —
0,02	—	—	—	—	—	1 —
0,01	—	—	—	—	—	—
0,005	3	12	22	29	46	~
0,002	4	15	25	33	47	~
0,001	8	27	41	~	—	—

¹ Ympen död.

Tabell 8. Den relativa tillväxten av rötsvampar i agar, innehållande pinosylvinmonometyleter. Försök i provrör vid 22° C.

Das relative Wachstum von Fäulnispilzen in Pinosylvin-monomethyläther enthaltendem Agar. Versuche in Proberöhrchen bei 22° C.

Svampar Pilze	I % Alkohol	% Pinosylvinmonometyleter					Antal försöks- dagar Anzahl Versuchs- tage
		0,02	0,01	0,005	0,002	0,001	
<i>Coniophora cerebella</i>	100	—	1—	1—	3—	38	6
<i>Corticium laeve</i>	»	19	28	39	43	53	17
<i>Fomes annosus</i>	»	39	39	36	43	61	8
<i>Lentinus squamosus</i>	»	14	48	60	86	102	17
<i>Polyporus betulinus</i>	»	1—	1—	4	9	54	10
» <i>marginatus</i>	»	1—	5	28	43	78	13
» <i>vaporarius</i>	»	1—	4	21	47	86	13
<i>Polystictus hirsutus</i>	»	36	53	58	58	87	10
» <i>versicolor</i>	»	37	41	67	69	102	8
<i>Schizophyllum commune</i>	»	31	35	29	27	71	8
<i>Stereum purpureum</i>	»	1—	1—	30	38	68	6
<i>Trametes pini</i>	»	² (+)	43	79	88	93	17

¹ och ² se tab. 5.

³ Tillväxt efter 8 dagar.

mm

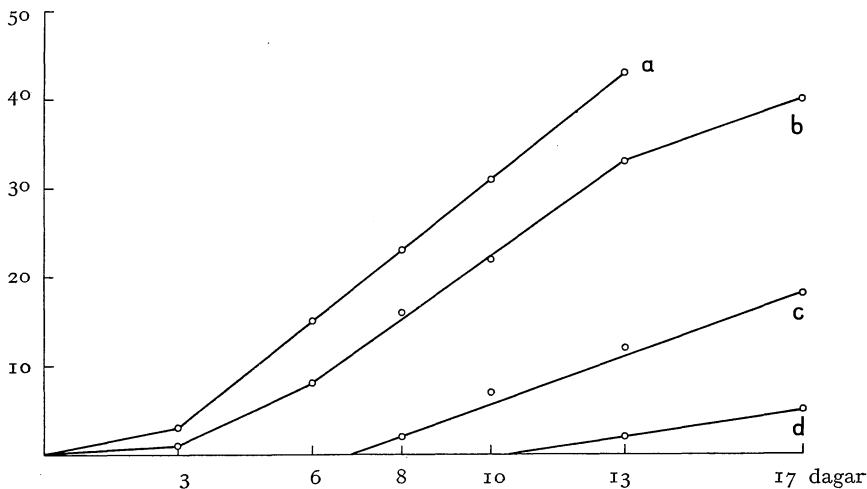


Fig. 5. Tillväxtkurvor av *Polyporus marginatus* i maltextraktagar, innehållande pinosylvinmonometyleter.

a = 1 % alkohol, b = 0,001, c = 0,005 och d = 0,01 % pinosylvinmonometyleter.

Wachstumskurven von *Polyporus marginatus* in Pinosylvin-monomethyläther-haltigem Agar.

lägre toxicitet. Endast emot en av svamparna, *Coniophora cerebella* (fig. 6), var den giftigare än pinosylvin. Ett par av svamparna, nämligen *Polyporus betulinus*, *P. marginatus* och *Stereum purpureum*, voro lika känsliga för båda

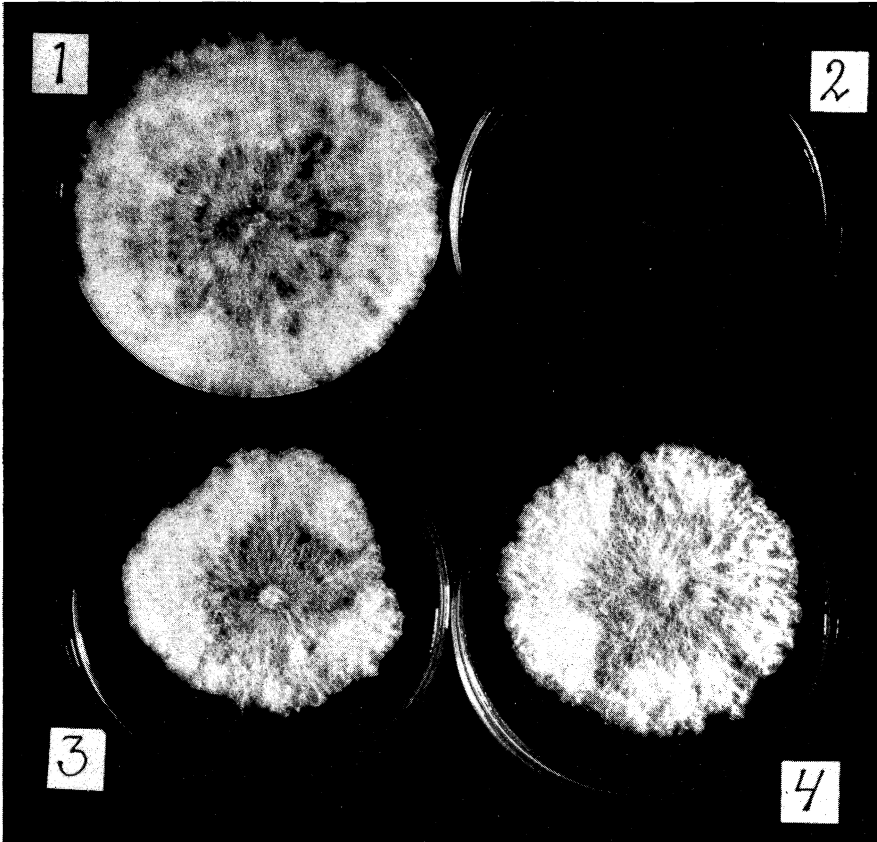


Fig. 6. 12 dagar gamla kulturer av *Coniophora cerebella* i agar, innehållande pinosylvinmonometyleter.
 1 = kontroll, 2 = 0,005, 3 = 0,002 och 4 = 0,001 % pinosylvinmonometyleter.
 12 Tage alte Kulturen von *Coniophora cerebella* in Pinosylvin-monomethyläther enthaltendem Agar.

substanserna. De flesta svamparna voro emellertid mindre känsliga, och flera av dem ha icke hämmats i 0,02 % lösning. Försök att genom större tillsats till agarn uppnå den tillväxtförhindrande koncentrationen ha icke lyckats. Som tidigare omtalats, föll pinosylvinmonometyletern då ut i form av kristaller, varigenom mängden »verksam» substans i lösningen sjönk.

d. Försök med pinosylvindimetyleter.

I kärnveden hos en del *Pinus*-arter (*P. nigra*, *P. palustris*) förekommer även pinosylvindimetyleter, $C_{14}H_{10}(OCH_3)_2$, (ERDTMAN 1943). Som framgår av tab. 9, är denna förening föga verksam. De sex undersökta svamparna tillväxte alla i 0,01—0,02 % lösning. Mest hämmades *Polyporus betulinus*,

som även i fråga om pinosylvin och pinosylvinmonometyleter hörde till de känsligaste svamparna. Praktiskt taget samma hämningsvärden ha erhållits i båda koncentrationerna av dimetyletern, vilket tyder på att lösningen varit så gott som mättad redan vid 0,01 %. Kristallbildningen var emellertid obetydlig i båda koncentrationerna.

Tabell 9. Den relativa tillväxten av rötsvampar i agar, innehållande pinosylvin-dimetyleter. Försök i provrör vid 22° C.

Das relative Wachstum von Fäulnispilzen in Pinosylvin-dimethyläther enthaltendem Agar. Versuche in Proberöhrchen bei 22° C.

S v a m p a r Pilze	1 % Alkohol	% Pinosylvin- dimetyleter		Antal försöks- dagar Anzahl Versuchs- tage
		0,02	0,01	
<i>Corticium laeve</i>	100	60	61	17
<i>Fomes annosus</i>	»	63	61	6
<i>Polyporus betulinus</i>	»	30	29	10
» <i>vaporarius</i>	»	61	73	17
<i>Schizophyllum commune</i>	»	66	70	8
<i>Trametes pini</i>	»	75	75	17

e. Försök med fenol.

Som standardgift vid toximetriska undersökningar användes fenol. En jämförelse därmed har desto större intresse, eftersom pinosylvin och dess derivat själva tillhöra fenolgruppen. I tabell 10 har den relativa tillväxten av rötsvamparna i maltextraktagar, försatt med fenol, sammanställts. Därav framgår, att fenol för de undersökta svamparna är ett mycket likvärdigt gift. De flesta hämmades i 0,1 % lösning, de återstående i 0,2 %. Dessa värden visa god överensstämmelse med de av FALCK (1912) erhållna hämningsvärdena, nämligen 0,1 % fenol för *Coniophora cerebella* och *Polyporus vaporarius*. Vid överföring till maltextraktagar av ympstycken, som icke vuxit ut i rören, visade det sig, att flertalet svampar växte ut. Mycelet var sålunda vid liv, vilket i allmänhet icke var fallet med de mycelstycken, som förvarats på agar, innehållande pinosylvin eller pinosylvinmonometyleter (tab. 5 och 8).

I tabell 10 har även fenoltalet angivits. Detta, som kan bestämmas enligt flera olika metoder (JÖRGENSEN 1940, p. 96), har i föreliggande fall beräknats ur förhållandet mellan de koncentrationer av resp. fenol och pinosylvin eller pinosylvinmonometyleter, i vilka fullständig hämning ägt rum. Den hämmande koncentrationen för fenol har satts = 1. Pinosylvin är genomgående giftigare än fenol, fenoltalen variera mellan 5 och 20. Pinosylvinmonometyleter uppvisar en betydligt större variation. För *Stereum purpureum*, *Trametes pini* och *Polyporus*-arterna är den 5—10 gånger giftigare, för *Coniophora cerebella* icke mindre än 50 gånger giftigare än fenol. För de återstående svamparna

UNDERSÖKNINGAR ÖVER TOXICITETEN EMOT RÖTSVAMPAR 345

Tabell 10. Den relativa tillväxten av rötsvampar i agar, innehållande fenol. Försök i provrör vid 22° C.

Das relative Wachstum von Fäulnispilzen in Phenol enthaltendem Agar. Versuche in Proberöhrchen bei 22° C.

S v a m p a r Pilze	I % Alko- hol	% fenol Phenol					Antal försöks- dagrar Anzahl Versuchs- tage	Fenoltal Phenolzahl	
		0,2	0,1	0,05	0,02	0,01		Pino- sylvin	Pino- sylvin- mono- metyl- eter
<i>Coniophora cerebella</i>	100	—	² (+)	22	52	88	8	10	50
<i>Corticium laeve</i>	»	¹ —	(+)	11	43	45	13	10	—
<i>Fomes annosus</i>	»	—	(+)	7	83	106	10	5	³ (0,1)
<i>Lentinus squamosus</i>	»	(+)	2	65	100	98	17	10	—
<i>Polyporus betulinus</i>	»	—	¹ —	2	21	34	10	10	10
» <i>marginatus</i>	»	—	(+)	21	26	43	17	5	5
» <i>vaporarius</i>	»	—	(+)	25	59	95	13	10	5
<i>Polystictus hirsutus</i>	»	(+)	(+)	41	71	78	10	10	(0,5)
» <i>versicolor</i>	»	¹ —	11	55	70	80	8	5	(0,2)
<i>Schizophyllum commune</i> ...	»	(+)	11	63	95	99	10	20	(0,2)
<i>Stereum purpureum</i>	»	—	(+)	48	97	91	8	10	10
<i>Trametes pini</i>	»	(+)	11	70	82	85	20	20	10

¹ och ² se tab. 5.

³ Värden inom parantes osäkra och sannolikt för låga till följd av kristallbildning o. dyl.

däremot är fenolen den giftigare substansen. Fenoltalet har i dessa fall icke kunnat beräknas med någon säkerhet, emedan pinosylvinmonometyletern i högre koncentrationer delvis föll ut i kristallisk form. Dylika värden ha i tabell 10 satts inom parentes.

f. Diskussion av försöken i maltextraktagar.

Av de i tallkärnveden förekommande fenoliska beståndsdelarna är pinosylvinet i regel det mest verksamma, därefter dess monometyleter, medan dimetyletern är minst verksamma. Den genomsnittliga hämmande koncentrationen hos de undersökta ämnena framgår av nedanstående uppställning:

	genomsnittlig hämmande koncentration
Pinosylvin.....	0,01 — 0,02 %
» -monometyleter.....	0,005—0,02 — > 0,02 %
» -dimetyleter.....	> 0,02 %
Fenol.....	0,1 — 0,2 %

Några barrträdssvampar, som i försöken visade stor resistens, ha under naturliga förhållanden förmåga att åtminstone i viss grad angripa tallkärnved och kunna troligen även i veden på ett eller annat sätt bryta ned dessa kärn-

fenoler. Exempel härpå utgör *Fomes annosus*, som var den resistentaste av alla svamparna. Den tillväxte i 0,02 % pinosylvinlösning, även om det dröjde 17 dagar, innan mycelet växte ut. Något genomgående samband mellan de undersökta svamparnas känslighet i försöken och deras naturliga förekomst-sätt kan å andra sidan icke spåras. Syllsvampen, *Lentinus squamosus*, som svårt kan angripa tallkärnved, uthärdade tämligen höga koncentrationer. Talltickan, som obehindrat växer i tallkärnveden, hörde till de minst resistentaste svamparna i maltextrakttagarförsöken. *Coniophora cerebella*, en av de svåraste virkesförstörarna, ehuru kanske övervägande på splintved, var den känsligaste av alla svamparna.

Liknande förhållanden möta bland de svampar, som i naturen uppträda på lövträd eller virke därav. Möjligen kunde man föreställa sig, att dessa svampar genomgående skulle vara känsliga för dessa kärnfenoler. Mycket känsliga voro *Polyporus betulinus* och *Stereum purpureum*, båda saprofyter och under vissa förhållanden parasiter på lövträd. De båda *Polystictus*-arterna däremot, särskilt *P. versicolor*, voro motståndskraftiga. En så utpräglad lövträdssaprofytt, som *Schizophyllum commune* var nästan lika resistent som *Fomes annosus*.

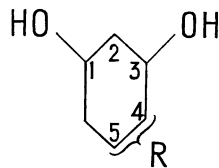
För en del av de undersökta svamparna kan förmågan eller oförmågan att angripa tallkärnveden sålunda möjligen stå i samband med deras större eller mindre känslighet för fenolerna i tallkärnveden, för andra däremot icke. För svamparnas sätt att uppträda under naturliga förhållanden måste även många andra faktorer än giftämnen i veden spela en viktig roll, och det är icke gärna tänkbart, att man skall kunna förklara det naturliga förekomst-sättet enbart av försök i agar. Uteslutet är dock icke, att ett något vackrare resultat skulle erhållits, om flera stammar hade provats av varje svamp. Förmågan att motstå gifter är en fysiologisk egenskap, som kan variera från en stam till en annan lika väl som tillväxthastighet, aggressivitet m. m. De båda svampar, som visade sig motståndskraftigast mot kärnfenolerna, nämligen *Fomes annosus* och *Schizophyllum commune*, höra emellertid till de svampar, som ha en hög allmän motståndskraft emot gifter (RICHARDS 1924, 1925).

Fenol, C_6H_5OH , är ganska giftigt för svampar och bakterier. En 0,1—0,2 % lösning har i allmänhet en fullständigt hämmande inverkan. Med införande av ytterligare OH-grupper avtar giftigheten. Resorcin och hydrokinon, $C_6H_4(OH)_2$, ha gentemot *Coniophora cerebella* fenoltalet 0,1—0,2 (FALCK 1912). Ännu mindre verksamma torde floroglucin och pyrogallol, $C_6H_3(OH)_3$, vara (BOKORNY 1916). Genom att substituera väteatomerna i fenolen med klor eller nitrogrupper ökas däremot giftigheten högst betydligt. Pentaklorfenol, som har fått vidsträckt användning såsom skydd mot blåyta på virke, har

UNDERSÖKNINGAR ÖVER TOXICITETEN EMOT RÖTSVAMPAR 347

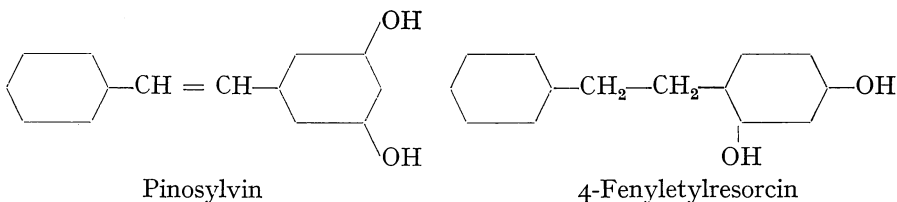
fenoltalet 165, och dinitrofenolnatrium hämmar tillväxten av svampar i 0,01—0,05 % lösningar (BORZINI 1938).

Även genom att införa en sidokedja kan giftigheten ökas i mycket hög grad. Åtskilliga resorcinderivat, uppbyggda enligt vidstående schema, ha visat sig besitta högst anmärkningsvärda antiseptiska egenskaper. Så har 4-hexylresorcin, $C_6H_3(OH)_2(CH_2)_5CH_3$, gentemot vissa mögelsvampar fenoltalet 46—56,3 emot resorcinets 0,3 (HOUBEN och WOLLENWEBER 1929), och 5-heptylresorcin har mot *Staphylococcus aureus* ett så högt fenoltal som 280 (SUTER och WESTON 1939).



(R = sidokedja)

Den större giftigheten hos pinosylvin, jämfört med fenol och resorcin, måste bero på sidokedjan. Som framgår av nedanstående formler är likheten i strukturellt hänseende mellan pinosylvin och 4-fenyletylresorcin påfallande.



Pinosylvin

4-Fenyletylresorcin

Sistnämnda förening har fenoltalet 41—43 och hämmar *Graphium ulmi* och *Penicillium* sp. i 0,016 % lösning (HOUBEN och WOLLENWEBER 1929).

Skillnaden i toxicitet hos de olika pinosylvinsubstanserna hänger tydligen samman med förekomsten av hydroxylgrupperna. Pinosylvin, som i genomsnitt är den giftigaste substansen, innehåller två hydroxylgrupper, medan monometyletern har en, och dimetyletern saknar OH-grupp. Beträffande toxiciteten visa sålunda pinosylvinsubstanserna ett förhållande, som egendomligt nog är rakt motsatt de osubstituerade fenolernas, där som nyss påpekats fenol är giftigast.

Ett relativt stort antal naturprodukter av fenolisk eller kinoid natur ha isolerats, huvudsakligen ur trädslag med färgad, motståndskraftig ved (ERDTMAN 1939 c). Till sin kemiska struktur ha de klarlagts, men deras fysiologiska verkan gentemot rötsvampar har icke undersökts. Någon jämförelse i detta hänseende med pinosylvin kan därför icke anställas. Åtskilliga undersökningar med icke närmare definierade substanser eller extrakt ha emellertid utförts.

Det i Japan inhemska Hibaträdet, *Thujaopsis dolabrata*, har en kärnved, som är mycket motståndskraftig gentemot de flesta svampar, men den angripes av *Fomes robustus*. Genom destillation av kärnved från detta trädslag erhöLL KITAJIMA (1931, 1933) en olja, sannolikt tillhörande fenolserien. Denna olja hade en starkt antiseptisk verkan. En tillsats till agar av 0,05 % var nog för

att fullständigt hämma tillväxten av *Polyporus vaporarius*. Såväl pinosylvin som dess monometyleter äro likväl effektivare (tab. 5 och 8). Att *Fomes robustus* kan angripa *Thujaopsis*-veden, anser KITAJIMA bero på att denna svamp förfogar över enzym, som kunna bryta ned fenolgruppen i den skyddande oljan. Extrakt av *Chamaecyparis obtusa*, sannolikt till stor del bestående av hinokinin (ERDTMAN 1939 c), hämmade icke ens i 0,35 % lösning.

Kärnveden av »western red cedar», *Thuja plicata*, är synnerligen resistent emot rötsvampar (HUBERT 1931 p. 467). Gentemot *Lentinus squamosus* var extrakt av kärnveden starkt toxiskt, medan extrakt av splintveden icke eller blott föga hämmade tillväxten (SOWDER 1929). En närmare undersökning av den verksamma beståndsdel i kärnveden hos *Thuja plicata* har verkställts av ANDERSON och SHERRARD (1933). De isolerade ur kärnveden tvenne föreningar. Den ena var dehydroperillasyra, $C_{10}H_{12}O_2$, som visade sig toxiskt överksam. Den andra tillhör fenolserien och har möjligen samma bruttosammansättning som dehydroperillasyran. I maltextraktagar hämmade denna substans *Fomes annosus* i en koncentration av 0,005—0,007 %. Den är sålunda avsevärt giftigare än pinosylvin, varav ca 0,02 % lösning erfordras för att hämma samma svamp.

HAWLEY, FLECK och RICHARDS (1924) och ANDERSON (1931) gjorde varm- och kallvattenextrakt av splint- och kärnved från olika amerikanska träslag och blandade dem i agar, som sedan ympades med *Fomes annosus* resp. *Lenzites saepiaria*. I regel visade det sig, att varmvattenextrakten voro mer toxiska än kallvattenextrakten, och att extrakt från kärnved var rikare på toxiska ämnen än dylikt från splintved. Närmare undersökningar i kemiskt hänseende över de verksamma ämnena i dessa extrakt ha emellertid icke utförts.

BAVENDAMM (1928) har gjort en ingående undersökning över inverkan av tannin och andra garvämnena på rötsvampar. En tanninkoncentration av 2 % hämmade tillväxten hos de flesta undersökta svamparna. Vid tillsats av naturliga garvämnena visade sig några svampar, t. ex. *Merulius lacrymans*, relativt känsliga, medan andra fördrogo betydligt högre koncentrationer eller t. o. m. stimulerades av en tillsats. *Fomes annosus* och *Trametes pini* växte sålunda i agar, innehållande 12 % garvämnena från granbark. Garvämnena från ek- och kastanjeved kunde fördragas i koncentrationer av samma storleksordning. BAVENDAMM drar därav den slutsatsen, att garvämnena icke spela någon roll som skyddsmedel emot parasitiska svampar. »Garvämnena» äro dock icke några enhetliga substanser. I dem kunna i ringa mängd substanser ingå, som ha antiseptisk verkan.

Åtskilliga iakttagelser ha sålunda gjorts, som visa att kärnved från resistent träslag innehåller toxiska substanser. Beträffande dessa ämnens kemiska natur är emellertid mycket litet känt. Så vitt jag kunnat finna av litteraturen

i hithörande frågor, är det av i kemiskt hänseende klart definierade substanser endast pinosylvin och dess derivat, som genom föreliggande undersökning blivit närmare undersökta i fråga om deras verkan emot rötsvampar. Till fenolgruppen höra med all sannolikhet även de verksamma beståndsdelarna i kärnveden av *Thuja plicata* och *Thujopsis dolabrata* liksom även många verksamma ämnen i extrakt från andra resistenta trädslag. Den strukturkemiska utredningen av dessa substanser är i hög grad önskvärd.

3. Försök med impregnerade klotsar av tall.

I syfte att mer efterlikna de naturliga förhållandena ha även en del försök utförts, där svamparna fått angripa impregnerade klotsar av splint- och kärnved av tall. Enär dylika försök äro mer tidskrävande än maltextraktagarförsöken, ha de blott utförts med några av svamparna, nämligen med *Fomes annosus*, *Lentinus squamosus* och *Trametes pini*. Då försöken dessutom kräva rätt stor tillgång på fenolerna, ha de endast kunnat utföras med pinosylvinmonometyleter. Av det giftigare pinosylvinet har tyvärr ej tillräcklig kvantitet stått till förfogande.

a. Metodik.

I huvudsak har den metodik använts, som utexperimenterats för att prova giftigheten hos träkonserveringsmedel emot rötsvampar (LIESE, NOWAK, PETERS och RABANUS 1935). Klotsar med dimensionerna $5 \times 2,5 \times 1$ cm förfärdigades av splint- resp. kärnved av en tall vuxen på Boxholms bruks marker. Den abs. torrvikten på klotsarna bestämdes på 1 mg när genom torkning vid 105°C under 4 timmar. Medeltalet av volymvikten på 30 st. klotsar utgjorde för splintveden 0,45 (0,43—0,48) och för kärnveden 0,41 (0,39—0,44), alltså något lägre för den sistnämnda.

Hartshalten hos klotsarna bestämdes genom att väga de vid 105°C torkade klotsarna före och efter extrahering. Splintvedsklotsar, kontinuerligt extraherade med aceton under 3×24 timmar, hade en hartshalt, som varierade mellan 2,6 och 3,4 % av torrsubstansen, i medeltal 2,9 %. På samma sätt behandlade kärnvedsklotsar hade en hartshalt varierande mellan 4,8 och 7,8 %, i medeltal 5,8 % av torrsubstansen.

Tillvägagångssättet vid impregneringen med pinosylvinmonometyleter var följande: Klotsarna extraherades, vanligen med aceton under 3×24 timmar, i ett fall med en blandning av alkohol och bensol under en vecka. För att kontrollera extraktionens effektivitet spjälkades några av klotsarna och beströkos med en lösning av tetrazoterat benzidin, som är ett reagens på kärnvedsfenoler (KOCH och KRIEG 1938). En svag rödfärgning av kärnvedsklot-

sarna antydde, att extraktionen icke var fullständig.¹ Skillnaden i färg mellan en icke extraherad och en extraherad klots var emellertid mycket tydlig.

De extraherade klotsarna lades ned i en glasburk försedd med anordningar för evakuering och påfyllning och lagom stor att rymma 12 st. klotsar. Medelst vattensug sögs luften ut ur cellhålligheterna så mycket som möjligt, och därpå nedfördes genom en skiljetratt 200 ml 96 % alkohol innehållande pinosylvinmonometyleter. Klotsarna fingo ligga i alkohollösning ca 18 timmar, under vilken tid de blevo fullimpregnerade. Genom särskilda försök konstaterades, att klotsarna, vilkas volym utgjorde ca 12,5 cm³, togo upp mellan 6 och 7 ml alkohol pr klots. Genom vägning av klotsen före och efter alkoholimpregneringen kunde den volym alkohol, som upptagits pr klots, lätt beräknas och med ledning därav den exakta mängden pinosylvinmonometyleter pr klots. I tabellerna 12—14 har den angivits, dels i mg, dels i % av klotsens torr-

Genom att impregnera klotsarna med alkohol, innehållande olika mängd pinosylvinmonometyleter, kunde klotsar med olika halt av detta ämne erhållas. Följande serier gjordes.

Serie nr 1: 1 200 mg pinosylvinmonometyleter i 200 ml 96 %	} pinosylvin- monometyleter pr serie
alkohol = 0.7—0.8 %	
Serie nr 2: 1 800 mg pinosylvinmonometyleter i 200 ml 96 %	
alkohol = 1.1—1.2 %	
Serie nr 3: 2 400 mg pinosylvinmonometyleter i 200 ml 96 %	
alkohol = 1.6—1.8 %	

På grund av individuella olikheter hos klotsarna blev upptagningen icke alldeles likformig inom resp. serier. I de lägre koncentrationerna voro variationerna i upptagningen ganska små, i den högsta, 1,6—1,8 % pinosylvinmonometyleter pr klots, något större. Önskvärt hade varit att sortera ut de mest avvikande klotsarna. På grund av nödvändigheten att spara med materialet lät detta sig emellertid icke göra.

Klotsar, avsedda att tjänstgöra som kontroll, extraherades tillsammans med de övriga klotsarna. Därefter impregnerades de med 96 % alkohol utan pinosylvinmonometyleter. Klotsar av såväl splint- som kärnved användes till kontrollproven.

Efter impregneringen fingo klotsarna lufttorka ungefär en vecka för att bereda alkoholen tillfälle att avdunsta. Under tiden gjordes svampkulturerna i ordning. Svamparna odlades i Kollekolvar, innehållande 50 ml 2 % malt-extraktagar. Så snart svamparna vuxit ut över hela agarytan, lades träklotsarna, som steriliserats i strömmande ånga under 30 minuter, in på små

¹ Enligt H. ERDTMAN ger även pulver av kärnved, som fullständigt extraherats med t. ex. acetone, en dylik svagt röd färgreaktion, möjligen försäkad av vid ligninet bundet pinosylvin eller av oextraherbara fenoler av annan typ.

U-formiga glasbänkar. I varje kolv inlades en impregnerad och en oimpregnerad klots. Efter 3 månaders kultur vid 22° C togos klotsarna ut ur kolvarna, och genom förnyad torrviktsbestämning bestämdes den av svampen förorsakade vikt förlusten. Av varje försöksserie gjordes 4 st paralleller.

b. Försök med naturlig splint- och kärnved.

Till en början gjordes ett försök för att utröna svamparnas angreppsförmåga på klotsar av naturlig splint- och kärnved. Försöket, som utfördes med *Fomes annosus* och *Lentinus squamosus*, har sammanställts i tab. 11. Angreppsintensiteten var mycket olika hos de båda svamparna. *Fomes annosus* angrep veden ganska obetydligt (jfr. LIESE och medarbetare 1935), splintvedsklotsarna mera än kärnvedsklotsarna. *Lentinus squamosus* förstörde en betydande del av vedsubstansen, likaledes mera av splintveden än av kärnveden. Hartsbeståndsdelarna i kärnveden ha sålunda icke förmått hindra ett angrepp av svamparna, men de ha till en viss grad hämmat deras tillväxt. Liknande resultat erhöLL ROBAK (1942) vid odling av ett antal röttsvampar på spånor och klotsar av kärnved resp. splintved av tall. Kärnveden angreps betydligt mindre, särskilt i kolvar, innehållande svampar med stor nedbrytningsförmåga, såsom *Lenzites saepiarum* och *Trameetes serialis*. Även ZELLER (1917) fick vid försök med *Lenzites saepiarum* i genomsnitt mindre angrepp

Tabell 11. Rötangrepp på klotsar av splint- och kärnved av tall. Försökstid 3 månader vid 22° C.

Fäulnisangriff auf Klötzchen aus Kiefern splint- und Kiefern kernholz. Versuchszeit 3 Monate bei 22° C.

S v a m p a r Pilze	Ved Holz	g torr vikt pr klots g Trockengewicht pro Klötzchen		vikt förlust Gewichtsverlust	
		före rötning vor Fäulnis	efter rötning nach Fäulnis	pr klots pro Klötzchen %	i medeltal im Mittel %
<i>Fomes annosus</i>	splint	5,45	4,74	13,1	13,2
		5,47	4,71	13,8	
		5,54	4,83	12,8	
» »	kärna	5,45	4,73	13,2	10,5
		5,15	4,63	10,2	
		5,11	4,60	9,8	
<i>Lentinus squamosus</i>	splint	5,09	4,54	10,9	41,5
		5,04	4,48	11,0	
		5,35	3,10	42,1	
» »	kärna	5,50	3,16	42,5	33,2
		5,48	3,30	39,8	
		5,55	3,24	41,7	
» »	kärna	5,07	3,79	25,3	33,2
		5,30	3,47	34,6	
		5,36	3,41	36,4	
		4,80	3,05	36,5	

Tabell 12. Angrepp av *Fomes annosus* på klotsar impregnerade med olika mängd pinosylvinmonometyleter. Försökstid 3 månader vid 22° C.

Angriff von *Fomes annosus* auf mit verschiedenen Mengen von Pinosylvin-monomethyl-äther imprägnierte Klötzchen. Versuchszeit 3 Monate bei 22° C.

Nr	Material	Torrsvikt pr klots ¹ Trockengewicht pro Klötzchen		Ex- trakt %	Pinosylvin- monometyl- eter pr klots pro Klötzchen		Viktförlust Gewichtsverlust		Viktförlust Kontrollklot- sar Gewichtsverlust Kontrollklötz- chen	
		före rötning vor Fäulnis	efter rötning nach Fäulnis		mg	%	pr klots pro Klötz- chen %	i me- deltal im Mittel %	pr klots pro Klötz- chen %	i me- deltal im Mittel %
		g	g							
1 a	splintved..	5,45	4,94	² 3,0	39,6	0,73	9,1		11,6	
		5,65	5,05	2,6	37,6	0,67	10,7		11,2	
		5,29	4,94	2,7	37,3	0,71	6,6	8,8	15,0	12,6
1 b	kärnved....	5,35	4,88	2,7	35,9	0,68	8,8		12,5	
		5,13	4,58	² 5,8	41,4	0,81	10,7		13,6	
		4,99	4,62	4,8	39,5	0,80	7,4		9,6	
2	splintved...	4,71	4,13	5,3	40,0	0,86	12,3	10,4	14,2	12,6
		4,87	4,33	7,8	37,9	0,78	11,1		13,0	
		5,52	5,04	³ 3,6	64,7	1,18	8,8		15,2	
3 a	splintved...	5,50	5,17	0,9	59,0	1,08	6,2		15,7	
		5,38	4,97	1,2	57,3	1,17	7,5	7,4	15,7	16,1
		5,82	5,41	1,0	63,9	1,11	7,0		17,6	
3 b	kärnved....	5,64	5,03	² 4,9	97,2	1,76	10,5		18,0	
		5,65	4,99	0,9	96,5	1,74	11,8		17,1	
		5,47	4,80	2,2	90,0	1,68	12,1	11,6	17,1	17,5
3 b	kärnved....	5,52	4,86	1,0	97,7	1,80	12,0		17,6	
		4,95	4,39	² 3,2	78,0	1,60	11,3		15,6	
		4,71	4,29	3,2	89,2	1,93	9,2		17,3	
3 b	kärnved....	5,32	4,81	4,3	105,5	2,02	9,6	10,1	17,0	16,3
		5,13	2,61	4,2	87,2	1,73	10,1		15,4	

¹ Klotsen + pinosylvinmonometyleter.

² Kontinuerlig extraktion med aceton 3 × 24 timmar.

³ » » » » alkohol + bensol under 6 × 24 timmar.

på kloisar, tillverkade av kärnved av amerikanska *Pinus*-arter. Han ställer dock detta i samband med högre volymvikt hos kärnveden och tillmäter i varje fall icke hartsbeståndsdelarna några toxiska egenskaper. LIESE (1928) fann, att flera virkesförstörande svampar, särskilt *Merulius*-arterna, förorsakade mycket små angrepp, 6—8 % viktförlust, på kärnveden, medan av splintveden ända upp till 44 % förstördes.

c. Försök med klotsar impregnerade med pinosylvinmonometyleter.

Resultaten av försöken med *Fomes annosus* ha sammanställts i tabell 12. Viktförlusten är genomgående tämligen liten. För de extraherade kontrollklotsarna varierar den mellan 12 och 17 %, för de impregnerade mellan 7

och 12 %. I ett fall (serie 1 b) är skillnaden i vikt förlust mellan impregnerade och icke impregnerade klotsar obetydlig, i de andra serierna påtaglig.



Fig. 7. En månad gammal kultur av *Lentinus squamosus*. Klots nr 7 innehåller 1,82 % pinosylvinmonometyleter, klots nr 19 är extraherad splintved.

Einen Monat alte Kultur von *Lentinus squamosus*. Das Klötzchen Nr. 7 enthält 1,82 % Pinosylvinmonomethyläther, das Klötzchen Nr. 19 ist extrahiertes Splintholz.

Pinosylvinmonometyletern har sålunda i viss grad hämrat angreppsförmågan hos *Fomes annosus*. Någon tydlig skillnad mellan de olika koncentrationerna därav kan däremot icke märkas. Sannolikt råda ungefär

Tabell 13. Angrepp av *Lentinus squamosus* på klotsar impregnerade med olika mängder pinosylvinmonometyleter. Försökstid 3 månader vid 22° C.

Angriff von *Lentinus squamosus* auf mit verschiedenen Mengen von Pinosylvin-monomethyläther imprägnierte Klötzchen. Versuchszeit 3 Monate bei 22° C.

Nr	Material	Torrsvikt pr klots		Ex- trakt %	Pinosylvin- monometyl- eter pr klots pro Klötzchen		Vikt förlust Gewichtsverlust		Vikt förlust Kontrollklots- sar Gewichtsverlust Kontrollklötz- chen	
		före rötning vor Fäulnis	etter rötning nach Fäulnis		mg	%	pr klots pro Klötz- chen %	i me- deltal im Mittel %	pr klots pro Klötz- chen %	i me- deltal im Mittel %
		g	g							
1 a	splintved...	5,56	3,88	2,6	40,6	0,74	30,2		44,1	
		5,47	3,73	3,1	43,2	0,80	31,8		43,8	
		5,32	4,08	3,4	40,3	0,76	23,5	30,4	35,0	40,8
1 b	kärnved....	5,64	3,60	2,9	38,1	0,68	36,3		40,3	
		4,74	4,38	5,8	44,3	0,92	7,6		29,6	
		4,93	4,54	5,3	40,4	0,83	7,8		40,6	
2	splintved...	4,92	4,31	6,3	41,3	0,85	12,3	14,0	40,5	40,0
		4,89	3,47	5,2	38,6	0,80	29,1		49,1	
		5,41	3,79	1,6	63,7	1,19	30,0		37,7	
3 a	splintved...	5,61	4,30	2,0	61,8	1,12	23,4		35,2	
		5,46	3,99	1,6	62,9	1,14	26,7	26,6	40,0	37,2
		5,65	4,16	1,6	63,3	1,13	26,4		35,8	
3 b	kärnved....	5,41	3,72	2,7	99,4	1,87	31,5		40,3	
		5,50	3,81	1,1	99,8	1,85	30,8		44,0	
		5,76	4,12	1,9	102,8	1,82	28,4	30,3	44,0	44,3
3 b	kärnved....	5,38	—	1,1	93,2	1,72	—		48,8	
		5,04	3,77	3,6	85,0	1,72	25,1		37,8	
		5,24	4,02	5,1	78,8	1,53	23,4		36,1	
3 b	kärnved....	5,09	4,01	5,1	82,7	1,65	21,4	24,0	36,4	37,1
		5,03	3,71	3,3	83,5	1,69	26,1		38,0	

samma förhållanden i veden som i maltextraktagar, där svampen hämmades i samma utsträckning inom ett jämförelsevis stort koncentrationsintervall (RENNERFELT 1943). Även vid den lägsta av de använda koncentrationerna, 0,7—0,8 % pinosylvinmonometyleter, bör större delen därav förekomma i utfälld kristallin form. Den del, som är löst i vattnet i veden, är icke tillräcklig för att hindra svampens tillväxt, den endast försvårar den.

I tabell 13 återfinnas försöken med sylldsvampen, *Lentinus squamosus*. Kontrollklotsarna, alltså extraherade klotsar, uppvisa samtliga en hög vikt-förlust, mellan 37 och 44 % av torrsbstansen. Dessa procentsiffror överensstämna väl med värdena på vikt förlusten för naturlig splint, 41,5 % (tabell 11). De impregnerade klotsarna ha samtliga angripits betydligt mindre. Vikt förlusten utgör mellan 14 och 30 %, i de flesta fall 25 à 30 %. Impregneringen har sålunda ej heller i detta fall kunnat förhindra ett angrepp, men det har avsevärt mildrats. Det vill synas, som om sylldsvampen behövde en

viss tid för att bryta ned pinosylvinmonometyletern eller på annat sätt oskadliggöra den. Som framgår av figur 7, höllo sig de impregnerade klotsarna längre tid fria från svampmycelet än de oimpregnerade, som snabbt blevo övervuxna.

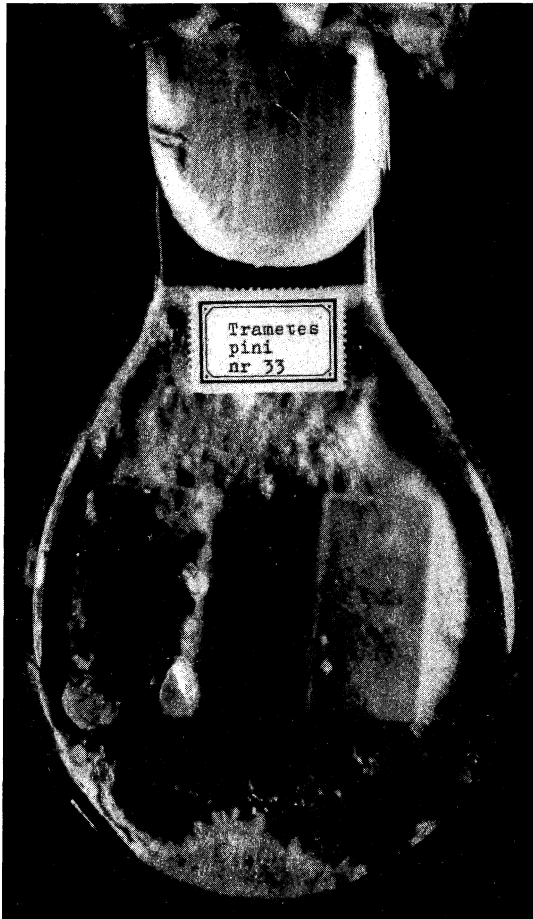


Fig. 8. Tre månader gammal kultur av *Trametes pini*. Till vänster en klots med 1,63 % pinosylvinmonometyleter, till höger en klots av extraherad kärnved.

Drei Monate alte Kultur von *Trametes pini*. Links ein Klötzchen mit 1,63 % Pinosylvinmonomethyläther, rechts ein Klötzchen von extrahiertem Kernholz.

I kolvar, innehållande *Trametes pini*, var angreppet på klotsarna genomgående mycket litet. Viktförlusten uppgick endast till 9—12 % (tab. 14). Skillnaden mellan extraherade och impregnerade klotsar var även ytterst

Tabell 14. Angrepp av *Trametes pini* på klotsar impregnerade med olika mängder pinosylvinmonometyleter. Försökstid 3 månader vid 22° C.

Angriff von *Trametes pini* auf mit verschiedenen Mengen von Pinosylvin-monomethyläther imprägnierte Klötzchen. Versuchszeit 3 Monate bei 22° C.

Nr	Material	Torrsvikt pr klots Trockengewicht pro Klötzchen		Ex- trakt %	Pinosylvin- monometyl- eter pr klots pro Klötzchen		Vikt förlust Gewichtsverlust		Vikt förlust Kontrollklot- sar Gewichtsverlust Kontrollklötz- chen	
		före rötning vor Fäulnis	efter rötning nach Fäulnis		mg	%	pr klots pro Klötz- chen %	i me- deltal im Mittel %	pr klots pro Klötz- chen %	i me- deltal im Mittel %
		g	g							
2	splintved...	5,83	—	1,3	64,2	1,11	—	—	—	—
		5,65	5,07	1,3	59,5	1,07	10,3	—	11,1	—
		5,47	5,00	2,1	65,9	1,22	8,5	9,2	10,9	11,3
		5,69	5,18	1,6	65,8	1,17	8,8	—	11,8	—
3 a	splintved...	5,73	5,14	2,4	98,5	1,75	10,1	—	12,3	—
		5,47	4,79	1,3	100,7	1,88	12,5	—	14,5	—
		5,52	4,96	2,6	91,8	1,69	10,1	11,1	9,3	12,1
		5,47	4,82	2,2	101,3	1,89	11,8	—	12,3	—
3 b	kärnved....	5,00	4,56	3,1	79,8	1,63	8,7	—	9,5	—
		5,20	4,56	2,8	79,0	1,54	12,2	—	12,0	—
		5,09	4,49	6,0	83,2	1,66	11,7	11,3	9,5	11,0
		5,30	4,66	4,4	94,3	1,81	12,1	—	13,0	—

obetydlig, i serie nr 3 b så gott som ingen. Till det yttre föreföllo t. o. m. impregnerade klotsar att vara kraftigare angripna än icke impregnerade (se fig. 8). Av försöken i maltextraktagar att döma borde taltickan ha mindre förmåga att angripa ved, som impregnerats med pinosylvinmonometyleter än både *Fomes annosus* och *Lentinus squamosus*. Som framgår av tab. 8, var nämligen *Trametes pini* känsligare för denna substans än båda de nyss nämnda svamparna. Någon förklaring till dessa motsägande resultat kan f. n. icke lämnas. Det är emellertid en gammal erfarenhet, att toxiska substanser ofta uppvisa helt olika hämningseffekt i olika substrat. Vanligen äro gifter betydligt verksammare i maltextraktagar än i ved, där avsevärt högre koncentrationer erfordras för att åstadkomma en hämning (RABANUS 1931, RENNERFELT 1941).

d. Diskussion av försöken med impregnerade klotsar.

Resistensen hos olika träslag mot angrepp av rötsvampar är ett synnerligen komplicerat problem, som beror på ett flertal faktorer. Gemensamt för det övervägande antalet rötsvampar, som förekomma på levande träd i våra skogar, är att de uppträda som saprophyter eller fakultativa parasiter till skillnad från sådana svampar som skytte och rostsvampar, vilka äro obligata parasiter, d. v. s. äro beroende av trädets levande celler för sin existens.

Av rötsvamparna uppträda blott ett fåtal som direkta parasiter. Dit kunna räknas honungsskivlingen och under vissa förhållanden rotrötesvampen. I allmänhet kunna rötsvamparna icke skaffa sig tillträde till värdrädet annat än genom sår eller döda partier, t. ex. grenbrott eller döda rötter. Inne i trädet växa de antingen i det döda centrala partiet eller i starkt försvagade partier av den levande splinten. Även om rötsvamparna kunna vara den direkta orsaken till trädets död, äro de oftare den indirekta därigenom att trädet knäckes eller stormfälles till följd av långt framskriden röta i trädets inre, redan förut döda delar.

Rena saprophyter äro alla de rötsvampar, som uppträda på timmer, upparbetat virke m. m. I allmänhet sakna de förmåga att angripa växande träd, egendomligt nog även döda partier. Den hos oss på syllar o. dyl. vanligt förekommande syllsvampen uppges emellertid i U. S. A. även förorsaka kärnröta i *Pinus*-arter (WAGENER 1929).

De allra flesta rötsvampar gå med lätthet att odla på olika konstgjorda substrat, såsom maltextrakt- och potatisagar eller sockerlösningar tydande på att de äro föga nogräknade i fråga om näringens sammansättning. Trots detta kan ofta en långt gående specialisering urskiljas beträffande deras uppträdande i naturen. En del rötsvampar angripa endast lövträdsved, t. ex. *Polystictus hirsutus* och *P. versicolor*. Andra angripa blott virke från barrträd, t. ex. *Lentinus squamosus*. Uteslutande på *Betula*-arter påträffas *Polyporus betulinus*. Under laboratorieförhållanden kan den dock i hög grad förstöra även splintved av tall (LIESE 1928). *Trametes pini* är en extrem saprofytt på barrträd. PERCIVAL (1933) uppger den från ett 50-tal olika barrträd, medan blott ett fåtal enstaka fynd registrerats på lövträd. *Fomes annosus* och *Polyporus marginatus* förekomma på både barr- och lövträd, men de vanligaste värdräden höra hemma inom barrträdsgruppen.

Dessa olikartade förhållanden torde väl bero på flera omständigheter. Å ena sidan är det sannolikt fråga om förekomsten av vissa ämnen i träden, som svampen behöver för att kunna växa normalt. Det kan vara vitaminer eller andra tillväxtbefrämjande ämnen av speciell natur, som ännu icke närmare utforskats eller i varje fall icke undersökts med hänsyn till inverkan på svamparna. Å andra sidan innehålla åtminstone vissa trädslag, i synnerhet sådana med tydligt utbildad kärnved, substanser med fungicida egenskaper, vilka kunna utgöra ett direkt hinder för sådana svampar, som äro särskilt känsliga för dessa ämnen. I kapitel 3 har en redogörelse för försök med dylika substanser i maltextraktagar lämnats. Därav framgick, att pinosylvin hörde till de effektivaste bland dylika ämnen. Endast den icke närmare definierade fenoliska substansen i kärnveden av *Thuja plicata* var giftigare än pinosylvin emot *Fomes annosus*.

Om vi närmare jämföra uppträdandet av rotrötan på gran och tall, kunna

en del olikheter urskiljas, som med stor sannolikhet måste sättas i samband med förekomsten av pinosylvin och pinosylvinmonometyleter i tallkärnveden. *Fomes annosus* härjar mycket svårt på granen, där särskilt äldre mogna individer bliva angripna. Tallen däremot angripes i avsevärt mindre utsträckning. Antingen är det yngre individ utan kärnved eller äldre försvagade träd, som angripas. I Skåne anställer svampen flerstädes svåra skador på planterad tall, likaså i Danmark. Svampangreppet är dock vanligen lokaliserat till de yttre partierna, vid stambasen och på rötterna, och på så sätt kan svampen uppträda som en dödsbringande parasit. Centrala rötter ha emellertid beskrivits både från Danmark (FERDINANDSEN och JÖRGENSEN 1938) och Tyskland (HARTIG 1878). Rötan går dock sällan mer än 0,5—1 m upp i stammen, medan den hos granen kan tränga upp 5 à 6 m. Tallkärnveden är sålunda avsevärt mera svårforcerad än granveden. Att detta åtminstone delvis sammanhänger med förekomsten av de fenoliska beståndsdelarna i tallkärnveden torde få anses sannolikt. Visserligen ha försök icke kunnat göras med klotsar, impregnerade med det mycket verksamma pinosylvinet, men redan den mindre toxiska monometyletern kunde i en viss grad försvåra svampens angrepp.

Fenoler tillhörande pinosylvingruppen ha icke påvisats inom *Picea*-släktet. De synas enligt ERDTMAN (1943) utmärka *Pinus*-arterna. Granen producerar däremot ett par andra fenoliska substanser (ERDTMAN 1939 c). Den ena är den av B. HOLMBERG studerade sulfitoluts-laktonen, *conidendrinet*. Det utgör ungefär 1⁰/₁₀₀ av granvedens torrsbstans. Den andra substansen är *pino-resinolen*, som i växlande mängder ingår i övervallningsharts. Dessa ämnen ha ännu icke närmare undersökts beträffande verkan emot rötsvampar, men någon hämmande effekt på de ungefär lika resistenta blåytesvamparna ha de icke.¹ Det förefaller sålunda som om granen i motsats till tallen i sin ved saknade ämnen med toxisk verkan emot rötsvampar. Även om andra olikheter finnas, är detta förhållande säkerligen en faktor av största betydelse vid bedömandet av rotrötans svårare uppträdande på gran än på tall.

Den mycket agressiva syllsvampen är känd som en svår skadegörare särskilt på tallvirke. Enligt LIESE (1928) angriper den huvudsakligen kärnveden. På impregnerade syllar kan det inträffa, att kärnveden, som icke går att impregnera, är helt förstörd till följd av syllsvampens angrepp, medan splintveden är intakt. Kärnveden angripes dock långsammare än splintveden (tab. 11) och det vill synas, som om detta beror på förekomsten av kärnfenolerna (tab. 13).

Tallticken förekommer som bekant hos tallen nästan uteslutande i kärnveden. För att en infektion skall äga rum måste dylik ved blottläggas, t. ex. genom ett sår eller ett grenbrott. I och för sig kan den växa även i splintved, men att det icke inträffar i naturen, beror antingen på att splinten är levande

¹ Enligt ännu icke publicerade undersökningar.

Tabell 15. Viktförlusten hos impregnerade klotsar i procent av angreppet hos motsvarande extraherade och icke impregnerade klotsar.

Der Gewichtsverlust bei imprägnierten Klötzchen in Prozenten des Angriffs bei den entsprechenden extrahierten und nicht imprägnierten Klötzchen.

Klots Klötzchen	Pinosylvinmonometyleter pr klots pro Klötzchen %	Svamp Pilz	Rel. vikt-förlusten hos impregn. klotsar ¹ Der rel. Gewichtsverlust bei imprägn. Klötzchen
Kärnved	—	<i>Fomes annosus</i>	² 79,6
»	—	<i>Lentinus squamosus</i>	² 80,0
Splintved	0,7—0,8	<i>Fomes annosus</i>	70,0
»	1,1—1,2		46,0
»	1,6—1,8		66,3
Kärnved	0,7—0,8		82,6
»	1,6—1,8		62,0
Splintved	0,7—0,8	<i>Lentinus squamosus</i>	74,5
»	1,1—1,2		71,5
»	1,6—1,8		68,4
Kärnved	0,7—0,8		35,0
»	1,6—1,8		64,7
Splintved	1,1—1,2	<i>Trametes pini</i>	81,5
»	1,6—1,8		91,7
Kärnved	1,6—1,8		103

¹ Angreppet på motsvarande kontrollklotsar = 100.

² » » naturlig splint = 100.

— tallticken får nämligen i huvudsak betraktas som en saprofytt — eller också på att splinten, om den är död, angripes av andra hastigare växande svampar. LIESE (1936) har närmare berört dessa förhållanden och anger som konkurrerande svampar *Corticium*- och *Stereum*-arter. I kärnveden synes svampen växa tämligen obehindrat, även om särskilt hartsrika partier, såsom sår och övervallningspartier, bjuda ett större motstånd. I regel synes också höstveden, antagligen på grund av sin större hartshalt, erbjuda ett större motstånd än vårveden (JÖRSTAD och JUUL, 1939, p. 380), vilket ger upphov till den under namnet ringröta kända sjukdomsbilden.

Som tidigare omtalats, uppgår halten av de fenoliska beståndsdelarna i talkärnveden till ca 0,8 %. Om de förekomme i löst tillstånd, skulle de i denna koncentration säkert hindra all tillväxt av svamp i kärnveden. Genom att lösligheten är avsevärt mindre, endast omkring 0,02 %, föreligger större delen av dessa ämnen i kristallin eller annan fast form i veden. Detta försvårar å ena sidan en utlakning av dem, å andra sidan bli de därigenom mindre verksamma emot de framträngande svamphyferna.

Av tabell 15, som sammanställts av värdena i tabellerna 11—14, framgår, att angreppet på kärnved både i fråga om *Fomes annosus* och *Lentinus squa-*

mosus var mindre än angreppet på splintved. Med pinosylvinmonometyleter impregnerade klotsar angrepos nästan genomgående ännu mindre i förhållande till de oimpregnerade kontrollklotsarna. Detta tyder på att de impregnerade klotsarna voro motståndskraftigare än den naturliga kärnveden. I den senare ligga pinosylvinsubstanserna skyddade av en membran, som synes bestå av polymeriserat pinoresinol (ERDTMAN 1943). I de under laboratorie-förhållanden impregnerade klotsarna kan den fint differentierade naturliga inlagringen ej efterliknas. Svamparna komma mer omedelbart i beröring med pinosylvinmonometyletern. Detta kan förklara, att de impregnerade klotsarna, trots att de endast innehöllo pinosylvinmonometyleter, angripits i mindre omfattning än de naturliga kärnvedsklotsarna. Halten av monometyleter var även i två av försöksserierna högre än summan av kärnfenolerna i naturlig kärnved, vilket möjligen kunnat bidra till att angreppet i regel gått långsammare på de impregnerade klotsarna.

Beträffande *Trametes pini* var skillnaden i angrepp mellan impregnerade och oimpregnerade klotsar betydligt mindre än för *Fomes annosus* och *Lentinus squamosus*. I en serie voro impregnerade klotsar t. o. m. något mer angripna än extraherade klotsar. Detta förhållande är i full överensstämmelse med talltickans naturliga förekomstsätt. I veden förefalla pinosylvinsubstanserna icke nämnvärt försvåra svampens framträngande.

Många frågor, värda ett närmare studium, finnas i samband med pinosylvinsubstanserna. Halten av dem kan måhända variera från träd till träd beroende på ärftliga eller ekologiska förhållanden, trädets ålder m. m. I fråga om pinoresinolen har ERDTMAN (1939 c) visat, att grankåda kan innehålla växlande mängd. Det är ej heller känt, om pinosylvinsubstanserna äro likformigt fördelade eller ej i kärnveden hos ett och samma träd. Kärnveden av »redwood», *Sequoia sempervirens*, som är mycket resistent mot röta, innehåller en fenolisk förening, som hämmar *Fomes annosus* i 0,05—0,1 %. SHERARD och KURTH (1933) ha utfört en undersökning över fördelningen av denna substans i kärnveden. De funno, att mängden extrakt varierade med trädets ålder, vedens läge i stammen m. m. Mest extrakt erhöles från kärnveden strax innanför splintveden och mera ur ved från trädets bas än från dess topp. Härmed korresponderande resultat erhöles vid rötförsök med klotsar från olika delar av trädet. Till liknande resultat kom CARTWRIGHT (1941) i fråga om den giftiga vattenlösliga substansen i *Thuja plicata*. Ju mera extrakt veden innehöll, desto mindre angreps den av rötsvampar.

Anförd litteratur.

- ANDERSON, B. A., 1931. Soluble Extractives of Western yellow Pine to *Lenzites saepiarina* — Phytopath., 21, 927.
- ANDERSON, B. A. och SHERRARD, E. C., 1933. Dehydroperillic Acid, an Acid from western red Cedar (*Thuja plicata* Don.). — Amer. Chem. Soc., 55, 3813.
- ANDERSSON, O., 1940. Bidrag till Skånes Flora 7. Notiser om intressanta storsvampar. — Bot. Notiser, 406.
- BAVENDAMM, W., 1928. Neue Untersuchungen über die Lebensbedingungen holzerstörender Pilze. Ein Beitrag zur Frage der Krankheitsempfänglichkeit unserer Holzpflanzen. II. Mitt. Gerbstoffversuche. — Centralbl. f. Bakt. II, Abt., 76, 172.
- 1936. Erkennen, Nachweis und Kultur der Holzverfärbenden und Holzersetzenen Pilze. — i Aberhalden: Handbuch der biologischen Arbeitsmethoden, Abt. XII, Teil 2, Heft 7.
- BOKORNY, TH., 1916. Organische Kohlenstoffernährung der Pflanzen. Parallele zwischen Pilzen und grünen Pflanzen. — Centralbl. f. Bakt. II, Abt., 47, 191.
- BORZINI, G. i GOIDÀNICH, G., BORZINI, G., MEZETTI, A. och VIVANI, W., 1938. Ricerche sulle alterazioni e sulla conservazione della pasta di legno destinata alla fabbricazione della carta. — Rom.
- CARTWRIGHT, K. ST. G., 1941. The variability in resistance to decay of the heartwood of home grown Western Red Cedar (*Thuja plicata* D. Don.) and its relation to position in the log. — Forestry, 15, 65. (ref. i Review App. Myc., 21, 311, 1942).
- ERDTMAN, H., 1939 a. Die phenolischen Inhaltsstoffe des Kiefernkernelholzes, ihre physiologische Bedeutung und hemmende Einwirkung auf die normale Aufschliessbarkeit des Kiefernkernelholzes nach dem Sulfitverfahren. — Liebig's Ann. der Chemie, 539, 116.
- 1939 b. Tallkärnvedens extraktivämnen och deras inverkan på uppslutningen enligt sulfitletmetoden. — Svensk Papperstidn., 42, 344.
- 1939 c. Översikt över naturprodukter av diaryl-butan-typ. — Svensk Papperstidn., 42.
- 1943. Die phenolischen Inhaltsstoffe des Kiefernkernelholzes IV. Membranbildende Substanzen im Kiefernkernelholz. — Svensk Papperstidn., 46.
- FALCK, R., 1909. Die *Lenzites*-Fäule des Coniferenholzes. — Hausschwammforschungen, 3. Heft, Jena.
- 1912. Die *Merulius*-Fäule des Bauholzes. — Hausschwammforschungen, 6. Heft, Jena.
- FERDINANDSEN, C. och JÖRGENSEN, C. A., 1938. Skovtraeernas sygdomme. — Köpenhamn.
- HARTIG, R., 1878. Die Zersetzungserscheinungen des Holzes der Nadelholzbäume und der Eiche. — Berlin.
- HAWLEY, L. F., FLECK, L. C. och RICHARDS, C. A., 1924. The Relation between Durability and Chemical Composition in Wood. — Ind. Eng. Chem., 16, 699.
- HOUBEN, J. och WOLLENWEBER, H. W., 1929. Hexylresorcin und Phenyläthylresorcin gegen pflanzenpathogene Pilze. — Biochem. Ztschr., 204, 448.
- HUBERT, E. E., 1931. An outline of forest pathology. — New York.
- HÄGGLUND, E., HOLMBERG, J. och JOHNSON, T., 1936. Über den Aufschluss des Kiefernholzes nach dem Sulfitverfahren. — Svensk Papperstidn., 39, 37 (Sonderheft).
- JÖRGENSEN, A., 1940. Die Mikroorganismen der Gärungsindustrie. — Jena.
- JÖRSTAD, I. och JUUL, J. G., 1939. Råtesopper på levende nåletraer. — Medd. fra det norske skogforsöksvesen, 6, 299.
- KITAJIMA, K., 1931. Studies on the »Mizogusare-byo» of Living »Hiba» (*Thujaopsis dolabrata* S. et Z.) Caused by *Fomes robustus* Karst. — Bull. Imp. Forestry Exp. Stat. nr 31, 61, Tokyo, (Resumé).
- 1933. On the Durability of Wood of Hiba (*Thujaopsis dolabrata*) Product of Aomori Districts. — Extracts from the Bull. Imp. Forestry Exp. Stat., Nr 2, 13.
- KOCH, J. E. och KRIEG, W., 1938. Neues Verfahren zur Unterscheidung von Kern und Splint im Kiefernholz. — Chem.-Zeitung, 62, 140.
- LIESE, J., 1928. Verhalten holzerstörender Pilze gegenüber verschiedenen Holzarten und Giftstoffen. — Ang. Bot., 10, 156.
- 1936. Beiträge zum Kiefernbaumschwammproblem. — Forstarchiv, 12, 37.

- LIESE, NOWAK, PETERS och RABANUS, 1935. Toximetrische Bestimmung von Holz-konservierungsmitteln. — Beihefte zu den Zeitschr. des Vereins deutscher Chemiker Berlin.
- MAYR, H., 1894. Das Harz der Nadelhölzer, seine Entstehung, Vertheilung, Bedeutung und Gewinnung. — Berlin.
- PERCIVAL, W. C., 1933. A contribution to the biology of *Fomes pini* (Thore) Lloyd (*Trametes pini* Thore Fries). — Bull. New York State Coll. Forestry, Techn. Publ., Nr. 40
- RABANUS, A., 1931. Die toximetrische Prüfung von Holzkonservierungsmitteln. — Ang. Bot., 13, 352.
- RENNERFELT, E., 1941. Chemical treatment of wet mechanical pulp in order to control damages caused by fungi. — Svenska Skogsvårdsföreningens Tidskr., 39, 19.
- 1943. Die Toxizität der phenolischen Inhaltsstoffe des Kiefern-kernholzes gegenüber einigen Fäulnis-pilzen. — Svensk Bot. Tidskr., 37, 83.
- RICHARDS, C. A., 1924. The comparative resistance of 17 species of wood-destroying fungi to sodium fluoride. — Proc. Amer. Wood Pres. Assoc., 37.
- 1925. The comparative resistance of eighteen species of wood-destroying fungi to zinc chloride. — Proc. Amer. Wood Pres. Assoc.
- ROBAK, H., 1942. Cultural studies in some Norwegian Wood-destroying fungi. — Medd. Nr. 25 fra Vestlandets Forst. Forsöksstat., Bergen.
- SHERRARD, E. C. och KURTH, E. F., 1933. Distribution of Extractive in Redwood. — Ind. Eng. Chem., 25, 300.
- SOWDER, A. M., 1929. Toxicity of Water-Soluble Extractives and Relative Durability of Water-Treated Wood Flour of Western Red Cedar. — Ind. Eng. Chem., 21, 981.
- SUTER, C. M. och WESTON, A. W., 1939. The Synthesis and Bactericidal Properties of some 5-n-alkylresorcinols. — J. Amer. Chem. Soc., 61, 232.
- SYLVÉN, N., 1916. De svenska skogsträden. I. Barrträden. — Stockholm.
- WAGENER, W. W., 1929. *Lentinus lepideus* Fr.: a cause of heartrot of living pines. Phyto-path., 19, 705.
- ZELLER, S. M., 1916. *Lenzites saepiararia* Fr. with special reference to enzyme activity. — Ann. Mo. Bot. Gard., 3, 439.
- 1917. Physical properties of wood in relation to decay induced by *Lenzites saepiararia* Fr. — Ann. Mo. Bot. Gard., 4, 93.

Zusammenfassung.

Untersuchungen über die Toxizität der phenolischen Inhaltsstoffe des Kiefern-kernholzes gegenüber Fäulnis-pilzen.

Das Kernholz der Kiefer (*Pinus silvestris* L.) ist durchschnittlich resistenter gegen Fäulnis-pilze als das Splintholz. Die grössere Widerstandsfähigkeit schreibt man dem grösseren Gehalt an Harzbestandteilen zu. In dem Kern gibt es etwa 8 % Harz, während in dem Splintholz durchschnittlich nicht mehr als 2 % des Trockengewichts zu finden ist (SYLVÉN 1916). Der Unterschied ist aber nicht nur quantitativ, sondern auch qualitativ. Aus einem Acetonextrakt des Kernholzes isolierte ERDTMAN (1939 a) zwei kristalline Verbindungen phenolischer Natur *Pinosylwin* oder *trans-3,5-Dioxystilben* und *Pinosylwin-monomethyläther* oder *trans-3-Oxy-5-methoxystilben*. Der Gehalt dieser beiden Phenole im Kiefern-kern beträgt etwa 0,8 % des Trockengewichts. Zwecks Untersuchung ihrer Toxizität gegenüber Fäulnis-pilzen übergab ERDTMAN mir seine Originalpräparate davon.

1. Versuchsmaterial.

Betreffs der in den Versuchen benutzten Pilze siehe p. 333.

2. Versuche im Malzextraktagar.

a. Methodik.

Die meisten Versuche wurden im Agar ausgeführt. Zufolge der geringen Wasserlöslichkeit der Pinosylvinsubstanzen konnten höhere Konzentrationen als 0,02 % nicht verwendet werden. Die Substanzen, in Alkohol gelöst, wurden dem Agar nach dem Autoklavieren hinzugefügt (Tabelle 1). Die meisten Versuche wurden in Proberöhrchen, 18 × 150 mm, ausgeführt. Auf der schrägen Agarfläche konnten die Pilze etwa 50 bis 60 mm wachsen. Als Mass der Giftigkeit der Substanzen wurde ihre hemmende Einwirkung auf das Myzelwachstum genommen.

b. Versuche mit Pinosylvin.

Aus den Tabellen 2—4 geht hervor, dass Pinosylvin gegen verschiedene Pilze eine verschiedene Giftigkeit besitzt. *Coniophora cerebella* ist empfindlicher als *Lentinus squamosus*, der nicht so viel verträgt wie *Fomes annosus*. Tabelle 5 zeigt, dass 0,02 % Pinosylvin das Wachstum beinahe aller untersuchten Pilze verhindert, einige wurden schon von 0,01 % gehemmt. Nur *Fomes annosus* und *Schizophyllum commune* wuchsen auf dem Impfstück in 0,02 %-iger Lösung.

c. Versuche mit Pinosylvin-monomethyläther.

Diese Substanz wurde in derselben Weise geprüft wie das Pinosylvin. Tabelle 6 zeigt, dass *Fomes annosus* nicht von 0,02 %-iger, *Stereum purpureum* (Tabelle 7) dagegen schon von 0,01 %-iger Konzentration gehemmt wird. Aus Tabelle 8 geht hervor, dass die meisten Pilze mehr als 0,02 % Pinosylvin-monomethyläther vertragen. Besonders empfindlich ist jedoch *Coniophora cerebella*, welcher Pilz von 0,005 %-iger Lösung vollständig gehemmt wird. Empfindlich sind auch *Polyporus betulinus* und *Stereum purpureum*.

d. Versuche mit Pinosylvin-dimethyläther.

In einigen *Pinus*-Arten (*P. nigra*, *P. palustris*) kommt auch der Dimethyläther des Pinosylvins vor (ERDTMAN 1943). Wie aus Tabelle 9 hervorgeht, ist diese Verbindung sehr wenig wirksam.

e. Versuche mit Phenol.

Die Giftigkeit der Pinosylvinverbindungen wurde mit der des Phenols verglichen. Die Pilze wurden von 0,1—0,2 % Phenol gehemmt. Pinosylvin ist somit viel giftiger, die Phenolzahl beträgt im allgemeinen 5 bis 10, für einige der Pilze 20 (Tabelle 10). Auch Pinosylvin-monomethyläther war in einigen Fällen giftiger, für *Coniophora cerebella* wurde sogar die Phenolzahl zu 50 ermittelt. Für einige der Pilze war die Phenolzahl < 1. Solche Werte waren jedoch zufolge Kristallbildung u. dgl. sehr unsicher.

f. Diskussion.

Die durchschnittliche hemmende Konzentration der untersuchten Stoffe geht aus folgender Aufstellung hervor.

	Hemmende Konzentration	
Pinosylvin	0,01 —	0,02 %
» -monomethyläther	0,005—0,02 —	> 0,02 %
» -dimethyläther		> 0,02 %
Phenol	0,1 —	0,2 %

Die grösste Widerstandsfähigkeit zeigt *Fomes annosus*, unweit danach kommt *Schizophyllum commune*. *Lentinus squamosus* verträgt ziemlich hohe Konzentrationen von Pinosylvin und seinem Monomethyläther, so auch die *Polystictus*-Arten. Empfindlich sind *Polyporus betulinus*, *Stereum purpureum* und *Trametes pini*, der unter natürlichen Verhältnissen im Kiefernkerneholz wächst. Für einige der untersuchten Pilze kann also die Fähigkeit oder Unfähigkeit, das Kiefernkerneholz anzugreifen, möglicherweise auf dem Vorhandensein dieser Kernphenole beruhen. Für das Auftreten der Pilze unter natürlichen Verhältnissen spielen aber auch viele andere Faktoren eine ebenso wichtige Rolle wie das Vorkommen von fungiziden Stoffen. Untersuchungen über solche Stoffe sind von mehreren Forschern ausgeführt worden (vgl. RENNERFELT 1943).

Die Giftigkeit der Pinosylvinsubstanzen muss auf dem Vorhandensein der Seitenkette beruhen. In chemischer Hinsicht besteht z. B. grosse Ähnlichkeit zwischen Pinosylvin und 4-Phenyläthylresorcin, das gegen Pilze die Phenolzahl 41—43 hat (HOUBEN und WOLLENWEBER 1929). Der Unterschied zwischen den verschiedenen Pinosylvinverbindungen hängt offenbar mit dem Vorkommen der Hydroxylgruppen zusammen. Pinosylvin, das am giftigsten ist, hat zwei OH-Gruppen, der Monomethyläther hat eine, und der Dimethyläther entbehrt eine OH-Gruppe.

3. Versuche mit imprägnierten Holzklötzchen.

In geringerem Umfang wurden auch Versuche mit Pinosylvin-monomethyläther-imprägnierten Klötzchen aus Kiefernholz angestellt. Der Pinosylvin-monomethyläther wurde in Alkohol gelöst. Die vorher in Aceton extrahierten Klötzchen wurden 15 Stunden mit der alkoholischen Lösung getränkt, und durch Wägung wurde die aufgenommene Menge Pinosylvin-monomethyläther ermittelt. Nach Verdampfung des Alkohols wurden die Klötzchen zusammen mit extrahierten, aber unimprägnierten Kontrollklötzchen in Kolleschalen eingebaut und dem Pilzangriff drei Monate lang ausgesetzt. Die Versuche wurden mit *Fomes annosus*, *Lentinus squamosus* und *Trametes pini* ausgeführt.

Zuerst wurde ein Versuch mit natürlichem Kern- und Splintholz durchgeführt. Sowohl *Fomes annosus* als *Lentinus squamosus* griffen das Kernholz weniger als das Splintholz an (Tabelle 11).

Mit Pinosylvin-monomethyläther imprägnierte Klötzchen wurden sowohl von *Fomes annosus* (Tabelle 12) als von *Lentinus squamosus* (Tabelle 13) weniger angegriffen als die Kontrollklötzchen. Bei *Trametes pini* dagegen (Tabelle 14) konnte kein deutlicher Unterschied konstatiert werden.

Sowohl aus den Versuchen im Malzextraktagar als aus den Versuchen nach dem Klötzchenverfahren geht hervor, dass diese Phenolsubstanzen fungizide Eigenschaften besitzen. Das Vorkommen dieser Stoffe im Kiefernkerneholz muss wenigstens eine beitragende Ursache dazu sein, dass das Kiefernkerneholz gegen Angriff von Fäulnispilzen resistenter ist als Kiefern-splintholz und auch als Fichtenholz. Es kommen jedoch auch Fälle eines dem widersprechenden Verhaltens vor. *Trametes pini* z. B. ist im Agarnährboden gegen diese Verbindungen empfindlich, kann aber im Kernholz ziemlich unbehindert wachsen.