

Metodtest av hybridaspkloners resistens mot Hypoxylonkräfta

*Lars-Göran Stener, SkogForsk & Jan Stenlid,
Inst. för skoglig mykologi och patologi, SLU.*



Omslag: ”Hypoxylonskada på 10-årig hybridasp”. Foto: Lars-Göran Stener.
Ämnesord: Hybridasp, hypoxylon, resistens, Sverige.

SkogForsk – Stiftelsen Skogsbrukets Forskningsinstitut

SkogForsk arbetar för ett långsiktigt, lönsamt skogsbruk på ekologisk grund. Bakom SkogForsk står skogsbolag, skogsägareföreningar, stift, gods, allmänningar, plant-skolor, SkogsMaskinFöretagarna m.fl., som betalar årliga intressentbidrag. Hela skogsbruket bidrar dessutom till finansieringen genom en avgift på virke som avverkas i Sverige. Verksamheten finansieras vidare av staten enligt särskilt avtal och av fonder som ger projektbundet stöd.

SkogForsk arbetar med forskning och utveckling med fokus på tre centrala frågeställningar: Skogsodlingsmaterial, Skogsskötsel samt Råvaruutnyttjande och produktionseffektivitet. På de områden där SkogForsk har särskild kompetens utförs även i stor omfattning uppdrag åt skogsföretag, maskintillverkare och myndigheter.

Serien **Arbetsrapport** dokumenterar långliggande försök samt inventeringar, studier m.m. och distribueras enbart efter särskild beställning.

Forsknings- och försöksresultat från SkogForsk publiceras i följande serier:

SkogForsk-Nytt: Nyheter, sammanfattningar, översikter.

Resultat: Slutsatser och rekommendationer i lättillgänglig form.

Redogörelse: Utförlig redovisning av genomfört forskningsarbete.

Report: Vetenskapligt inriktad serie (på engelska).

Handledningar: Anvisningar för hur olika arbeten lämpligen utförs.

Innehåll

Sammanfattning.....	3
Bakgrund	3
Material och metoder.....	4
Resultat	6
Stam	6
Grenar.....	8
Diskussion och slutsatser	9
Material.....	9
Stam och grenar	9
Slutsats och fortsatt forskning	11
Erkännanden.....	11
Referenser.....	11
Bilaga 1a. Antal observationer och medelvärden för olika kloner och egenskaper. Nedre stambiten.....	13
Bilaga 1b. Antal observationer och medelvärden för olika kloner och egenskaper. Övre stambiten. ”Totopp” anges här som andel träd inom respektive klon med torrtopp.....	15
Bilaga 2. Antal observationer och medelvärden för olika kloner och egenskaper. Nedre gren. ”Lev-gr” anges här som andel grenar som var levande.	17

Sammanfattning

Studiens syfte var att undersöka möjligheten att identifiera hybridaspkloner (*Populus tremula* × *Populus tremuloides*) med stor mottaglighet för stamkräfta (*Hypoxylon mammatum*) genom att inokulera ett isolat av patogenen i stam och grenar på 9-åriga träd. Inokulationen genomfördes i SkogForsks klonarkiv i Ekebo på 20 kloner och 4 individer per klon under maj 1998. Träden avverkades 1,5 år senare och 1-m-stambitar togs ut vid varje inokuleringsställe. Varje stambit sågades upp i 5-cm-trissor så att svampmycelens längdtillväxt i veden kunde analyseras. Det visade sig dock att mycel endast kunde konstateras på ett fåtal individer.

Den mest relevanta variabeln för att identifiera olika kloners känslighet för *Hypoxylon* var i stället förekomst av torrtopp (död stam ovan översta inokuleringsstället). Andelen träd med torrtopp var hög och det var signifikanta skillnader mellan kloner. Inga samband mellan torrtopp och övriga bedömda egenskaper kunde påvisas.

Bakgrund

Med syfte att förbättra skogsodlingsmaterialet av hybridasp valde dåvarande Institutet för Skogsförbättring, numera SkogForsk, ut ca 300 plusträd av hybridasp (*Populus tremula* × *Populus tremuloides*) i bestånd och försök i södra Sverige. Plusträden klonförökades via rotskottssticklingar som under perioden 1986–1991 planterades ut i klontester i Götaland och Svealand. Preliminära resultat från tidiga mätningar har dock redan lett till ett urval av bra volymproducerande kloner till kommersiell massförökning i södra Sverige. Enligt Björn Elfving, SLU beräknas produktionen för hybridasp på bättre marker i södra Sverige, med icke selekterat material ligga runt 16 m³sk/ha, år under 25–30 års omloppstid (Elfving, 1986). Vi uppskattar att produktionen kan höjas till åtminstone 20 m³sk/ha, år under 20–25 års omloppstid efter selektion av de ca 10 % bästa av de totalt 300 testade klonerna. Tillväxtpotentialen är således mycket stor.

Hybrid Aspen anses inte vara lika känslig för svampar och insekter som andra poppelarter. Stamkräfta (*Hypoxylon mammatum*) är dock ett allvarligt hot (Ilstedt & Gullberg, 1993). Kraftiga angrepp av stamkräfta drabbade odlingar under 1950-talet, vilket var en av anledningarna till att intresset för hybridasp minskade drastiskt. Troligtvis hade en hel del av angreppen samband med att ståndortsförhållandena på odlingslokalen var olämpliga. Hybrid Aspen kräver näringsrika, friska marker med rörligt markvatten för att trivas.

Stamkräfta är en allvarlig patogen på asp (*P. tremula*, *P. tremuloides*) över hela norra hemisfären. Infektion sker främst via barkskador, insektssår eller via döda laterala kvistar (Anderson et al., 1979, Manion, 1975). Trädet försvarar sig med att övervalla skadan, vilket ger upphov till typiska kräftsulster. När infektionen spridit sig runt stammen dör ofta trädet. Stammen bryts ofta av i höjd med kräftan, vilket bl.a. beror på den röta som bildas av svampen. Det är främst yngre träd, 5–15 cm i diameter, som är mottagliga.

Att det finns en genetisk komponent för kräftkänslighet är känt sedan tidigare (t.ex. Copony & Barnes, 1974). Det vore därför önskvärt att utifrån enkla tester kunna särskilja kloner som är mer mottagliga för kräfta än andra innan klonerna rekommenderas till kommersiell massförökning.

Målsättningen med denna pilotstudie var att undersöka möjligheten att sortera bort hybridaspkloner med stor mottaglighet för stamkräfta (*Hypoxylon mammatum*) genom att inokulera ett isolat av patogenen i stam och grenar på 9-åriga träd.

Material och metoder

Samtliga 300 utvalda plusträd av hybridasp, klonförökades via rotskottssticklingar och ca 250 kloner planterades 1990 i ett klonarkiv vid SkogForsks forskningsstation i Ekebo (tabell 1). Klonarkivet utgör en sammanhängande areal på ca 7 500 m² med ursprungligen 10 individer per klon. Vid planteringen, sattes plantorna klonvis i två intilliggande rader med 5 plantor per rad i förbandet 1 m mellan plantor och 3 m mellan rader.

Tabell 1.
Data om klonarkivet.

Lokal	Ekebo
Län	Skåne
Lat, long, höh	55° 57', 13° 20', 90 m
Tidigare markanvändn.	Åker
Vegetationstyp	Bredbladigt gräs
Rörligt markvatten	Saknas
Fuktighet	Frisk
Planteringsdesign	2 intilliggande rader med 5 individer per rad och klon i förbandet 1 x 3 m
Planteringsår	1990

Till studien valdes, utifrån resultat från tidigare mätningar av tillväxt i klon-testerna, 8 bra, 6 intermediära och 6 dåliga kloner. På fyra individer av respektive klon inokulerades den 20e och 25e maj, 1998 *H. mammatum* i form av ett ensporisolat som isolerades av Jan Stenlid 1997 från en kräfta på asp vid Österbybruk, Uppland. Inympningen gjordes på stammen vid ca 1,3 och 4 m höjd samt på två vitala grenar i den nedre delen av trädkronan och ca 4 dm ut på grenen. Inokuleringen på stammen gick till så att man med en barkmätare tog ut en liten vedplugg, ca 4 mm i diameter och 5 mm lång, som sedan ersattes av en agarplugg (Hagernagar) innehållande isolatet (Stenlid, 1985). Såret skyddades genom en tunn plastfilm (parafilm) som fästes mot stammen med häftklamrar. Såret på grenarna gjordes av praktiska skäl med en kniv i form av ett jack in i veden. Någon hänsyn till väderstreck togs inte vid inokuleringen. Vid inokuleringsstillfället var arkivet överslutet och en gallring genomfördes i april 1999, d.v.s. 7 månader innan de inokulerade träden fälldes.

Den 22–24 november, 1999, d.v.s. drygt 1,5 år efter infektion, avverkades träden och en 1-m-stambit togs ut vid varje inokuleringsställe, varvid mittpunkten på stambiten hamnade mitt i inokuleringspunkten. Dessutom samlades de inokulerade kvistarna in. I samband med huggningen mättes och bedömdes även ett flertal egenskaper (tabell 2). För analys av hur långt svampen

spridit sig ovan respektive nedan inokuleringsstället sågades varje 1-m-stambit upp i 5 cm stora trissor med början vid inokuleringsstället. På varje trissa bedömdes okulärt om det fanns spår av svampen eller ej. Detta gjordes utifrån förekomst av reaktionszon, d.v.s. område av xylemet som var torrt. Den sammanlagda längden ovan respektive nedan inokuleringsstället där reaktionszon kunde urskiljas registrerades i variabeln Rzon. Om reaktionszonen exempelvis kunde noteras fram till tredje trissans bottendel men inte fram till dess ovan del sattes spridningslängden till 12,5 cm. Om spridningen var 12,5 cm ovan respektive 7,5 cm nedan inokuleringsstället erhöll Rzon värdet 20 cm. Varje trissa märktes sedan upp och lades i en separat plastpåse för vidare analys av kräftans spridning vid Institutionen för skoglig mykologi och patologi vid SLU, Uppsala. Även grenarna skickades till Uppsala. Efter 2 veckor i plastpåse bedömdes med hjälp av lupp svampens mycelspridning på såväl trissor som grenar inom respektive stambit. Längdspridningen utmed stambiten registrerades i variabeln Mycel på motsvarande sätt som för Rzon, d.v.s. längden erhöles som summan ovan och nedan inokuleringsstället.

Tabell 2a.

Egenskaper som mättes eller bedömdes på varje träd respektive på varje 1-m- stambit.

Egenskap	Förkortning	Förklaring
Diameter	D-brh	Diameter i brösthöjd, mm.
	D-ne	Diameter vid nedre inokuleringsstället, mm.
	D-to	Diameter vid övre inokuleringsstället, mm.
Höjd	H	Totalhöjd, dm.
	H-ne	Höjd vid nedre inokuleringsstället, dm.
	H-to	Höjd vid övre inokuleringsstället, dm.
Övervallning	Kallus	Övervallningen (kallusbildning) av den spricka som bildades vid inokuleringsstället bedömdes i skala 1–5, där 1 = fin (sluten), ... 5 = ful (öppen).
	Nekros	Runt inokuleringen bildades på stammen en mer eller mindre stor nekrotisk reaktionszon som bedömdes i skala 1–5, där 1 = fin, ... 5 = ful.
Nekrosyta	Nekrosyta	Längden och bredden på nekrosen mättes, varvid ytan beräknades, cm ² .
Förekomst av reaktionszon	Rzon	Vid uppsågningen till trissor bedömdes okulärt hur långt på stambiten som man kunde urskilja spår av svampen i form av en reaktionszon (fuktighetsförändring) i xylemet. Rzon avser summa längd ovan respektive nedan inokuleringsstället i cm.
Mycelspridning	Mycel	Efter 2 veckor i plastpåse bedömdes med hjälp av lupp hur långt mycelet hade spridit sig på respektive stambit. Mycel avser summa längd ovan respektive nedan inokuleringsstället i cm.
Torrtopp	Totopp	Inokuleringen i övre delen av stammen medförde i en del fall att stammen ovan inokuleringen torkade och dog. Detta registrerades som 0 = Nej (d.v.s. levande topp) resp. 1 = Ja (d.v.s. död topp).

Tabell 2b.
Egenskaper som bedömdes på grenarna.

Egenskap	Förkortning	Förklaring
Diameter	D-gr	Grendiameter närmast stammen, mm.
Höjd	H-gr	Höjden till grenens infästning i stammen, dm.
Levande	Lev-gr	Om grenen var levande eller inte bedömdes i klasserna 0 = död resp. 1 = levande.
Mycelspridning	Mycel-gr	Efter 2 veckor bedömdes med hjälp av lupp hur långt mycelet hade spridit sig på respektive gren. Mycel-gr avser summa längd ovan respektive nedan inokuleringsstället i cm.

Den statistiska analysen genomfördes med hjälp av statistikprogrammet Proc GLM i SAS (1997) och baserades på observationerna för respektive träd och stambit. Följande modell användes:

$$Y_{ij} = k_j + e_{ij}, \text{ där}$$

Y_{ij} = Observation i för klon j
 k_j = Fix effekt av klon j
 e_{ij} = Residualeffekt för individ ij med förväntan 0 och varians σ_e^2

Samband mellan olika egenskaper skattades i form av Pearson korrelationer (SAS, 1997) och baserades på trädvisa observationer.

Variablerna Kallus, Nekros, Mycel och Totopp var inte normalfördelade och transformerades inför variansanalysen till ”normal score”-värden enligt Gianola & Norton (1981). Samtliga redovisade medelvärden, medelfel, min.- och max.-värden avser dock ursprungliga otransformerade värden medan resultaten från varians- och korrelationsanalysen baseras på de transformerade värdena.

Resultat

Stam

I tabell 3 anges statistiska data för olika egenskaper på den nedre respektive övre stambiten och i bilaga 1 redovisas klonvisa medelvärden. Olikheter i antalet observationer i tabellerna beror på att värden saknades för vissa träd, vilket oftast (främst för övre inokuleringsstället, tabell 3b.) orsakades av att bedömningar omöjliggjordes för individer med torrtopp. Exempelvis saknas värden från den övre stambiten för samtliga individer för klon 874063 (bilaga 1b). Detta förklarar också skillnaden i frihetsgrader mellan de två tabellerna.

Det är genomgående signifikanta kloneffekter för alla egenskaper som kan kopplas till hypoxylonskada för den nedre stambiten (tabell 3a). För den övre stambiten (tabell 3b) är det färre egenskaper som visar signifikanta klon-skillnader.

Tabell 3a.

Statistiska data för det nedre inokuleringsstället på stammen och variansanalysparametrar för den oberoende variabeln "klon".

Egenskap	Ant. Obs.	Medel-värde	Medel-fel	Min.	Max.	Df	F	P
H, dm	73	127	2,0	84	160	19	14,3	0,0001
H-ne, dm	76	12	0,1	10	13	19	4,08	0,0001
D-brh, mm	77	100	2,0	60	140	19	5,02	0,0001
D-ne, mm	77	99	2,0	60	140	19	4,89	0,0001
Kallus	76	2,59	0,13	1	5	19	1,86	0,0374
Nekros	76	2,72	0,14	1	5	19	4,99	0,0001
Nekrosyta, cm ²	76	402	34,9	40	1 500	19	5,16	0,0001
Rzon, cm	77	27	2,0	10	100	19	2,20	0,0114
Mycel, cm	77	0,32	0,19	0	10	19	2,14	0,0141

Tabell 3b.

Fortsättning. Övre inokuleringsstället på stammen.

Egenskap	Ant. Obs.	Medel-värde	Medel-fel	Min.	Max.	Df	F	P
H-to, dm	69	38	0,4	22	44	18	2,83	0,0019
D-to, mm	67	89	2,0	60	129	18	4,01	0,0001
Kallus	69	2,64	0,13	1	5	18	1,38	0,1842
Nekros	69	2,96	0,12	1	5	18	1,29	0,2332
Nekrosyta, cm ²	69	505	79,5	45	5 244	18	1,92	0,0361
Rzon, cm	69	28	1,9	5	88	18	2,39	0,0078
Mycel, cm	69	0,58	0,41	0	20	18	1,03	0,4455
Totopp	77	0,30	0,05	0	1	19	14,6	0,0001

Korrelationer mellan olika egenskaper inom respektive stambit redovisas i tabell 4. Variabeln Mycel ingår inte tabellen eftersom mycel endast observerades på tre (nedre stambiten) respektive två individer (övre stambiten). Mellan kallus, nekros, nekrosyta och reaktionszon är det svaga till medelmåttiga signifikanta korrelationer (0,31 – 0,64) för både nedre och övre stambiten.

För den nedre stambiten finns ett svagt, positivt och signifikant samband mellan tillväxt (höjd och diameter) och nekrosyta ($r \approx 0,32$). För den övre stambiten finns inga signifikanta samband alls för tillväxtegenskaperna. Torrtopp visar mycket svaga samband med samtliga övriga egenskaper. De korrelationer som baseras på parvisa jämförelser mellan respektive träds nedre och övre stambit är generellt positiva men svaga (tabell 5).

Tabell 4.

Korrelationer mellan egenskaper inom respektive stambit. Värden nedanför den skuggade diagonalen avser korrelationer för den nedre stambiten och värden ovan diagonalen avser den övre stambiten. Värden som är markerade med fetstil är signifikanta ($p < 0,05$).

Egenskap	H	D-ne	D-to	Kallus	Nekros	Nekrosyta	Rzon	Totopp
H			0,80	-0,13	-0,16	-0,05	0,01	-0,08
D-ne	0,79							
D-to				-0,11	-0,03	0,07	0,16	0,11
Kallus	0,11	0,03			0,63	0,40	0,40	-0,11
Nekros	0,18	0,17		0,59		0,46	0,52	-0,08
Nekrosyta	0,32	0,34		0,31	0,64		0,32	-0,14
Rzon	0,17	0,17		0,31	0,40	0,39		0,19
Totopp	-0,08	-0,06		0,11	-0,07	-0,13	0,05	

Tabell 5.

Korrelationer och antal observationer mellan nedre och övre stambit för olika egenskaper. Värden som är markerade med fetstil är signifikanta ($p < 0,05$).

Egenskap	Korrelation	Antal
Kallus	0,31	69
Nekros	0,28	69
Nekrosyta	0,15	68
Rzon	0,23	69

Grenar

Det är endast Lev-gr för de övre inokulerade grenarna som visar signifikanta klonskillnader för de egenskaper som kan kopplas till hypoxylonskada (tabell 6). Observera att mycel-gr endast avser levande grenar, vilket förklarar skillnaderna i antal observationer. Korrelationer mellan Lev-gr och egenskaper som bedömdes på stammen var generellt svaga och icke signifikanta med undantag för korrelationen mellan Totopp och Lev-gr för den övre inokuleringen. Denna korrelation var $-0,44$ och signifikant ($P < 0,05$), vilket indikerar att träd med hög andel torrtopp hade många döda grenar.

Tabell 6a.

Statistiska data för den nedre inokulerade grenen samt variansanalyskomponenter för den oberoende variabeln "klon."

Egenskap	Ant. Obs.	Medelvärde	Medelfel	Min.	Max.	df	F	P
D-gr, mm	75	19	0,5	11	30	19	2,64	0,0027
H-gr, dm	74	29	1,2	6	51	19	3,83	0,0001
Lev-gr	75	0,41	0,06	0	1	19	0,98	0,4957
Mycel-gr	31	2,74	1,27	0	30	16	0,67	0,7791

Tabell 6b.

Fortsättning. Övre inokulerade grenen.

Egenskap	Ant. Obs.	Medelvärde	Medelfel	Min.	Max.	df	F	P
D-gr, mm	75	21	0,7	10	38	19	2,62	0,0030
H-gr, dm	75	34	1,0	7	55	19	1,40	0,1637
Lev-gr	75	0,52	0,06	0	1	19	2,91	0,0010
Mycel-gr	39	5,13	1,95	0	55	14	0,97	0,5080

Diskussion och slutsatser

Material

De statistiska förutsättningarna för signifikanstest var egentligen inte uppfyllda eftersom klonerna i arkivet inte var slumpmässigt fördelade utan grupperade klonvis. Designen av arkivet har högst sannolikt medfört att miljöns inflytande ökats, vilket resulterat i en överskattning av sannolikhetsvärdena för variabeln ”klon” i ANOVA (det har inte gått att skilja på miljö- och kloneffekt). Om det finns ett systematiskt mönster över arealen för ståndorts- eller klimategenskaper som kan inverka på de karaktärer som mättes och bedömdes föreligger dessutom en risk för att medelvärdena är systematiskt felskattade. Det skall dock påpekas att klonarkivet där studien genomfördes utgörs av en tämligen homogen f.d. jordbruksmark, vilket i viss mån minskar risken för dylika systematiska fel.

Stam och grenar

Ett problem med denna studie har varit att inokuleringen lämnat mycket få spår efter sig i veden. Vid initieringen av studien antogs variabeln Mycel, d.v.s. den via lupp bedömda mycelförekomsten på respektive trissa, vara den mest relevanta egenskapen för att påvisa olika klonernas känslighet mot *H. mammatum*. Bedömningen av mycel utfördes under laboratoriemässiga förhållanden och av personal som är van vid dylika bedömningar. Visserligen påvisades signifikanta klonskillnader för Mycel (tabell 3a) men vid närmare analys av materialet kunde mycel endast konstateras på 2 kloner (3 träd) för den nedre stambiten och på 2 kloner (2 träd) för den övre stambiten (bilaga 1). Motsvarande dåliga tillslag erhöles för grenproverna. Det finns flera möjliga orsaker till detta: 1) Fel inokulerings tidpunkt, 2) fel inokuleringsmedie, 3) ett för lite aggressivt isolat och/eller 4) för sen avläsningstidpunkt.

Tidpunkten för inokulering av *Hypoxylon* har i tidigare studier visat sig vara viktig. Enligt slutsatser av French & Hart (1978) och Enebak et al., (1999) var sommarmånaderna respektive maj–juni lämpligast för *screening*-tester. Inokuleringen i denna studie gjordes i slutet på maj, vilket antyder att olämplig inokulerings tidpunkt kan uteslutas som orsak till de fåtaliga observationerna av mycel.

Agarmedie innehållande maltextrakt användes som inokuleringsmedie i denna studie. Örtmedia ansågs vara bäst för toxinproduktion av *Hypoxylon* enligt Pinon & Manion (1991) som också menade att toxinutsöndringen förstärks genom tillsats av pappersmassa (poppel). Det är möjligt att resultatet varit ett annat om samma typ av medie använts här. Möjligen var det isolat som användes inte tillräckligt aggressivt. Isolat från olika *H. mammatum*-genotyper producerar olika sorters toxin och samspel mellan isolat och klon, d.v.s. att olika kloner reagerar annorlunda på olika sorters toxin har konstaterats av t.ex. Pinon (1984) och Griffin & Manion (1985). Det finns också exempel på isolat med hög toxinproduktion men som i inokulationsstudier i fält inte utvecklats

någon stamkräfta (Griffin & Manion, 1985). Det som talar emot att isolatet inte varit aggressivt nog är den höga andelen träd med torrtopp. Rimligen borde kloner med hög andel torrtopp indikera en mycket hög känslighet för *Hypoxylon*. I denna studie var inte mindre än 30 % av träden (23 av totalt 77 träd) döda ovan översta inokuleringsstället (bilaga 1b). Även om vi 1,5 år efter inokulationen endast kunde konstatera att ett fåtal individer innehöll svampmycel i veden kunde således desto större effekter av svampen i form av döda toppar konstateras. Av de kloner som ingår i studien har man utifrån observationer i de då 9–14 år gamla klontesterna endast observerat naturlig *Hypoxylon* på klon 844008. Enligt bilaga 1 och 2 har denna klon generellt låga värden för flertalet bedömda egenskaper utom just för torrtopp!

I en studie av Swedjemark et al. (2001) inokulerades *Heterobasidion annosum* på fyra år gamla *Picea abies*-kloner. Svampens spridning i veden analyserades efter tre olika inkubationstider (34, 83 respektive 182 dagar) och det visade sig att andelen levande plantor innehållande *H. annosum* minskade över tiden. Motsvarande resultat erhöles av Dimitri & Schumann (1989) som visade att *H. annosum* fullständigt hade försvunnit från veden på *P. abies* efter ett års inkubationstid. Swedjemark et al. (2001) nämner bl.a. som en möjlig förklaring att kemiska ämnen produceras som en reaktion på skadan i veden och att ackumuleringen över tiden av dessa ämnen skapar en ogynnsam miljö för svampen. Detta skulle även kunna vara en möjlig förklaring till de fåtaliga observationerna av mycel i veden i denna studie.

Sambandet mellan toxin och alstring av skada är enligt litteraturen förbryllande p.g.a. genotypiska samspel mellan träd, patogen och miljö. Exempelvis hittades inget samband mellan toxinkänslighet och storleken på utvecklad kräfta vid en artificiell inokulation på 24 *P. tremuloides*-kloner (French, 1976). Bruck & Manion (1980) rapporterade en stark, positiv korrelation mellan diametern på vävnadsskada och frekvens naturlig kräftinfektion. Vidare konstaterades en signifikant korrelation mellan vattenstress respektive olika jordtyper och skadans storlek. I en studie av Belanger et al. (1989) rapporterades en korrelation på 0,02 mellan *Hypoxylon*-kräfta i fält och toxinrespons på 10 vegetativt förökade *P. tremuloides*-kloner. Dessa hade valts så att de representerade en stor spännvidd i naturlig kräftförekomst utifrån en population med totalt 29 kloner. Analyser visade att kräftförekomsten i fält påverkats av miljö och tillväxtfaktorer. Enebak et al. (1999) fann inte heller någon korrelation mellan förekomst av naturlig *Hypoxylon* i ett fältförsök och inokuleringar på motsvarande klonförökade individer.

Slutsats och fortsatt forskning

Den mest troliga orsaken till att *Hypoxylon*-mycel inte kunde observeras i stam- och grenbitarna i denna studie är att vedanalysen gjordes för sent. Det verkar som om i stort sett alla träden hade hunnit immobilisera och tillintetgöra svampen i veden under de 1,5 åren som förflöt mellan inokulering och vedanalys.

Den mest relevanta variabeln för att identifiera olika kloners känslighet för *Hypoxylon* var förekomst av torrtopp. Andelen träd med torrtopp var hög och det var signifikanta skillnader mellan kloner. Inga samband mellan torrtopp och övriga bedömda egenskaper kunde påvisas.

Av litteraturkällorna att döma verkar *screening* av *Hypoxylon*-känslighet vara problemfyllt eftersom det är många olika faktorer som kan inverka på resultatet inte minst genotypiska samspel mellan träd, patogen och miljö.

Ytterligare studier för metodutveckling av *screening* av *Hypoxylon*-känslighet är inte planerade inom SkogForsks ”hybridaspförädlingsprojekt”. Vi kommer att avvakta nya rön från andra forskare innan eventuella nya ansträngningar görs i denna fråga. I stället kommer resurser att avsättas för observation av naturliga *Hypoxylon*-infektioner i de klontester som etablerades under perioden 1986–1991 för att därigenom undvika massförökning av känsliga kloner.

Erkännanden

Ett varmt tack till Föreningen Skogsträdsförädling, vars bidrag möjliggjort denna studie. Vi vill också framföra ett speciellt tack till Bo Karlsson, SkogForsk för värdefulla kommentarer av manuskriptet.

Referenser

- Anderson, N.A., Ostroy, M.E. & Anderson, G.W. 1979. Insect wounds as infection sites for *Hypoxylon mammatum* on trembling aspen. *Phytopathology* 69, 476–479.
- Belanger, R.R., Falk, S.P., Manion, P.D. & Griffin, D.H. 1989. Tissue culture and leafspot bioassays as variables in regression models explaining *Hypoxylon mammatum* incidence on *Populus tremuloides* clones in the field. *Phytopathology* 79, 318–321.
- Bruck, R.I. & Manion, P.D. 1980. Interacting environmental factors associated with incidence of *Hypoxylon* canker on trembling aspen. *Can. J. For. Res.* 10: 17–24.
- Copony, J.A. & Barnes, B.V. 1974. Clonal variation in the incidence of *Hypoxylon* canker on trembling aspen. *Can. J. Bot.* 52: 1 475–1 481.
- Dimiri, L. & Schumann, G. 1989. Further experiments on the host/parasite relationship between Norway spruce and *Heterobasidion annosum*. In: Proc. 7th Int. Conf. Root and Butt Rots, Vernon and Victoria, British Columbia, Canada, August 9–16, 1988, 171–179.

- Elfving, B. 1986. Odlingvärdet av björk, asp och al på nedlagd jordbruksmark i Sydsverige. Lövets möjligheter. Redovisningar från Skogsvårdsförbundets fält/forskarexkursion maj 1986. SST 5–86.
- Enebak, S.A., Ostry, M.E. & Anderson, N.A. 1999. Inoculation methods for selecting *Populus tremuloides* resistant to *Hypoxylon* canker. Can. J. Res. 29: 1 192–1 196.
- French, J.R. 1976. Screening aspen for resistance to *Hypoxylon canker*. PhD thesis. Michigan State University., Esat lansing, Michigan, 66 pp.
- French, J.R. & Hart, J.H. 1978. Variation in resistance of trembling aspen to *Hypoxylon mammatum* identified by inoculating naturally occurring clones. Phytopathology 68: 485–489.
- Gianola, D. & Norton, H.W. 1981. Scaling threshold characters. Genetics 99: 357–364.
- Griffin, D.H. & Manion, P.D. 1985. Host-pathogen interactions as measured by bioassay of metabolites produced by *Hypoxylon mammatum* with its host *Populus tremuloides*. Phytopathology 75, 674–678.
- Ilstedt, B. & Gullberg, U. 1993. Genetic variation in a 26-year-old hybrid aspen trial in southern Sweden. Scand. Journal of Forest Research. Vol 8, No 2: 185–192.
- Manion, P.D. 1975. Two infection sites of *Hypoxylon mammatum* in trembling aspen (*Populus tremuloides*). Can. J. Bot. 53: 2 621–2 624.
- Pinon, J. & Manion, P.D. 1991. *Hypoxylon mammatum* and its toxins – recent advances in understanding their relationships with canker disease of poplar. Eur. J. For. Path. 21: 202–209.
- Pinon, J. 1984. Propriétés biologiques de la toxine d'*Hypoxylon mammatum*, parasite des peupliers de la section Leuce. Rev. Cyot. Biol. Veget. Bot. 7: 271–277.
- SAS, 1997. SAS/STAT software: Changes and enhancements through release 6.12, SAS Institute Inc., Cary, USA, 1 162 pp.
- Stenlid, J. 1985. Population structure of *Heterobasidion annosum* as determined by somatic incompatibility, sexual incompatibility, and isoenzyme patterns. Can. J. Bot. 63: 2 268–2 273.
- Swedjemark, G., Stenlid, J. & Karlsson, B. 2001. Variation in growth of *Heterobasidion annosum* among clones of *Picea abies* incubated for different periods of time. For. Path. 31: 163–175.

Bilaga 1a

Antal observationer och medelvärden för olika kloner och egenskaper. Nedre stambiten.

Klon	Antal	H dm	D-ne mm	Kallus (1–5)	Nekros (1–5)	Nekrosyta cm ²	Rzon cm	Mycel cm
85406	4	151	120	2,0	2,0	352	27,5	0,00
85409	4	122	88	2,3	2,0	149	25,0	0,00
85425	4	132	96	3,0	4,3	631	30,0	1,25
85427	4	128	101	2,3	2,0	269	32,5	0,00

85431	4	131	94	2,0	2,8	431	22,5	0,00
85436	3	122	93	3,7	4,0	250	21,7	0,00
85454	4	120	106	3,3	3,8	938	61,9	0,00
86041	4	110	80	1,5	1,3	213	16,3	0,00
844003	4	138	112	2,8	2,3	320	37,5	0,00
844004	4	159	122	4,3	5,0	1 006	43,1	0,00
844008	2	117	77	2,5	1,5	160	20,0	0,00
864012	4	115	104	2,3	1,5	114	17,5	0,00
864019	4	129	109	2,0	2,5	463	17,5	0,00
864044	4	121	93	2,5	3,3	650	28,1	0,00
874012	4	135	102	1,8	2,5	244	22,5	0,00
874017	4	127	87	2,5	3,0	403	16,3	0,00
874029	4	144	106	3,7	3,0	385	39,4	0,00
874038	4	143	114	1,8	1,8	295	18,8	0,00
874061	4	97	78	2,8	3,8	375	21,3	5,00
874063	4	100	76	3,8	2,3	195	23,8	0,00
Medelv.		127	99	2,6	2,7	402	27,4	0,32

Antal observationer och medelvärden för olika kloner och egenskaper. Övre stambiten. "Totopp" anges här som andel träd inom respektive klon med torrtopp.

Klon	Antal	D-to mm	Kallus (1-5)	Nekros (1-5)	Nekrosyta cm ²	Rzon cm	Mycel cm	Totopp %
85406	4	106	2,5	2,8	264	30,0	0,00	0
85409	4	77	3,0	2,8	211	12,5	0,00	0
85425	4	86	3,0	3,0	550	18,8	0,00	0
85427	4	88	2,3	2,3	250	28,8	0,00	0
85431	4	84	2,0	2,3	363	21,3	0,00	0
85436	3	85	3,3	4,0	2 115	35,0	0,00	0
85454	4	88	4,0	4,0	1 263	44,4	0,00	0
86041	4	76	2,5	3,3	406	17,5	0,00	0
844003	3	105	2,0	2,3	343	46,7	0,00	100
844004	4	116	2,8	3,3	374	28,8	0,00	50
844008	2	64	2,5	2,0	330	15,0	0,00	100
864012	4	86	2,0	2,8	271	25,0	0,00	0
864019	4	92	2,0	2,8	425	20,0	0,00	0
864044	4	82	3,0	3,3	750	41,9	5,00	0
874012	4	91	2,3	3,8	454	23,8	0,00	25
874017	4	78	2,8	2,5	383	13,8	0,00	0
874029	2	100	4,0	3,5	410	40,0	0,00	50
874038	4	100	1,8	2,3	276	29,4	0,00	100
874061	3	69	3,3	3,7	352	45,0	6,67	100
874063	4						0,00	100
Medelv.		89	2,6	3,0	505	27,7	0,58	30

Antal observationer och medelvärden för olika kloner och egenskaper. Nedre gren. "Lev-gr" anges här som andel grenar som var levande.

Klon	Antal	H-gr dm	D-gr mm	Lev-gr, %	Mycel-gr cm
85406	4	31,5	19,0	75	0,00
85409	4	31,5	21,3	33	13,75
85425	4	42,8	24,0	50	5,00
85427	4	32,5	18,3	25	13,75
85431	4	34,0	18,3	75	13,33
85436	3	29,7	21,0	67	0,00
85454	4	17,3	16,8	75	3,33
86041	4	30,3	24,0	100	0,00
844003	4	43,0	21,0	0	10,00
844004	4	41,7	16,5	0	0,00
844008	2	42,5	23,0	0	0,00
864012	4	38,0	21,3	100	0,00
864019	4	28,8	18,5	50	0,00
864044	4	31,8	21,8	100	0,00
874012	4	31,5	19,0	100	0,00
874017	4	40,3	28,5	50	
874029	4	36,3	25,5	50	
874038	4	39,0	21,5	50	
874061	4	31,5	19,3	0	
874063	4	39,0	16,3	0	
Medelv.		29,3	19,3	41	2,74