

ÅKE OLSON

Nya svamphybrider – ett hot mot skogen?

- För drygt tio år sedan fanns det få exempel på att svamparter korsade sig i naturen. Under 1990-talet ökade dock antalet rapporter om sjukdomsframkallande hybrider, såsom aldöd, almsjuka och poppelbladrost.
- En ökad transport av växter och medföljande svampar kan vara en förklaring till att hybridisering har blivit vanligare. Då miljön påverkas, t.ex. vid en avverkning, skapas även nya nischer, såsom stubbar, där hybrider kan vara först med att etablera sig.
- På stubbar kan rottickearter mötas och smälta samman. När hybrider av olika arter av rotticka framställdes i laboratoriemiljö, hittades ett samband mellan graden av virulens på tallplantor och från vilken föräldraart som mitokondrien härstammar.



Illustration:
Peter Roberntz

Fram till omkring år 1990 fanns det få kända exempel på svamparter som naturligt korsade sig med varandra. Under 1990-talet har det emellertid dykt upp flera sådana rapporter. De flesta handlar om svamphybrider som orsakar sjukdomar (det vill säga är patogena) på träd eller andra växter (tabell 1).

Hur kommer det sig att vi har fått så många rapporter under senare tid, och vilken betydelse har uppkomsten av dessa patogena svamphybrider för skog och skogsbruk? I detta nummer av Fakta skog presenteras bland annat några exempel på sjukdomsframkallande hybrider, samt hur skogsbruket kan förebygga hybridisering i framtiden.

Hybrider kan bli nya arter

De flesta organismer kan inte korsa sig med andra arter – det finns helt enkelt en genetisk barriär som förhindrar en fullgången befruktning. Inom växtriket har dock hybridisering mellan närbesläktade arter varit en viktig del för uppkomsten av nya växtarter. För djur är sådana korsningar inte alls lika vanligt förekommande, och inom svampriket är fenomenet till stor del outforskat. Man vet därför inte idag vilken betydelse hybridisering har eller har haft för artbildning hos svamp. Generellt har man ansett att svampar har starka genetiska barriärer som oftast förhindrar utomartsparningar då deras livsstil, med möjlighet till fragmentering och påföljande sammanväxt, kräver det.

Vad har då utomartskorsningar för betydelse när det gäller evolutionen av nya patogena svamparter? Som tidigare nämnts finns endast ett fåtal exempel på hybridisering före 1990, och därför har risken för nya växtsjukdomar hittills betraktats som osannolik. Om dock en hybridisering inträffar, kan följderna bli allvarliga – t.ex. aldöden i Europa.

Svamphybriders uppkomst

Svamphybrider kan uppstå naturligt genom att två olika arter parar sig och bildar en korsningsform. För att en sådan parning ska kunna ske måste arterna, förutom att ha rätt genetiska förutsättningar, även ha möjlighet att träffas i naturen. För svampar är art-

tabell 1. | Exempel på nyupptäckta patogena svamphybrider i olika delar av världen.

Svampsläkte	Sjukdom	Plats
<i>Heterobasidion</i>	Rotröta hos barrträd	Nordamerika, Europa
<i>Phytophthora</i>	Aldöd	Norra Europa
<i>Melampsora</i>	Poppelbladrost	Nya Zeeland, Nordamerika
<i>Ophiostoma</i>	Almsjuka	Europa, Asien, Nordamerika

begreppet inte lika glasklart som för många andra organismer. Om en svamphybrid är fertil och kan para sig med andra hybridindivider, eller med någon utav föräldraarterna, kan resultatet bli en ny hybridart. Men även en steril hybrid – sterila svamparter är vanliga – kan utvecklas till en ny art om det bara finns en lämplig ekologisk nisch att kolonisera. För att hybriderna ska ha en chans att överleva, måste den dock vara bättre anpassad, mer aggressiv eller utnyttja en värdväxt på ett effektivare sätt, jämfört med föräldraarterna.

Förutom att bilda nya arter kan hybrider också fungera som genetiska bryggor. Om hybriderna kan para sig med bägge föräldraarterna, kan olika egenskaper (t.ex. virulens och stress-tålighet) föras över från den ena föräldraarten till den andra.

Transporter ökar riskerna...

Hur kommer det sig då att vi har fått många fler rapporter om arthybrider de

senaste tio åren? En möjlighet är förstås att vetenskapssamhället har börjat visa ett större intresse för fenomenet.

En annan förklaring är en ökad transport av växter och medföljande svampar mellan länder och kontinenter. Den ökade kontakten har lett till fler möjligheter för hybridisering, och till att hybrider faktiskt kan ha blivit vanligare. Risken för hybridisering är större när närbesläktade arter, som tidigare varit tillräckligt geografiskt separerade, kommer i kontakt med varandra. Därför finns det all anledning att vara restriktiv med transport av växter mellan olika kontinenter.

...liksom nya nischer

Global miljöpåverkan kan också ge ökade möjligheter för hybridisering genom att nya ekologiska förutsättningar skapas. Exempelvis kan en temperaturförändring leda till att arter ändrar utbredning, och därigenom skapas en kontakt mellan arter som tidigare inte kunde träffas.

Ett annat exempel är skogsbrukets kvarlämnande av stubbar – en relativt ny nisch där olika svamparter kan få chans att mötas och para sig.

Artkomplexet rotticka

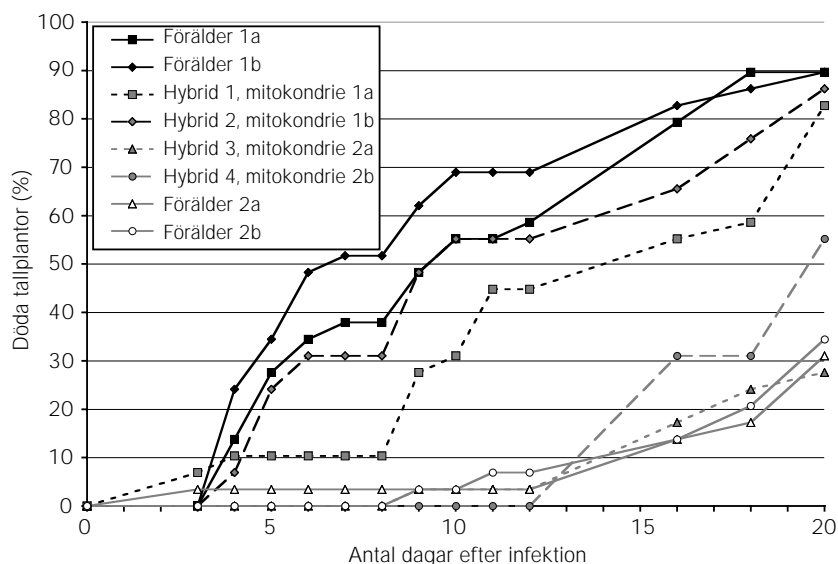
Rotticka (*Heterobasidion annosum*) orsakar rotröta på barrträd. Svampen består egentligen av tre artgrupper, som bildar ett artkomplex. Grupperna är uppkallade efter de engelska namnen på rottickans vanligaste värdträd: tallgruppen kallas P (pine), grangruppen S (spruce) och gruppen som angriper ädelgran heter F (fir). Vanligtvis parar sig grupperna inte med varandra, utan kan betraktas som biologiska arter. I Europa har därför grupperna givits nya namn, nämligen *H. annosum sensu stricto*, *H. parviporum* respektive *H. abietinum*.

Artbarriären är dock inte fullständig. Från parningsförsök i laborator-



Foto: Åke Olsson

figur 1. | Fruktkropp av artificiellt skapad SP-hybrid av rotticka. Rottickan hängs upp och ner för att sporer ska kunna samlas upp.



figur 2. | Virulens hos föräldrar och hybrider av rotticka. Virulensen uttrycks som ackumulerad dödlighet hos tallplanter under tre veckor. Hybrider med mitokondrier från P-formerna (1a, 1b) är kraftigt virulenta på tall.

ium har mellan 4 och 10 procent fertilitet rapporterats mellan grupperna. Trots det verkar dock hybridisering inte vara vanligt förekommande i naturen – endast en SP-hybrid har hittills identifierats i en tallskog i Kalifornien.

Varför naturlig hybridisering är så ovanlig vet man inte idag. Kanske kommer de olika formerna inte i kontakt så ofta på grund av att de har olika värdträd. En annan förklaring kan vara att det finns ett selektionstryck mot hybrider. Exempelvis kan bägge föräldraarternas värdträd känna igen och bekämpa hybriderna, som på så sätt får svårt att etablera sig. Det skulle kunna förklaras genom att tall känner igen S-formen och kan bekämpa den, medan gran istället känner igen P-formen.

Mitokondrie och virulens

När två svampindivider smälter samman och bildar en hybrid, kan cellens energifabrik, mitokondrien, komma från antingen den ena eller andra föräldern. Liksom cellkärnan innehåller mitokondrien DNA, och kan därför bära med sig olika ärftliga egenskaper.

Tidigare har visats att P-gruppen är kraftigt virulent på tall, medan S-formen bara är svagt virulent på tall. För att undersöka om virulensen på tall varierar mellan olika hybrider av S- och P-formerna, framställde vi olika hybrider i laboratoriemiljö (figur 1). En skillnad

mellan hybriderna är att mitokondrierna härstammar från olika föräldrar.

Vi ympade SP-hybrider på 29 tallplanter vardera. När vi därefter avläste hur stor andel planter som dog under följande tre veckor, kan vi visa att det finns ett samband mellan grad av virulens på tallplanter och ursprunget av mitokondrien hos hybriderna (figur 2). Om hybriderna har erhållit mitokondrien från P-föräldern blir också hybriderna kraftigt virulenta på tall. Härstammar däremot mitokondrien från S-föräldern blir hybriderna bara svagt virulenta på tall.

Resultaten tyder antingen på att kommunikationen i svampcellen mellan kärna och mitokondrie är viktig för svampindividens egenskaper, eller att mitokondriegenomet bär på virulens-egenskapen. Skillnaden i virulens mellan S- och P-typerna på granplanter är för liten för att upptäcka med vår metod, och därför kan vi inget säga om hybridernas virulens på gran.

Möts på stubbar

I och med det intensiva utnyttjandet av skogen, skapas fler stubbar än tidigare. De tre artgrupperna av rotticka är inte lika begränsade av trädart när det gäller att kolonisera stubbar. Möjligheten finns därför att både S- och P-former kan etablera sig på samma stubbe – i och med det så ökar både chansen för kontakt och risken för hybridisering.

På en stubbe kan aggressiva hybridformer som både kan angripa tall och gran uppstå, något som det svenska skogsbruket bör vara uppmärksammat på. Eftersom rotticka kräver en färsk stubbyta att kolonisera, bör därför avverkning och gallring främst ske under vinterhalvåret, eller så bör stubbytorna behandlas med urea eller pergamentsvampen *Phlebiopsis gigantea*.

Aldöden i Europa

Jämfört med rottickan verkar släktet *Phytophthora*, som orsakar aldöd, av en idag okänd anledning ha lättare för att bilda hybrider i naturen. Längs floder i norra Europa, däribland Skandinavien, har aldöden alltjämt brett ut sig sedan början av 1990-talet. År 1996 hade mer än 10 000 alar dött i Storbritannien av en vid denna tidpunkt okänd *Phytophthora*-art. Cellstudier och molekylära undersökningar visade att det rörde sig om en arthybrid mellan *P. cambivora* och *P. fragariae* (eller en nära släkting). Den senare förekommer vanligtvis på jordgubbs- och hallonplanter. Ingen av föräldraarterna är patogen eller orsakar någon skada på alträd.

Vid en jämförelse av DNA mellan *Phytophthora* som infekterar al i olika länder (bl.a. Sverige, Nederländerna, Storbritannien och Tyskland) är resultaten inte entydiga. Det verkar som om isolaten är en heterogen grupp som härstammar från olika hybridiseringar,



Foto: Mats Gerentz, SLU

Vid avverkning bildas stubbar, som utgör en relativt ny nisch. Där kan olika svamparter mötas och bilda nya hybridarter.

där kromosomantalet har duplicerats och reducerats i olika omgångar. Detta antyder att hybridiseringen är relativt ny, och att en artgrupp kan vara under utveckling. Ännu har alen inte hunnit utveckla någon resistens, och en sådan process kan ta väldigt lång tid. Det beror framförallt på att många träddarter har en lång generationstid.

Det finns ytterligare ett antal rapporter angående arthybrider inom *Phytophthora*. I laboratorier har flera hybrider framställts för att studera värd-specialiseringen. Vissa hybrider får ett mer begränsat värdspektrum än föräldrarna, medan andra angriper samma värdarter. Det finns endast ett exempel där en artificiellt skapad hybrid har erhållit ett utökat värdspektrum. Detta fenomen verkar alltså vara relativt ovanligt vid hybridisering.

Bladrost på Nya Zeeland

I Australasien är *Melampsora larici-populina* och *M. medusae* två allvarliga rostsvampar som angriper poppel. På 1970-talet hade man stora problem med rostsvampangrepp och avlövnning på poppel i Nya Zeeland. Speciellt problematiskt var svamparten *M. larici-populina*. För att ta fram både kommersiella och resistenta poppelarter, startades därför 1973 ett intensivt förädlings- och selektionsprogram med material från Europa, Amerika och Asien. Importerade poppelarter skulle bidra till att bredda den relativt smala genetiska basen bland de Nya Zeeländska popplarna, och på så sätt förhoppningsvis öka motståndskraften mot svampangrepp. I möjligaste mån tog man fram poppelarter som var resistenta mot båda rostsvamparna.

Men så 1991 attackerades några av dessa resistenta sorter av rostsvamp med

avlövning i olika omfattning som följd. En mikroskopisk undersökning avslöjade att det var fråga om en ny typ av rost, med morfologiska och fysiologiska likheter med både *M. larici-populina* och *M. medusae*. Arthybriden (*M. medusae-populina*) är ett uppenbart exempel på en patogen och välanpassad hybrid, eftersom den både överlevt och förökats sig. Detta innebär att de tidigare framtagna poppelarterna nära på är oanvändbara på Nya Zeeland.

Bladrost i Nordamerika

Det andra exemplet från *Melampsora* är väldigt likt det första, men kommer från Nordamerika. I nordvästra USA finns en poppelart naturligt, medan en annan art saknas. I sydöstra USA är det tvärt om. I de två regionerna orsakar två olika *Melampsora*-arter bladrost: *M. occidentalis* angriper den nordvästra poppelarten, medan *M. medusae* angriper arten i sydöstra USA. Ända fram till år 1991 var korsningar av poppelarterna i nordvästra USA fria från bladrost. Sedan dess har rost förekommit på flera korsade sorter. Analyser har visat att sjukdomen orsakas av en ny hybridart som kallas *M. x columbiana*.

Almsjuka i Europa och Nordamerika

Svampsläktet *Ophiostoma* orsakar almsjuka i Europa, Asien och Nordamerika. Genom analys av mer än 11 000 svampprov från ställen där almsjukan dödar träd, har engelska forskare funnit tre hybrider. Hybriderna isolerades i Polen och Portugal och är korsningar mellan *Ophiostoma ulmi* och *O. novo-ulmi*. Den senare är mer aggressiv och dödar almarna snabbare.

Hybrider av *Ophiostoma* verkar dock sällsynta. Troligtvis är de inte så välan-

passade, och förekommer nog bara tillfälligt när *O. novo-ulmi* invaderar och tar över områden där *O. ulmi* redan finns. Hybriderna kan emellertid fungera som genetiska bryggor och tillåta överföring av olika egenskaper mellan föräldrarna.

Åtgärder för att förhindra hybridisering

Ingen vet om hybridisering hos växtpatogener kommer att öka i framtiden, men för svenskt skogsbruk gäller det att försöka minska riskerna. Då kemiska bekämpningsmedel inte är tillåtna i skogen, finns det begränsade möjligheter att bekämpa skogspatogener när de väl etablerat sig. Enklast förebyggs problemet genom att följa de regler som finns för transport av plantor mellan kontinenter, men även genom att göra så liten miljöpåverkan som möjligt för att förhindra uppkomsten av nya nischer.

Ämnesord

Svamp, patogen, hybrid, hybridisering, rotticka, öldöd, poppelbladrost, almsjuka

Läs mer

- Arnold, M. L. 1997. (Ed.). Natural hybridisation and evolution. *Oxford University Press*, New York.
- Brasier, C. 2000. The rise of the hybrid fungi. *Nature* 405: 134–135.
- Olson, Å. & Stenlid, J. 2001. Mitochondrial control of fungal hybrid virulence. *Nature* 411: 438.
- Olson, Å. & Stenlid, J. (Submitted). Pathogenic fungal species hybrids infecting plants. *Microbial infection*.

Författare



FD Åke Olson är forskare vid institutionen för skoglig mykologi och patologi, SLU, Box 7026, 750 07 Uppsala. Tel: 018-67 18 76. E-post: Ake.Olson@mykopat.slu.se

Ansvarig utgivare: Göran Hallsby, SLU, institutionen för skogsskötsel, 901 83 UMEÅ
Redaktör: Camilla Nilsson, SLU Informationsavdelningen, Box 7077, 750 07 UPPSALA
Telefon: 018-67 21 34 • Telefax: 018-67 35 20
E-post: Camilla.Nilsson@info.slu.se
Internet: www.slu.se/forskning/fakta/
Prenumeration och lösnummer: SLU Publikationstjänst, Box 7075, 750 07 UPPSALA
Telefon: 018-67 11 00 • Telefax: 018-67 35 00
E-post: Publikationstjanst@slu.se
Prenumerationspris: 320 kronor + moms
Tryck: SLU Reproenheten, Uppsala, 2002
ISSN 1400-7789 © SLU

