

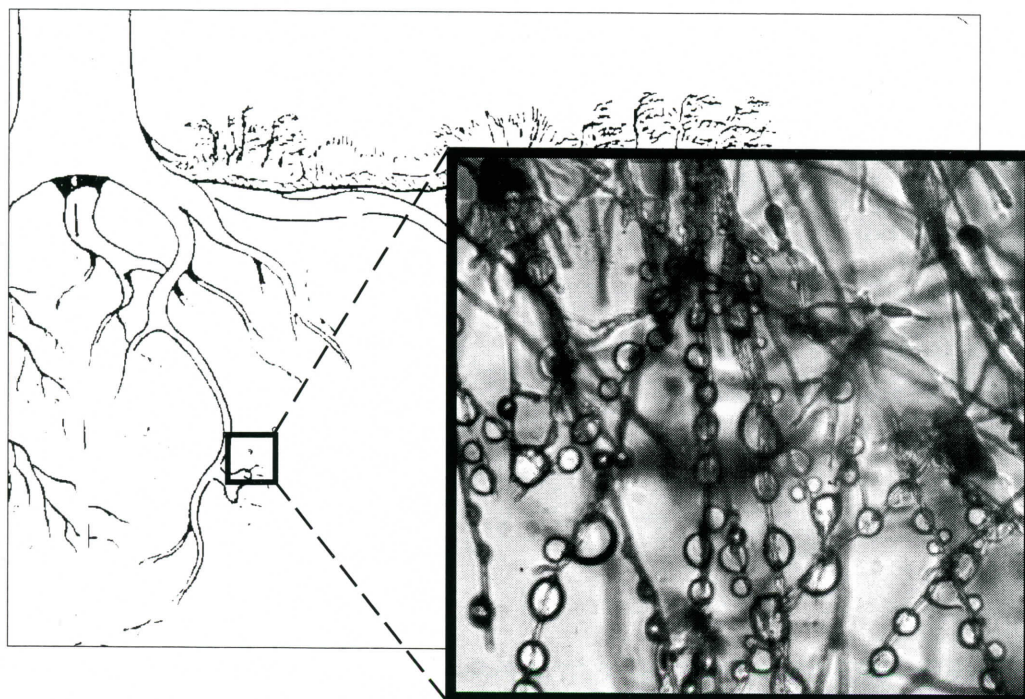
# FAKTA *Skog*

Sammanfattar aktuell forskning vid SLU • Nr 8 1998

Torgny Unestam och Roger Finlay

## Svamp med "njure" pumpar näring till och från trädet

- Barrträdens näringsupptag påverkas i hög grad av deras "samarbete" med vissa svampar. Svampens fint förgrenade hyfer bildar ett vattenavvisande och näringstransporterande system kring och i trädets rötter, kallat mykorrhiza. Hittills har mykorrhizamycelet ansetts vara en passiv förlängning av finrötterna. Vi har dock funnit att svampen aktivt ändrar både den fysiska och den biologiska miljön till fördel för båda parter.
- I mykorrhizafickor i marken tar svampens hyfer emot socker från trädets fotosyntes. Sockret utsöndras i droppar och ger näring åt bakterier, som framställer mineralnäring. Trädet byter alltså socker mot mineralnäring och vatten, via svampen.
- Processerna påminner om ett cirkulationssystem för vatten och näring mellan träd och mark och en "njure" som avgiftar cellerna och sen aktiverar bakterier i jorden. Avfall och bakterier blir till en "mikrokompost".



FIGUR 1. Mykorrhizamycelets "njurdroppar" matar markbakterier som framställer näring till trädet.



Rötterna hos många träd är klädda av ett svamphölje som kallas mykorrhiza. Detta hölje förbinder trädets rötter med markens nedbrytningscykler, vilka frigör mineralnäring till markvattnet. Denna näring kan sedan mykorrhizasvampen ta upp i konkurrens med ett flertal organismer i marken.

Barträdens mykorrhizamycel (trådarnas finaste förgreningar) är specialiserat på att ta sig förtur i konkurrensen, bl.a. genom att stöta bort vatten som skulle gynna andra mikroorganismer för mycket. Utan denna "förlängning" av roten skulle många träd inte kunna ta upp tillräckligt med mineralämnen för sina behov.

En stor del av det socker som bildas vid fotosyntesen i barren och transporteras ner till rotpetsarna tas upp av mykorrhizan och fördelas via mycelet till miljontals växande hyfspetsar (svampens yttersta delar) i marken.

Sockret ger energi för hyfernas transport, tillväxt och aktiva mineralupptagning, men också till samarbetande bakterier vilka hjälper till med nedbrytning av organiskt material, vittring och kvävefixering (se faktarutan). Detta ger hyferna en stor fördel framför konkurrerande mikroorganismer i marken.

### Luftning och avgiftning

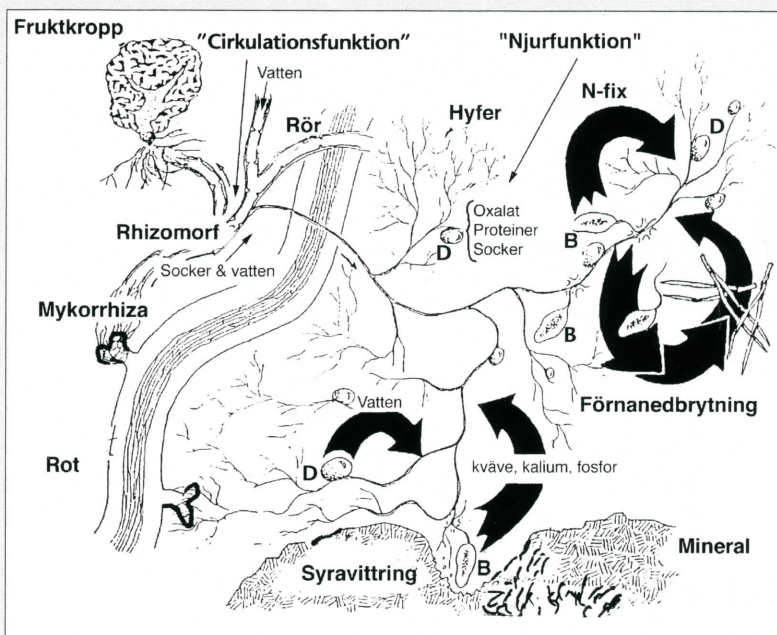
Svampmycelet är fettartat och stöter bort vatten, en egenskap som kallas *hydrofobi*. Dränks marken av regn så trängs vattnet undan genom hydrofobin och luftfickor (fig. 3) bildas runt mykorrhizamycelet. Fickorna är viktiga luftningskanaler i marken.

Den vattenbortstötande funktionen hos mycelets cellväggar har många fördelar. Cellväggen blir vattentät överallt och fungerar som ett tätt rörledningssystem, vilket därmed inte förlorar vätska ens i torr jord eller under decimeterlång transport fram till hyfspetsarna ute i marken.

Själva spetsen på hyfen stöter däremot inte bort vatten lika starkt utan växer gärna in i blöt jord där den tar upp organisk och oorganisk mineralnäring från marken.

## Trädrötternas mikrokosmos

FAKTARUTA



Skogsjordens förnedbrytande organismkedja, den långa nedbrytnings- och näringscykeln (här starkt komprimerad, sammansatt pil), innefattar många energislösande länkar innan mykorrhizan slutligen får tillgång till mineralupplaget i markvattnet. Mikronäringskedjorna (enkla pilar) är betydligt energisnålare.

Mykorrhizarotens vattentäta mycelrör och rhizomorfer, (jfr fig.2) för med sig socker till de perifera hyferna där detta

och andra ämnen utsöndras i små vattendroppar (D). Dropparna fuktar torr jord, göder vittrande och kvävefixerande (N-fix) bakterier (B) med de energirika ämnena, samtidigt som hyferna skyddas från förgiftning ("njurfunktion").

Mineralnäringen (kväve, kalium, fosfor) tas sedan upp av hyfspetsarna och pumpas ("cirkulationsfunktion") via rhizomorferna åter till roten och trädets.

Svampar måste kunna utsöndra oönskade, giftiga biprodukter från ämnesomsättningen för att inte själva förgiftas. Svamphyfen utsöndrar droppar (fig. 1), och blir därmed också av med överflödigt vätska.

Med vätskan följer både giftiga och värdefulla ämnen som samlas i droppen. De giftiga stannar kvar på utsidan, medan socker och proteiner aktivt sugts tillbaka in i hyfen för att användas som cellnäring.

### Njurfunktion binder gifter

I vårt arbete med mykorrhizan i skogsmark har vi funnit att både hydrofobi och reglerad avgiftning har stor ekologisk betydelse för de flesta svampar som bildar mykorrhiza med rötterna hos barträd.

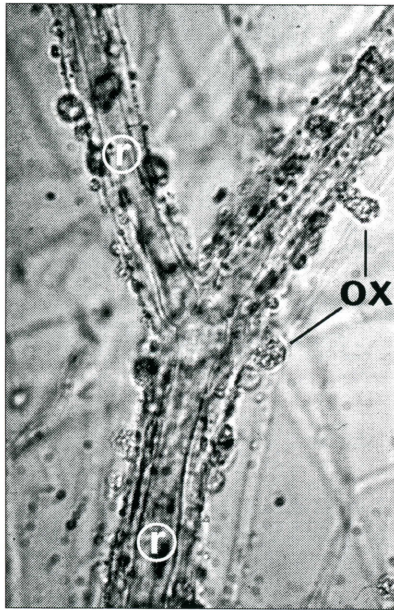
Bland de giftiga utsöndringarna finns t.ex. oxalsyra. Den utnyttjas bl.a. för

att binda kalcium på hyfens yta, i form av små svårlösliga kristaller (fig. 2). Kalciumjoner, som annars skulle kunna blockera de kemiska signal-systemen inuti svampcellen, blir därmed oskadliggjorda.

Den oxalsyra och de andra organiska syror, som inte låsts fast i kristallerna, sipprar ut i svampens omgivning och hjälper till att vittra stenytter och sand, vilket frigör lösliga näringsämnen. Syrorna hämmar också tillväxten hos konkurrerande och skadliga organismer i mykorrhizans miljö och deltar på det sättet även i rotens försvar.

Andra giftiga utsöndringar i dropparna är fenoler som så småningom mörkfärgar (melaniserar) markmycelet (fig. 4) och skyddar mot UV-strålning och gifter i markmiljön. Denna viktiga process kan förklara varför brunfärgade delar av svamp-

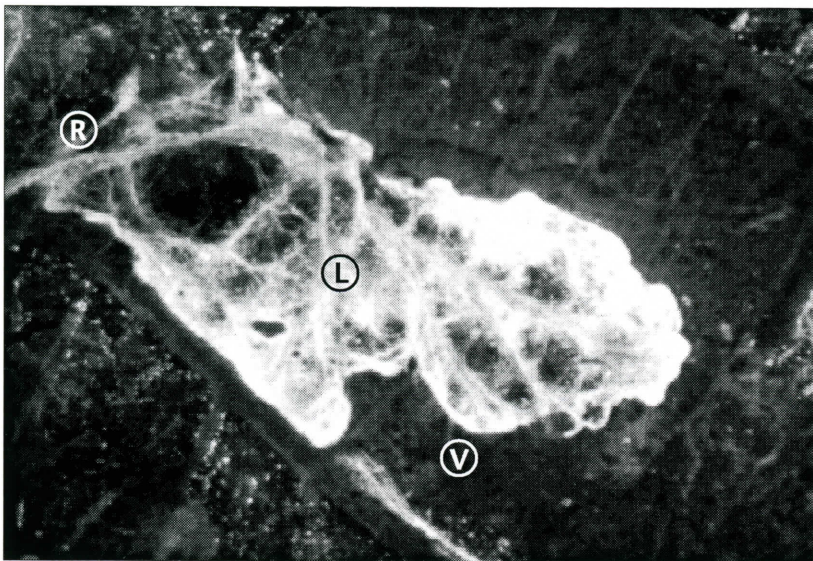




**FIGUR 2.** En tätt hopfogad hyfbunt, rhizomorf, av örssopp som bildat kristallklumpar av kalciumoxalat (ox) på ytan. Utsöndrad oxalsyra har fallit ut tillsammans med kalciumjoner från marken. För svampcellerna är både oxalsyra och kalciumjoner giftiga och oskadliggörs effektivt på detta sätt. Lägg märke till transportröret (r) i mitten av rhizomorfen.

mycel ibland påträffas hos i övrigt vita marksvampar.

Det beskrivna, sammansatta utsöndrings- och avgiftningssystemet har stora likheter med kända primitiva njurfunktioner hos markdjur och vi-



**FIGUR 3.** Lufficka, (L) bildad av vattenavstötande mykorrhizamycelet i blöt jord (V=vatten) vid en rot (R). Dessa fickor är mycket viktiga för luftningen av jorden i skogsmark. De vattentäta hyforna som ansluter till mycelet för med sig vatten och mineral decimeterväga ifrån.

sar att likartade mekanismer uppstått oberoende av varandra hos föga besläktade organismer under hundratals miljoner år av utveckling. Bortstötta gifter blir till nytta och organismen "slår flera flugor i en smäll".

### Svampens egenskaper ger vätska i torr mark

Mykorrhizamycelet har visat sig kunna fungera i mycket torr mark. För sitt eget vattenbehov kan mycelet nämligen utnyttja växten. Nattetid, när växtens vattenbehov är lågt, kan vatten ibland tas från de fina trädrotterna och förse hyfsystemet med vätska.

Trädets rötter gagnas också av samarbetet. I torr jord skulle nakna rotspetsar dö av torka om de inte fick vatten från reserver i grövre rötter och inte var klädda på utsidan med den fettäckta vävartade mykorrhizamanteln. Sådana tidvis "torra" rotspetsar är därför särskilt dagtid helt beroende av det vattentäta höljet som skydd mot uttorkning.

Roten förses också med vatten och mineralnäring, som via det hydrofoba mycelet kan ha kommit decimeterväga ifrån.

### Näringskedjor i mikroformat

Utsöndrad vätska från hyfspetsen (fig. 1) kan också avges till torra sten-

och jordpartiklar, fukta hyfmiljön och göra det möjligt för särskilda bakterier att överleva där.

Mikronäringskedjor (svamp-bakterie-svamp) uppstår på det sättet i små isolerade utrymmen, skilda från den gängse markvätskan där de stora näringskedjorna och förnedbrytning härskar med sin stora mångfald av organismer (se faktaruta & Fakta Skog 9 1998).

### Näringspump

Transporter i det sammanhängande mycelet kan ske i båda riktningar, växelvis eller kanske t.o.m. samtidigt. Eftersom rotspetsen under dagen är ett vattenupptagande organ, suger den till sig vätska och upptagen mineralnäring från alla fuktiga delar av mycelet, t.ex. i djupare mark eller i klippans eller stenens avsevärda vattenreservoarer.

Nattetid bör vattenströmmen, enligt vår mening, kunna gå i motsatt riktning, ut mot svampens perifera hyfspetsar. Biprodukter från det socker som svampen tagit från roten följer då med och utsöndras i dropparna (fig.1) på hyforna där det tas upp av bakterier (se faktaruta och Fakta Skog 9 1998).

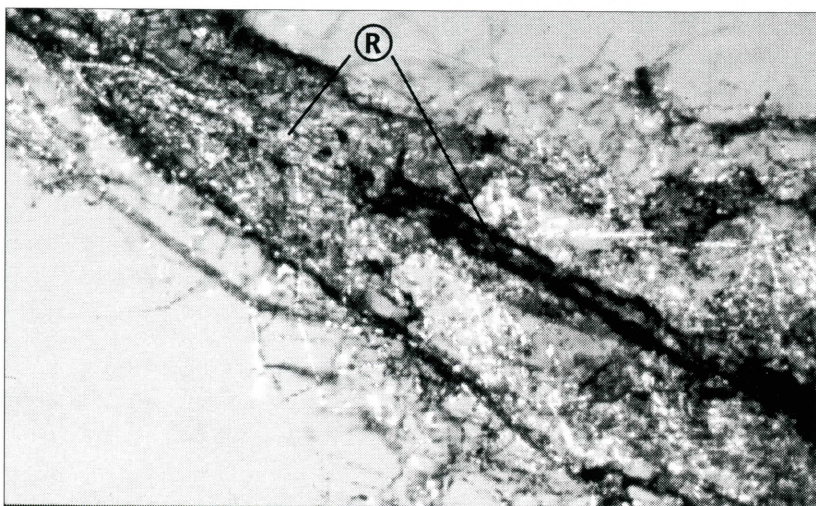
Vätske- och näringstransporten i det hydrofoba svampmycelet är en sammansatt och långt ifrån klarlagd process. Vi tror att vattenströmmen i huvudsak drivs mot avtappningsställen, där behoven är som störst.

Myceltransporten sker i ett system som till en del kan jämföras med blodströmmen i våra kroppar (S. Olsson, opubl.). Skillnaden ligger främst i hur transporten regleras. Mycelet har inget centralt hjärta utan "pumpen" fungerar så att vattenöverskott på ett håll förs hydrauliskt mot ett underskott på ett annat.

### Socker driver processen

De lösta molekylerna från fotosyntessockret följer med vattnet i rhizomorfernas rör (fig. 2), och omkringliggande svampceller lagrar och omsätter denna kolenergi. Den hydrauliska och den celldrivna transporten är troligen starkt beroende av varandra och av trädets aktivitet.





**FIGUR 4.** Rhizomorf (R) (bunt av svamphyfer) av örsoopp. I den högra delen av bilden har den mörkfärgats av utsöndrade fenolgifter.

Det fotosyntessocker som når roten spelar en nyckelroll. Det ger den nödvändiga energin, både för bakteriernas utlösande av markens näringsämnen och för träd- och svampcellernas vätsketransport.

#### Ämnesord

Trädning, mykorrhizasvamp, markkonditionering, mikronäringscykler, hyftransport, bakterieaktivitet, kvävefixering

#### Litteratur

Chang, T.T., Li, C.Y., Unestam, T. & Cromack, K. 1995. *Rock weathering by mycorrhizal bacteria and hyphae in cooperation*. Paper, 8 pp, at the Sym-

posium on Dynamics of Physiological Processes in Woody Roots, 8-11 October, 1995, Ithaca, New York, USA.

Jongmans, A.G., van Bremen, N., Lundström, U., van Hees, P.A.W., Finlay, R.D., Srinivasan, M., Unestam, T., Melke-rud, P.-A., Olsson, M. 1997. Rock-eating fungi. *Nature* 389:682-683.

Sun, Y-P., Unestam, T., Lucas, S., Johansson, K.-J. & Kenne L. & Finlay, R. 1998. Exudation-reabsorption in mycorrhizal fungi, the dynamic interface for interaction with soil and other microorganisms. *Mycorrhiza* (under tryckn.)

Unestam, T. Finlay, R. 1998. Träd kan äta sten: nya perspektiv öppnas. *Fakta Skog* 9, 1998. SLU.

Unestam, T., Sun Y-P. 1995 Extramatrical structures of hydrophobic and

hydrophilic ectomycorrhizal fungi. *Mycorrhiza* 5: 301-311.

Unestam, T., Sun, Y.-P., Li, C.Y., Cromack, K., Nylund, J.-E., Finlay, R. 1998. Ectomycorrhiza and root function: Mycelial exudation and associated bacteria may take part in nutrient micro-loops. *Tree Physiology* (under tryckning)

Torgny Unestam är professor emeritus vid institutionen för skoglig mykologi och patologi, SLU, Box 7026, 750 07 Uppsala. Tel. 018-67 18 03 Fax 018-30 92 45 E-post:

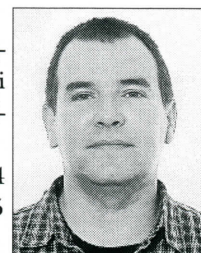
Torgny.Unestam@mykopat.slu.se.



Roger Finlay är professor i skoglig mikrobiologi vid samma institution.

Tel. 018-67 15 54 Fax 018-30 92 45 E-post:

Roger.Finlay@mykopat.slu.se.



Ansvarig utgivare:

Redaktör:

Internet:

Prenumeration och distribution:

E-post:

Pris:

Tryck:

Johan Elmberg, SLU Kontakt, Box 49, 230 53 ALNARP

Jonas Förare, SLU Informationsavdelningen, Box 7077, 750 07 UPPSALA

Telefon: 018-67 21 34 • Telefax: 018-67 35 20

E-post: Jonas.Forare@info.slu.se

www.slu.se/forskning/fakta/

SLU Publikationstjänst, Box 7075, 750 07 UPPSALA

Telefon: 018-67 11 00 • Telefax: 018-67 28 54

inger.blomstedt@service.slu.se

300 kr + moms (även lösnummerförsäljning)

SLU Reproenheten, Uppsala

ISSN 1400-7789 © SLU 1998

