

# FAKTA *Skog*

Sammanfattar aktuell forskning • Nr 3 2001

Petra Fransson • Roger Finlay • Andrew Taylor

## Med mer koldioxid förändras mykorrhizasamhället

– kan artskiten ge ökad träd tillväxt?

- Träden fixerar kol genom fotosyntesen. Mycket av detta kol, upp till 20 procent, går vidare till symbiotiska mykorrhizasvampar. Svamparna har därför en viktig roll när det gäller kolflöden i skogsekosystemet.
- En fördubblad halt av koldioxid i luften förändrar mykorrhizasvamparnas artsammansättning redan efter tre år. Fördelningen mellan arter skiftar, men det totala antalet arter förblir detsamma.
- Ökad koldioxidhalt kan ge större tillväxt i skogen, men för att detta ska kunna ske under längre tid krävs att träden förses med tillräckligt mycket näring. En möjlighet är att svampsammansättningen förskjuts mot arter som är mer effektiva på att ta upp och transportera näring till träden.



Foto: Roger Finlay

**FIGUR 1. Granar i helträdskamrar fick förhöjda halter koldioxid under tre år; något som gav drastiska effekter på mykorrhizasvamparnas artsammansättning.**

**D**en ökande koldioxidhalten i atmosfären utgör ett aktuellt forskningsområde. En skog kan både släppa ut eller binda in koldioxid. Mikroorganismerna i marken påverkar genom sin aktivitet och sammansättning skogens kolbalans, och mykorrhizasvampar är speciellt viktiga eftersom dessa organismer utgör en betydande länk för kol mellan luft och jord.

Här presenterar vi resultat från en treårig fältstudie av hur förhöjda koldioxidhalter påverkar artsammansättningen av mykorrhizasvampar. Vi visar också vilka möjliga effekter som en förändrad artsammansättning kan få på skogens tillväxt och kolbalans.

### Mer koldioxid – ökad tillväxt?

Träd och andra växter ökar ofta sin fotosyntes vid förhöjd koldioxidhalt i luften. Det sker snabbt, vanligen inom timmar till dagar. Ökad fotosyntes innebär att växten binder in mer koldioxid och den kan därmed tillväxa snabbare. Effekten kvarstår dock bara tills andra faktorer blir begränsande. I laboratorieförsök med småplantor har ofta sinande näringstillgång eller brist på utrymme för rotsystemen lett till att fotosyntesen återgår till en lägre nivå.

Många småskaliga korttidsförsök på plantor har under årens lopp visat att en förhöjd koldioxidhalt även leder till större rottillväxt i förhållande till skotttillväxt. Att rottillväxten ökar mer än skotttillväxten kan bero på att plantorna får ett större näringsbehov när de växer mer. Samtidigt har man sett en försämrad kvalitet på förnan (döttväxtmaterial) från plantorna. Förnakvaliteten är beroende av förhållandet mellan kol och kväve i de döda växtdelarna. Vid förhöjda koldioxidhalter binderväxten in mer kol vilket leder till att växtmaterialet blir mer svårnedbrytbart. På senare tid har emellertid ett antal fältförsök visat att dessa resultat inte nödvändigtvis gäller ute i skogen.

I långsiktiga fältförsök ser vi att trädens fotosyntes ökar vid förhöjda koldioxidhalter i luften och med det får vi en större produktion av biomassa. Det finns däremot inga bevis för att rot-skott-kvoten ökar eller att

#### FAKTARUTA 1

### Samspel mellan träd och svamp

Vissa svamparter bildar tillsammans med trädens rotspetsar en enhet, mykorrhiza, i vilken ett intimt utbyte sker av bland annat mineralnäringsämnen och kolhydrater. Träd fixerar genom fotosyntesen koldioxid och bildar kolhydrater. Svampen, som saknar klorofyll och därför inte kan fixera koldioxid, är beroende av de kolhydrater som trädet producerar. Trädets rötter får i sin tur en mycket större upptagningsyta genom att svampens trådar, det så kallade mycelet, når ut till stora delar av den omgivande marken och tar upp näringsämnen och vatten (figur 2). Det finns hela tiden en balans mellan näringsupptag till växten och kolöverföring till svampen. Både svamp och träd är beroende av symbiosen (samspelet) och huvuddelen av näringsupptaget hos ett träd går genom mykorrhizasvamparna. I en svensk skog är 95–100 procent av trädens kortrötter koloniserade av mykorrhizasvampar.

kvaliteten på förnan försämrar, något som har varit en stor farhåga efter tidigare laboratorieförsök. Mykorrhizasvampar som lever i nära samspel med träden kan vara en del av förklaringen till detta (faktaruta 1).

### Svampar hjälper träden

I marken är luften mellan jordpartiklarna redan så rik på koldioxid att en ökning av luftens koldioxidhalt inte påverkar mykorrhizasvamparna direkt. Eventuella effekter förmedlas via värdväxten.

Upp till 20 procent av det kol som ett träd fixerar omsätts av mykorrhizasvampar (faktaruta 2). Om träden fixerar mer kol kan svampen i sin tur få tillgång till mer kolhydrater. En större tillgång på kol nere i marken betyder att mykorrhizasvamparna kan investera i mer biomassa. Svamparna kan på så sätt bli effektivare på att kolonisera jorden och ta upp näringsämnen som sedan transporteras till värdträdet. Det är en möjlig väg att

tillgodose det ökade näringsbehov som kommer av att trädet växer mer.

Mykorrhizasvamparnas aktivitet kan därför vara förklaringen till att fotosyntesen, och därmed tillväxtökningarna, i fält inte minskar efter en kort period på samma sätt som i laboratorieförsök. Hur länge effekten kan kvarstå och vilken betydelse den kan få vet vi inte. Att ökad koldioxidhalt leder till förbättrad tillväxt är *en* möjlighet. Ute i skogen spelar givetvis ett antal andra faktorer in vid sidan av näringstillgång i marken och koldioxidhalt i luften, till exempel temperatur och vattentillgång.

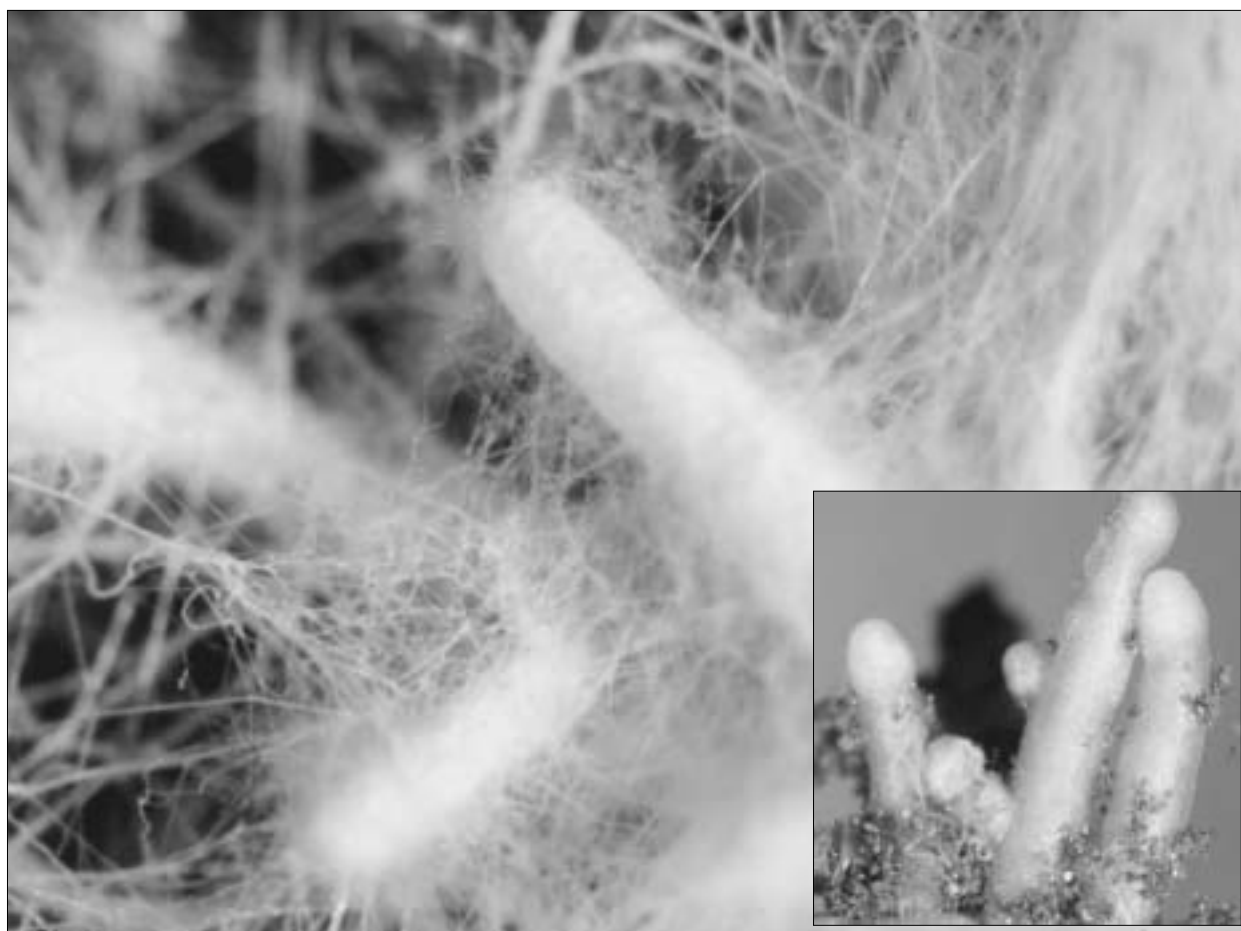
### Arter byts ut

Vid sidan av den eventuella ökningen av svamparnas biomassa kan även artsammansättningen påverkas av förhöjda koldioxidhalter. I vår studie fick 30-åriga granar inuti helträdskamrar (figur 1, framsidan) förhöjda mängder koldioxid i luften under tre års tid. Jämfört med luften utanför kamrarna gavs träden dubbelt så hög koldioxidhalt. Detta motsvarar den väntade koncentrationen av koldioxid i atmosfären om 75 år, förutsatt att utsläppen från förbränning av fossila bränslen fortsätter på dagens nivå. Redan efter den relativt korta försöksperioden fann vi drastiska förändringar i mykorrhizasvamparnas artsammansättning. Samhällsstrukturen hos svamparna på de träd som hade fått en fördubblad mängd koldioxid skilde sig tydligt från de andra (figur 3, sistasidan). Vissasvamparter, till exempel olika typer av skinnsvampar, blev vanligare. Det totala antalet arter påverkades inte.

Den här typen av förändringar i artsammansättning, då några arter blir vanligare och andra arter blir mindre vanliga, har vi även sett efter gödsling i en tidigare studie. Efter tre års koldioxidbehandling var artförändringarna lika stora som de vi såg efter 15 års gödsling – ett resultat som vi finner anmärkningsvärt! Det visar att förhöjda koldioxidhalter kan förändra artsammansättningen på kort tid.

### Svampar fungerar olika

En förändrad artsammansättning kan vara av betydelse för skogens näringsupptag och omsättning av kol,



**FIGUR 2. Mykorrhizasvampar fungerar olika. Både kastanjusseron (*Tricholoma albobrunneum*) och skarp gulkremla (*Russula ochroleuca*, infällda bilden) täcker trädrötterna, men bara kastanjusseron bildar stora mycel som genomväver marken.**

eftersom arter fungerar olika (figur 2). I tidigare laboratorieförsök med tallplantor som växte tillsammans med varsin svampart, örsopp eller laxskivling, tog plantorna upp mer koldioxid vid förhöjda halter. Örsoppen ökade plantornas biomassa i rötterna medan laxskivlingen enbart ökade sin egen respiration (avgången av koldioxid) under jord. Svamparna skilde sig även åt i hur effektiva de var på att ta upp och föra över kväve till sin värdväxt. Ur plantans synvinkel är det bättre att ha en svamp som ger mycket kväve från marken till en liten kolkostnad. Ökande koldioxidhalter kan alltså påverka mykorrhizatråd olika beroende på vilka svampar som finns på rötterna. Träden har dock ofta ett antal olika svamparter som koloniserar rotsystemet och det är därför svårt att förutsäga hur enskilda träd eller skogar kan komma att reagera.

### Påverkas kolbalansen?

En betydande del av det kol som fixeras genom fotosyntesen omsätts

#### FAKTARUTA 2

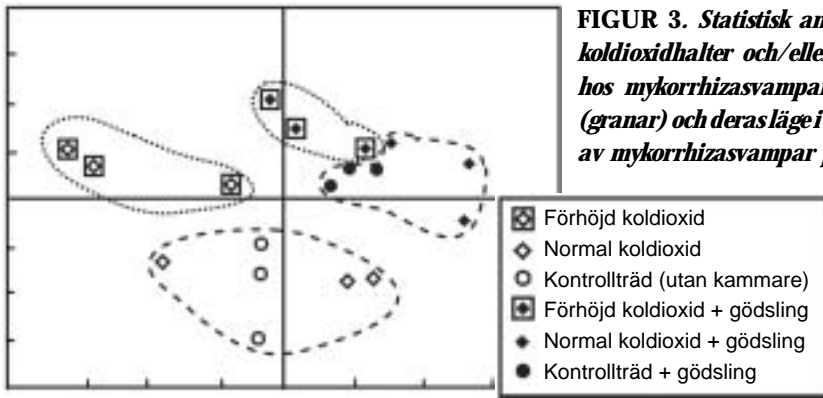
## Kolets kretslopp i svampperspektiv

Om vi tittar på kolets kretslopp ur mykorrhizasvampens synvinkel faller det sig naturligt att börja, och sluta, med luftens koldioxid. Genom fotosyntesen fixerar gröna växter koldioxid och bildar kolhydrater. Dessa kan användas både som energikälla och som byggmaterial. Även andra organismer som lever i samspel med växten, såsom mykorrhizasvampar, kan få nytta av kolhydraterna. Ett skogs ekosystem kan fixera i storleksordningen 10–30 ton kol per hektar och år. Upp till 20 procent av det kol som varje träd fixerar omsätts av trädets mykorrhizasvampar, trots att de bara utgör omkring 5 procent av plantans vikt.

Mykorrhizasvamparna utviner energi ur kolhydraterna genom att bryta ner dem och bilda koldioxid (respiration). Den största delen av kolet som kom-

mer från värdväxten försvinner från marken på detta sätt. Mykorrhizasvamparna använder även en del av kolhydraterna till att bygga upp svampbiomassa. En del kol utsöndras från svampen i form av organiska molekyler. Dessa kan till exempel vara organiska syror som kan vittra mineral. De kan också vara enzymer som bryter ner proteiner och andra organiska föreningar i marken till så små delar att svampen kan ta upp dem. Det kol som lämnar svampen har betydelse för andra mikroorganismer som lever runt mykorrhizan.

En del av kolet, som från början kom från luftens koldioxid, passerar genom olika näringskedjor. Till slut hamnar kolet återigen i luften som koldioxid, eller blir kvar i marken en längre tid som svårnedbrytbara former av organiskt material.



**FIGUR 3. Statistisk analys av hur olika behandlingar (förhöjda koldioxidhalter och/eller gödsling) påverkade samhällsstrukturen hos mykorrhizasvampar. Punkterna representerar enskilda träd (granar) och deras läge i figuren representerar artsammansättningen av mykorrhizasvampar på deras rötter. Inringade punkter har fått samma behandling. När punkterna ligger långt ifrån varandra innebär det att artsammansättningen skilde sig åt. De träd som hade fått koldioxidförhöjning hade annorlunda artsammansättning av svampar både på den ogödslade och den gödslade ytan.**

av mykorrhizasvamparna. Därför har de en potential att påverka skogarnas kolomsättning. En ökad koldioxidhalt kan leda till att mer kol transporteras till området runt mykorrhizan. I fält sker det genom en snabbare omsättning och större produktion av rötter, och kolet som hamnar i jorden styr aktiviteten hos markens mikroorganismer. Både mängd och typ av kolföreningar som utsöndras av rötter och mykorrhizasvampar har betydelse. Aktiviteten hos mikroorganismerna, bland annat bakterier och nedbrytarsvampar, påverkar i sin tur näringstillgång, nedbrytningshastigheter och kolinlagring i marken, men vi kan ännu inte säga exakt hur.

Våra resultat visar att ändrade koldioxidförhållanden kan leda till att vissa svamparter försvinner och ersätts med andra. En ändrad artsammansättning kan påverka mykorrhizasvamparnas roll i skogen beroende på att olika arter har olika funktion. Om mer kol hamnar i marken till följd av ökad biomassa hos redan förekommande mykorrhizasvampar, eller om nya arter med ett större

kolbehov blir allt vanligare vid ökande koldioxidhalter i luften, kan mer kol bindas in av skogarna. Det är dock inte så enkelt. Mer svamp betyder också att koldioxidavgången genom respiration från just svampen kan öka. Frågan är om de två tar ut varandra eller om kolbalansen faktiskt kan komma att förskjutas.

### Ämnesord

Mykorrhizasvampar, koldioxid, kolomsättning, växthuseffekt, skogsbruk, symbios, växtnäring, artsammansättning, tillväxt.

### Litteratur

- Fransson, P. 2000. Skogsgödsling och mykorrhizasvampar. *Fakta Skog 7*. SLU, Uppsala.
- Gorissen, A. & Kuyper, T.W. 2000. Fungal species-specific responses of ectomycorrhizal Scots pine (*Pinus sylvestris*) to elevated CO<sub>2</sub>. *New Phytologist 146*, 163–168.
- Morén, A.-S., Grelle, A. & Lindroth, A. 2000. Kolbalansen i svenska skogar. *Fakta Skog 2*. SLU, Uppsala.
- Treseder, K.K. & Allen, M.F. 2000. Mycorrhizal fungi have a potential role in soil carbon storage under elevated CO<sub>2</sub> and nitrogen deposition. *New Phytologist 147*, 189–200.



Foto: Christina Weiden

**Petra Fransson** arbetar med svampar, kol och kväve i mykorrhizagrupper vid institutionen för skoglig mykologi och patologi, SLU, Box 7026, Uppsala. Hennes avhandling kommer att presenteras i januari 2002. E-post: Petra.Fransson@mykopat.slu.se, Tel: 018-67 27 97, fax: 018-30 92 45 Internet: www.mykopat.slu.se

**Roger Finlay**, (t.v.) professor i skoglig mikrobiologi, och forskare **Andrew Taylor** ingår i samma grupp och arbetar bland annat med ekofysiologi och miljöpåverkan. E-post: Roger.Finlay@mykopat.slu.se Andy.Taylor@mykopat.slu.se, Tel: 018-67 15 54 respektive 018-67 27 97

Ansvarig utgivare:  
Redaktör:  
Internet:  
Prenumeration, distribution  
och lösnrumsförsäljning  
Pris:  
Tryck:

Göran Hallsby, SLU, institutionen för skogsskötsel, 901 83 UMEÅ  
Susanna Olsson, SLU Informationsavdelningen, Box 7077, 750 07 UPPSALA  
Telefon: 018-67 15 23 • Telefax: 018-67 35 20 • E-post: susanna.olsson@info.slu.se  
www.slu.se/forskning/fakta.html  
SLU Publikationstjänst, Box 7075, 750 07 UPPSALA  
Telefon: 018-67 11 00 • Telefax: 018-67 35 00  
E-post: Publikationstjanst@slu.se  
320 kr + moms  
SLU Reproenheten, Uppsala, 2001  
ISSN 1400-7789 © SLU

