

Mykorrhiza i nordskånska vattenväxter

Mikrobiologen Pål Axel Olsson tog ett par av sina forskarkollegor med sig till några sjöar i norra Skåne för att se om de inte kunde påvisa mykorrhiza även hos svenska vattenväxter. Jodå, det kunde de!

PÅL AXEL OLSSON, KIT BJERREGAARD NIELSEN & PETER F. SCHWEIGER

Under mycket lång tid trodde man att vattenväxter inte bildar någon mykorrhizasymbios (Harley & Smith 1983). På vissa platser hade man funnit att då man gick från torr mark till vattenmiljö försvann mykorrhizakoloniseringen i växternas rötter. Det var därför en smärre sensation då de två danska forskarna Morten Søndergaard och Simon Lægaard (1977) fann riklig mykorrhizakolonisering i notblomster *Lobelia dortmanna* och strandpryl *Plantago uniflora* i några mellan-jylländska klarvattensjöar. Den mykorrhiza de

funnit var arbuskulär mykorrhiza (AM; se faktaruta på nästa sida). Anledningen till att Søndergaard & Lægaard studerade vattenväxternas rötter var att de ville undersöka rothårsbildningen hos olika vattenväxter. Det var under dessa studier som de oväntat fann mykorrhizakolonisering i rötterna.

Efter detta förstafynd har man funnit mykorrhiza i många vattenväxter. Sålunda undersökte till exempel Beck-Nielsen & Madsen (2001) vattenväxter i jylländska sjöar och fann AM-kolonisering i skaftslamkrypa *Elatine hexandra*, strandpryl, notblomster och ältranunkel *Ranunculus flammula*. Notblomster befanns också vara koloniserad på andra sidan Atlanten, i en liten näringsfattig sjö som heter Mirror Lake och ligger i White Mountains, New Hampshire (Christensen & Wigand 1998).

Eftersom notblomster och strandpryl är vanliga i svenska sjöar bestämde vi oss för att göra en insamlingstur till några relativt näringsfat-



Figur 1. Strandranunkel var en av de arter som hade allra mest mykorrhizakolonisering i sina rötter. Foto: Kjell Strömberg.

Ranunculus reptans was found to be strongly colonized by arbuscular mycorrhiza in northern Skåne.

Arbuskulär mykorrhiza

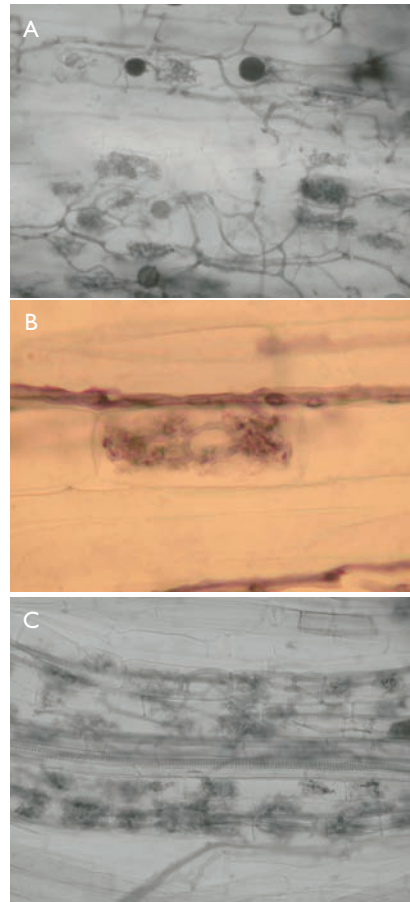
Den mest utbredda formen av mykorrhiza, med avseende på antalet kända värdväxtarter, är arbuskulär mykorrhiza (AM). Värdväxter är de flesta örter och gräs och även många vedartade växter (Olsson 1994). I våra trakter finns denna mykorrhizatyp framförallt i örtartade växter och saknas endast i de vanliga skogsträden och i vissa familjer, som korsblommiga, nejlikväxter, mållväxter och halvgräs (Harley & Harley 1987).

Trots att AM är mycket vanlig, var den länge okänd och svamparna som bildar denna typ av mykorrhiza systematiserades först på 1970-talet (Gerdemann & Trappe 1974). De svampar som bildar AM är en enhetlig grupp som numera placeras i ett eget svampfylum, Glomeromycota (Schüssler m.fl. 2001, Tehler m.fl. 2003). Tidigare var AM-svamparna placerade bland zygomyceterna, men nya fylogenetiska analyser visar att AM-svamparna är närmare släkt med basidiomyceter och askomyceter än med zygomyceterna.

AM-svampar kan inte odlas utan en värdväxt och är alltså obligata symbionter. De har inga ovanjordiska spridningsorgan utan bildar istället asexuella underjordiska vilsporor som antingen sitter ensamma på mycelet eller i små fruktkroppar.

Arbuskulär mykorrhiza är en s.k. endomykorrhiza, dvs. svampens hyfer finns inne i växtrotens celler i motsats till ektomykorrhiza där hyferna enbart finns utanför cellerna. Andra typer av endomykorrhiza är orkidé-, ljung-, arbutoid och monotropoid mykorrhiza. Uppdelningen i endo- och ektomykorrhiza anses dock inte längre relevant eftersom de svampar som bildar AM har lite gemensamt med de övriga typerna av endomykorrhiza, som istället i vissa fall har stora likheter med ektomykorrhiza.

tiga nordskånska sjöar för att studera mykorrhizakolonisering (Nielsen m.fl. 2004). De sjöar vi besökte var Norre sjö, Vittsjön, Skeingesjön, Tydingen, Svanshalssjön och Osbysjön. De insamlade växterna växte i allmänhet på en till två decimeters djup, men vid Svanshalssjön samlades växter på ett djup av mellan en halv och en meter.



Figur 2. AM-kolonisering i växtrötter efter infärgning med anilinblått. A) vesikler och arbuskler i notblomster, B) en arbuskel i strandpryl, C) arbuskelkolonisering i strandranunkel.

Arbuscular mycorrhizal colonisation in roots after staining with aniline blue. A) Vesicles and arbuscules in *Lobelia dortmanna*, B) an arbuscule in *Plantago uniflora*, C) arbuscular colonisation in *Ranunculus reptans*.

Mykorrhizakolonisering

Vid alla sex sjöarna fann vi notblomster och vid Norre sjö och Vittsjön samlade vi även strandpryl samt vid Norre sjö och Svanshalssjön styvt braxengräs *Isoetes lacustris*. Dessutom samlade vi strandranunkel *Ranunculus reptans* (figur 1) och spikblad *Hydrocotyle vulgaris* när vi fann dem. Styvt braxengräs var den enda av växterna

som inte var koloniserad med AM-svamp i rötterna. Alla andra insamlade växter var rikligt koloniserade. Mellan 33 och 85 procent av rotlängden var koloniserad hos notblomster och mellan 60 och 82 procent hos strandpryl (tabell 1). Detta är höga koloniseringsprocent som är jämförbara med koloniseringen i fosforbegränsade landmiljöer. Svartkämpar *Plantago lanceolata*, som är nära släkt med strandpryl, hade liknande hög kolonisering (omkring 60 procent) i miljöer med högt pH, men endast omkring 20 procent kolonisering i miljöer med lågt pH (van Aarle m.fl. 2003). I sura miljöer är fosfor ofta lättillgängligt och AM anses därför viktigare för växternas näringsupptag i kalkrika miljöer. Svamparna som bildade mykorrhiza hade rikligt med både arbuskler och vesikler (figur 2). Arbuskler är finförgrenade hyfer som bildar en stor kontaktyta med växtcellerna, och vesikler är blåsor som bildas på mycelet och fylls med lagringlipider.

Några andra rotkoloniserande svampar

När vi studerade rötterna på vattenväxterna fann vi även två andra typer av rotkoloniserande svampar. Den ena typen är så kallade tunnhyfiga endofyter ("fine endophytes") (figur 3A). Tidigare gick dessa under namnet "*Glomus tenue*" och klassificerades då som AM-svampar. Det troligaste är dock att de inte är besläktade med AM-svamparna, men deras fylogenetiska tillhörighet är fortfarande helt okänd. De bildar arbuskler precis som AM-svamparna (figur 3B), men är på andra sätt annorlunda. De är vanliga som rotkolonisatorer i de flesta miljöer, med värdväxter som också bildar AM (Thippayarugs m.fl. 1999). Vi fann dessa fina endofyter i rötterna på notblomster från Norre sjö och Skeingesjön samt i spikblad från Tydingen, Skeingesjön, Vittsjön och Norre sjö.

Ytterligare en typ av rotkolonisatorer är så kallade "mörka septerade svampar" (figur 4). Dessa svampar är antagligen askomyceter och lever som parasiter framförallt i lite äldre växtrotter (Jumpponen & Trappe 1998). Stoyke m.fl. (1992) visade att den dominerande mörka septerade svampen i ett subalpint område i Klippiga bergen i Kanada var askomyceten *Phialophora fortinii*. Vi fann kolonisering av mörka septerade svampar i notblomster från Svanhalsjön (figur 4).

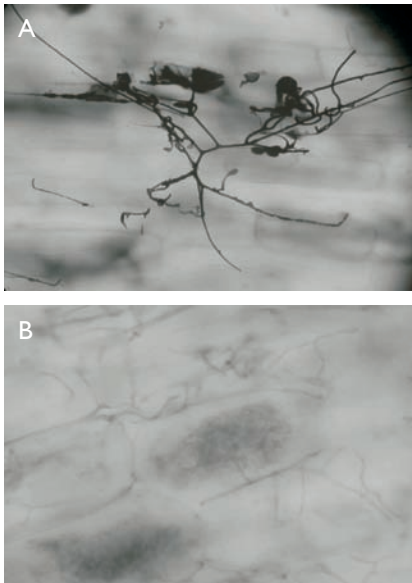
Artbestämning av AM-svampar

Artbestämningen av AM-svampar baseras på sporernas morfologi. Att artbestämma varje enskild spor som man finner i marken är dock knappast möjligt, och utifrån de strukturer som koloniserar rötterna kan man i bästa fall

Tabell 1. Arter insamlade vid de olika sjöerna i Nordskåne samt andel av rotlängden som var koloniserad av AM-svampar.

Species collected in different lakes in northern Skåne and the proportion of the root length that was colonised by arbuscular mycorrhizal fungi.

Art	Sjö	AM-kolonisering (%)
Notblomster <i>Lobelia dortmanna</i>	Norre sjö	57
	Osbynsjön	72
	Skeingesjön	57
	Svanhalsjön	33
	Tydingen	55
	Vittsjön	85
Strandpryl <i>Plantago uniflora</i>	Norre sjö	60
	Vittsjön	82
Strandranunkel <i>Ranunculus reptans</i>	Osbynsjön	77
	Skeingesjön	58
	Tydingen	88
Spikblad <i>Hydrocotyle vulgaris</i>	Norre sjö	46
	Skeingesjön	28
	Tydingen	56
	Vittsjön	13
Styvt braxengräs <i>Isoetes lacustris</i>	Norre sjö	0
	Svanhalsjön	0



Figur 3. Kolonisering av fina endofyter i växtrötter efter infärgning med anilinblått. A) hyfer på rot-ytan av strandpryl och B) arbuskel i notblomster. Fine endophyte colonisation in roots after staining with aniline blue. A) hyphae on the surface of *Plantago uniflora* roots and B) arbuscules in *Lobelia dortmanna*.

bestämma släktet. Därför är DNA-baserade bestämningsmetoder under utveckling för att underlätta studier av AM-svampar. Systematiken för AM-svamparna är fortfarande dåligt utvecklad, framförallt inom det största släktet, *Glomus*. Vi försökte att identifiera svamparna som koloniserade rötterna från notblomster och strandpryl med hjälp av DNA-analys (Nielsen m.fl. 2004). Den metod vi använde var specifik för att artbestämma svampar inom släktena *Glomus* och *Acaulospora*, de två släkten som antagligen är vanligast i nordeuropeiska marker. Metoden innebär alltså att vi inte kan avgöra om det fanns svampar av andra släkten i rötterna. Analyserna visade att vi hade sex olika typer av släktet *Glomus*, som kanske representerar sex olika arter, medan vi fann två olika typer av släktet *Acaulospora*. De två olika undersökta arterna var koloniserade av samma AM-svampar och resultaten pekar därför inte på att någon av

de svampar vi fann är specifikt anpassad för att kolonisera enbart en av arterna. En av typerna vi fann var närbesläktad med *Glomus claroideum* och en annan typ liknade mycket *Acaulospora longula*.

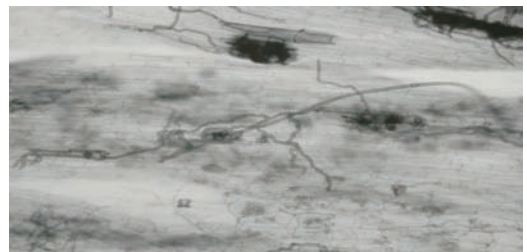
Ingen litteratur finns tillgänglig om AM-svampar i svenska marker, men nya studier (P. A. Olsson m.fl. opublicerat) i Skåne har bland annat visat förekomst av två andra släkten, då vi fann *Scutellospora calospora* i sandstämp vid Kivik på Österlen och *Entrophospora infrequens* i kalkrik gräsmark vid Ekologihuset i Lund. Vi jämförde det antal AM-svampar som vi fann i vattenväxterna med de få tidigare studier som gjorts med DNA-analys av koloniserade rötter. I åkermark i engelska Yorkshire fann man att en typ av AM-svamp var totalt dominerande (Helgasson m.fl. 1998), medan vi i denna studie fann en relativt jämn fördelning av flera svamp-typer. Det antal svampar vi fann liknade det man fann i ängslövskog i Yorkshire (Helgasson m.fl. 1998). Däremot fann man betydligt fler typer av AM-svampar i gräsmarker i Skottland (Vandenkoornhuise m.fl. 2002).

Mykorrhizans funktion i vattenmiljö

Man har tidigare trott att syrebristen i botten-sedimenten skulle vara svår att klara av för AM-svampar. Men det har visat sig att det syre som kortskottsväxter släpper ifrån sig under fotosyntesen kan motverka syrebrist hos svamparna. Speciellt på bottnar med låg halt av organiskt material kan därför syrehalten bli tillfredsstäl-

Figur 4. Mörka septerade svampar i notblomster efter infärgning med anilinblått.

Dark septate fungi in *Lobelia dortmanna*, stained with aniline blue.



lande (Pedersen m.fl. 1995). AM-svamp har säkert en viktig funktion för kortskottsväxternas näringsupptag eftersom de växer i miljöer som ofta är fosforbegränsade och eftersom kortskottsväxter huvudsakligen tar upp näringsämnen från botten. AM-svamparna är speciellt bra på att hjälpa växter med fosforupptaget. Långskottsväxter däremot tar mest upp näring från vattnet och rotsystemet är mest till för att förankra växten. Dessa växter är därför troligen mer sällan koloniserade av AM-svamp.

Vilka andra vattenväxter är koloniserade?

Det finns omkring hundra arter av rena vattenväxter i Sverige. Merparten av dessa är antingen långskottsväxter eller flytbladsväxter och enbart ett fåtal är kortskottsväxter.

Det är svårt att förutsäga vilka av vattenväxterna som är koloniserade av AM-svamp eftersom detta är beroende av tre olika faktorer: växternas taxonomiska tillhörighet, miljöns lämplighet för AM-svamparna och miljöns påverkan på hur beroende växterna är av AM-svamp. Som nämnts ovan är det inte troligt att långskottsväxter är koloniserade, men varken detta eller kolonisering i flytbladsväxter har undersökts närmare. Så kanske kan man hitta överraskningar även här. Av det dryga tiotal kortskottsväxter vi har i Sverige är det inte troligt att sylört *Subularia aquatica* eller löktåg *Juncus bulbosus* har AM eftersom de tillhör sådana taxonomiska grupper som oftast inte är koloniserade (Harley & Harley 1987). Kärlkryptogamer är ibland AM-koloniserade (Harley & Harley 1987) och det finns rapporter om AM i braxengräs (Wigand m.fl. 1998), men vi fann alltså inte sådan i denna studie och inte heller Søndergaard & Laegaard (1977). Vidare kan man anta att slamkrypor ibland är koloniserade eftersom detta konstaterats i Danmark. Förutom de kortskottsväxter vi undersökt kan vidare också ävjebrodd *Limosella aquatica* antas vara AM-koloniserad, åtminstone när betingelserna är de rätta. Det vore särskilt intressant att undersöka mykorrhizakoloniseringen i denna växt eftersom den förekommer i både söt- och brackvatten.



- Tack till Mikael Svensson och Helene Annadotter för tips om lokaler.

Citerad litteratur

- Beck-Nielsen, D. & Madsen, T. V. 2001. Occurrence of vesicular-arbuscular mycorrhiza in aquatic macrophytes from lakes and streams. – *Aquatic Bot.* 71: 141–148.
- Christensen, K. K. & Wigand, C. 1998. Formation of root plaques and their influence on tissue phosphorus content in *Lobelia dortmanna*. – *Aquatic Bot.* 61: 111–122.
- Gerdemann, J. W. & Trappe, J. M. 1974. The Endogonaceae in the pacific northwest. – *Mycol. Mem.* 5: 1–76.
- Harley, J. L. & Harley, E. L. 1987. A check-list of mycorrhiza in the British flora. – *New Phytol.* (Suppl.): 105: 1–102.
- Harley, J. L. & Smith, S. E. 1983. Mycorrhizal symbiosis. – Academic Press, London.
- Helgasson, T., Daniell, T. J., Husband, R. m.fl. 1998. Ploughing up the woodwide web? – *Nature* 394: 431.
- Jumpponen, A. & Trappe, J. M. 1998. Dark septate endophytes: a review of facultative biotrophic root-colonizing fungi. – *New Phytol.* 140: 295–310.
- Nielsen, K. B., Kjoller, R., Olsson, P. A. m.fl. 2004. Colonisation and molecular diversity of arbuscular mycorrhizal fungi in the aquatic plants *Littorella uniflora* and *Lobelia dortmanna* in Southern Sweden. – *Mycol. Res.* 108: 616–625.
- Olsson, P. A. 1994. Mykorrhiza – en taxonomisk och ekologisk översikt. – *Svensk Bot. Tidskr.* 88: 327–340.
- Pedersen, O., Sand-Jensen, K. & Revsbech, N. P. 1995. Diel pulses of O₂ and CO₂ in sandy lake sediments inhabited by *Lobelia dortmanna*. – *Ecology* 76: 1536–1545.
- Schüssler, A., Schwarzott, D. & Walker, C. 2001. A new fungal phylum, the Glomeromycota: phylogeny and evolution. – *Mycol. Res.* 12: 1413–1421.
- Stoyke, G., Egger, K. N. & Currah, R. S. 1992. Characterization of sterile endophytic fungi from the mycorrhizae of subalpine plants. – *Can. J. Bot.* 71: 2009–2016.
- Søndergaard, M. & Laegaard, S. 1977. Vesicular-arbuscular mycorrhiza in some aquatic vascular plants. – *Nature* 268: 232–233.
- Tehler, A., Little, D. P. & Farris, J. S. 2003. The full-length phylogenetic tree from 1551 ribosomal sequences of chitinous fungi, Fungi. – *Mycol. Res.* 107: 901–916.
- Thippayarugs, S., Bansal, M. & Abbott, L. K. 1999. Morphology and infectivity of fine endophyte in

a mediterranean environment. – *Mycol. Res.* 103: 1369–1379.

- Van Aarle, I. M., Söderström, B. & Olsson, P. A. 2003. Growth and interactions of arbuscular mycorrhizal fungi in soils from limestone and acid rock habitats. – *Soil Biol. Biochem.* 35: 1557–1564.
- Vandenkoornhuysse, P., Husband, R., Daniell, T. J. m.fl. 2002. Arbuscular mycorrhizal community composition associated with two plant species in a grassland ecosystem. – *Mol. Ecol.* 11: 1555–1564.
- Wigand, C., Andersen, F. Ø., Christensen, K. K. m.fl. 1998. Endomycorrhizae of isoetids along a biogeochemical gradient. – *Limnol. Oceanogr.* 53: 508–515.

ABSTRACT

Olsson, P. A. Nielsen, K. B. & Schweiger, P. F. 2005. Mykorrhiza i nordskånska vattenväxter. [Mycorrhizal colonisation in aquatic plants in southern Sweden.] – *Svensk Bot. Tidskr.* 99: 303–308. Uppsala. ISSN 0039-646X.

The colonisation intensity and composition of the mycorrhizal fungal community in aquatic plants in six softwater lakes in southern Sweden were studied. The arbuscular mycorrhizal (AM) colonisation intensity in *Lobelia dortmanna*, *Plantago uniflora*, *Ranunculus reptans* and *Hydrocotyle vulgaris* was comparable to that seen in typical grassland vegetation, while *Isoëtes lacustris* was not colonised. The AM fungal community was investigated by a PCR-based method and revealed a relatively high diversity of glomalean fungi of the genera *Glomus* and *Acaulospora*. In addition to the AM fungi, we found two other groups of root-colonising fungi in the aquatic plants: fine endophytes and dark septate fungi.



Pål Axel Olsson har inventerat för Skånes Flora i Hässleholms-trakten, där han också bor. Han är docent i mikrobiologisk ekologi vid Lunds universitet och forskar om mykorrhiza hos örter och gräs. Sedan något år tillbaka är även sandstämpens

ekologi ett stort forskningsintresse.

Adress: Mikrobiologisk ekologi, Ekologihuset, Lunds universitet, 223 62 Lund

E-post: pal_axel.olsson@mbioekol.lu.se



Kit Bjerregaard Nielsen disputerade 2004 vid Syddansk Universitet i Odense, Danmark. Hennes avhandling handlade om mykorrhiza i vattenväxter från jylländska och sydsvenska sjöar.

Adress: Kodrivervænget

2, DK-5250 Odense SV, Danmark

E-post: kit@fms.dk



Peter Schweiger var gästforskare vid Lunds universitet under 1999–2000 då han framförallt studerade mykorrhizasymbiosernas morfologi. Numera är han tillbaka i Wien där han forskar om mykorrhizans funktion i tungmetallförorenad jord.

Adress: Institut für Bodenforschung, Universität für Bodenkultur Wien, Gregor Mendel-Straße 33, A-1180 Wien, Österrike

E-post: peter.schweiger@boku.ac.at