

A mykorrhiza-kérdés erdőgazdasági vonatkozásai.

Írta: vitéz Bokor Rezső dr.

Az első világháború utáni időkben a természettudományi kutatás nagy erővel és lelkesedéssel lépett az oknyomozó élettani vizsgálatok terére és sok maradandót alkotott. Ezek a munkák azokat az összefüggéseket, amelyeket eddig csak láttunk és leírtunk vagy csak sejtettünk, a helyes megítélés fényébe hozták és értelmet adtak sok jelenségnek. Ilyen táplálkozás-élettani jelenség az erdei fák életében az együttélés: a szimbiózis. Mint meglevő valami, rég ismert volt, de csak most tudjuk az értelmét: *egyes húmuszlakó fonalas gombáknak (a Basidiomycetes-ek rendjébe tartozik 90%-uk) az erdei fák gyökereivel való társulása, együttélése bizonyos talajtani adottságok között.* Ezt az együttélést röviden *mykorrhizá-*nak nevezi a biológia.

Minden természettudományi megismerés bizonyos vonatkozásban van az östermelés valamely ágazatával. A gyakorlati élet mindig igyekezett a helytelenül elméletinek nevezett kutatások eredményeit hasznosítani, és ennek folytán gyakran hatnak termékenyítőleg a gyakorlati termelés egyes eljárásaira olyan kutatási eredmények, amelyek nem is ezt a célt szolgálták.

A mykorrhiza-kérdés is régen foglalkoztatja a biológusokat. Frank már 1885-ben reámutatott arra, hogy egyes talajlakó gombák szimbiózisban élnek a fák gyökereivel. Messzire vezetne, ha ebben az összefüggésben a mykorrhiza-kutatás történeti fejlődését ismertetném és végigvezetném olvasóimat a sokféle nézet, elmélet labirintusán, amely sokáig uralta e kérdés körüli véleményeket. Céлом röviden ismertetni a mykorrhiza lényegét és levonni ebből az erdőgazdasági termelés számára szerintem figyelembe veendő következtetéseket.

Helykímélés céljából — bár kissé igazságtalanul — sok érdemes szerző nevét és eredményeit nem közlöm, mégis meg kell említenem a mykorrhiza-kutatás nagy mesterét, a svéd biológust: *Elias Melin*-t, az ő nevéhez fűződik a mykorrhiza-kérdés helyes értelmezése. *Melin* az élettani kutatás korszerű eszközeivel fogott a kérdés megoldásához. Tenyészedényekben az egyes élettani tényezők szerint elkülönítve és csíráatlanítva (sterilen) tenyésztette a fás növényeket, beoltotta őket tiszta gombatenyészetekkel, és így mesterségesen hozta létre a mykorrhizának nevezett együttélést. Természetesen a csemetéket különböző lehetőségek figyelembevételével más-más táplálótalajban nevelte és a legkülönbözőbb táplálkozás-fiziológiai kísérleteket végezte. Az ezekből levont tanulságok és törvényszerűségek már bizonyító erejűek, és ha nem is képviselik a természetben meglevő összes tényezőket egymásra

hatásukban, mégis az egyes termelési, illetőleg táplálkozási tényezők elszigetelése és a növény fejlődését befolyásoló hatásának a megállapítása mély bepillantást engednek meg a természet kialakította sok-sok tényező egymásrahatásának szövevényes birodalmába.

A természettudomány együttélésnek (szimbiózisnak) két élőlény társulását akkor nevezi, ha abból mindkét félnek biológiai értelemben vett haszna van. Mykorrhiza-gombafonál segítségével igen sok zöld növény táplálkozik. Valószínűleg jóval több, mint amennyit ismerünk.

A zöld növény a talajból a vizet és a vízben oldott ásványi sókat rendes táplálkozási viszonyok között a gyökérszőrshálak útján veszi fel. Ezt nevezhetjük az általános táplálkozási módnak. Mindaddig ilyen módon táplálkozik a zöld növény, amíg a talajban elegendő ásványi só van „feltárt“, vagyis vízben oldható állapotban. A talaj tápláló és vízben oldható vegyületei közül főként a talaj nitrogénvegyületeire kell tekintettel lennünk, mint olyanokra, amelyek a legkisebb mennyiségben vannak jelen. Nem ismerünk ugyanis olyan ásványokat, amelyek elmállása a talaj nitrogénvegyületeit szaporítaná. Minden más, a növény tenyésztéséhez szükséges és hasznos elem pótlódhatik a kőzetek elmálásából.

A talaj vízben oldható és a növény gyökérszőrshálai részéről felvehető nitrogénvegyületek: az ammoniumsók és nitrátok, csak a talajba jutó organikus nitrogénvegyületek, főleg fehérjék folytonos elbontásából keletkeznek. A lehulló lomb és tűlevél protoplazmája, az elhullott állatok tetemei, a sok millió és millió alsóbbrendű élőlény (rovarok, baktériumok és gombák) elhalása után rendelkezésre álló különböző fehérjék a legfontosabb nitrogén-források az erdő talajában. A fehérjéket baktériumok és gombák milliói bontják el és így keletkeznek ammoniumvegyületek. Ezeket a nitrifikáló baktériumok, vagyis élőlények, oxidálják nitrátokká.¹ Tehát a vízben oldhatatlan fehérjéket a mikroszkópikus élőlények, a baktériumok és a gombák, teszik vízben oldhatókká és így a növény szőrshálai részéről felvehetőkké. Ezt a jelenséget úgy is fogalmazhatjuk, hogy a fehérjéket a talajban lakó mikroorganizmusok „feltárlják“ a zöld növények számára. Ebben a folyamatban nem közömbös a zöld növény táplálkozására, hogy a feltárási folyamatot legnagyobb részét baktériumok vagy gombák végzik-e? A baktériumok igénytelenebbek és kis felületükhöz viszonyítva nagy mennyiségű fehérjét bontanak el, miközben parányi testük felépítésére igen kevés nitrogén-vegyületet használnak el. Ezzel szemben

¹ Megjegyezzük azt, hogy az erdei fák ammóniumsókkal is hiánytalanul táplálkozhatnak, vagyis nem szükséges okvetlen a talajban a nitrifikáció (nitrátképződés)

a gombák fonalai nagy tömegben képződnek, és az elbontott fehérje meg egyéb nitrogéntartalmú organikus vegyület származékait igen nagy mértékben a saját testük felépítésére használják el. A húmusban, — ha felpiszkáljuk —, sokszor egész fehér fonaltömegeket találunk. Gondoljunk továbbá a gombák nagy termőtestjeire is, és akkor ez a nagy nitrogén-felhasználás a zöld növény kárára mindjárt érhető lesz előttünk. Ha tehát a gombák végzik a vízben nem oldható nitrogénvegyületek „feltárását“, akkor nem sok jut a zöld növényeknek: az erdei fáknek. Az is tudott dolog, hogy a baktériumok általában a semleges vagy csak gyengén savanyú vagy gyengén alkális közegben fejthetik ki elbontó működésüket. Ha a talajok bizonyos oknál fogva elsavanyodnak, akkor a baktériumok legnagyobbbrészt elhalnak, és a fehérjebontó szerepet majdnem kizárólag a gombák veszik át. Származásuk szerint savanyú talajokon és a savanyú reakciójú nyershúmusz-talajokon majdnem kizárólag a gombák veszik át az elbontó tevékenység: a mineralizáció munkáját, sőt ez a folyamat közbenső vegyületeknél meg is állhat. Az erdei fák tehát nitrogénhiányban szenvednének és el is pusztulhatnának nitrogén-tápanyag hiányában. Ezt az állapotot a zöld növények nagy csoportja, — savanyú talajokon az erdőt alkotó fák 98%-a, — azzal előzi meg, hogy a táplálkozás gépezetébe „befogják“ a gombafonalat. A gombafonalak veszik át a gyökérszörszálak szerepét. A gombafonál és a fagyökér táplálkozás szempontjából életközösségre lépnek.

Ebben az életközösségben a gomba szerepe a talajban levő tápanyagokat — legfőképpen a húmusz nitrogénvegyületeit — feltárni és azokat vízben oldhatóvá téve a fonalak segítségével a gyökérhez elvezetni. A gomba viszont a fától szénhidrátokat kap, ezt az a körülmény is bizonyítja, hogy a mykorrhiza-gombafonalak körüli sejtekben, a gyökér szöveteiben sok keményítőszemecske halmozódik fel, továbbá az a körülmény is, hogy a mykorrhiza-gombáknak nagy termőtesteik kifejlesztésére a fák segítségére van szükségük. Ha a fákat levágjuk, mykorrhiza-gombatermőtest nem fejlődik ki a vágásterületen.

Igazi és sajátos életközösség a természet háztartásában a mykorrhiza: *az erdei fák és a húmuszlakó sok gombafaj közötti társulás a természet alkotta mostoha körülmények legyőzésére.*

Az évenként lehulló lombalom elegendő nitrogén-tápanyagot tartalmaz, csak fel kell azt tární. A talajnak olyan állapotban kell lennie, hogy a lombalomból alkotott növényi tápanyagok akár oldottan, akár legfinomabb kolloidális eloszálással a talajban se vegyi, se élettani úton ne kötődjenek meg teljeseen, mert így a tápláló anyagok elvonását a növényzet sínyli meg. A tápláló anyagok bizonyos mértékű abszorpciója a talaj részéről, továbbá a húmuszban való megkötődése előnyös abból a szempontból, hogy a

tápláló anyagokat nem mossza ki a vízáram. A fehérjék pl. a cser-sav hatására a baktériumok számára már oldhatatlan vegyületben válnak a hümusz alkotó részévé, az elhalt mikrobák teste auto-lizisen esik át s fehérjéjük aromás komplexumai szabaddá válnak és sötétbarna hümuszszerű anyagokká oxidálódnak. Sem ezeket, sem a felgyülemelő ligninanyagokat nem tudják a baktériumok elbontani. A „feltárás” már a gombák munkája lesz.

Az erdei fák és a gombafonalak legnagyobbbrészt ú. n. ektro-troph és ektendotroph mykorrhizát alkotnak. Az első esetben a gombafonalak sűrű szövedékkel körülveszik a gyökereket és viszonylag kis mértékben élnek a sejtközökben, ahol élénk táplálékkicserélés folyik a sejtek és a gombafonalak között. Az utóbbi esetben behatolnak már az elsődleges kéreg szöveti részeibe. Ezekben a sejtekben a gombafonalak szétesése (fragmentáció) után a felszívódás következik.

Mindkét esetben a központi henger hyphanélküli. Az erdei fák mykorrhizáinak képződése majdnem kizárólag e két típus szerint megy végbe. Szabadszemmel a mykorrhizával táplálkozó gyökeret (főleg csemetéken van erre szükség) arról ismerhetjük meg, hogy hiányzanak a gyökérszörzsálak, a gyökérvégek vagy megduzzadnak, bunkós formájúak lesznek („*Knollenmykorrhiza*”), vagy elágaznak, mint egy kis villa, amelynek szárai is viszonylag vastagok és rövidek („*Gabelmykorrhiza*”). Jellemző, hogy az utolsó gyökérelágazások (az n-ed rendű gyökerek) a mykorrhizás táplálkozáskor viszonylag rövidek és kevesebb számúak, vastagabbak, mint a rendes táplálkozási mód esetén fejlődő gyökerek.

Azt lehet mondani, minden erdei fának van mykorrhizája és ki is fejlődhetik az együttélés, ha arra szükség van, csak hogy még mindegyiket nem ismerjük. A kutatás munkája ugyanis meglehetősen nehéz és kevesen foglalkoznak ezzel a kérdéssel. A továbbiakban felsorolom azokat a fákat és a hozzátartozó mykorrhizagombákat, amelyekről egészen bizonyosak vagyunk, hogy a mykorrhiza képződhetik, de kétségtelen, hogy ez a felsorolás nagyon hiányos.

Pinus silvestris (erdeifenyő): *Boletus badius*, *B. granulatus*, *B. luteus*, *B. variegatus*, *Amanita muscaria*, *Cortinarius mucosus*, *Lactarius deliciosus*, *Russula fragilis*.

Pinus montana (hegyifenyő): Ugyanazok, mint erdeifenyőn és *Tricholoma virgatum*.

Larix europaea (vörösfenyő): *Boletus edulis*, *B. elegans*, *B. luteus*, *B. decidua*, *B. variegatus*, *Amanita muscaria*, *Cortinarius camphoratus*, *Tricholoma psammopus*, *Clytocybe*, *Hygrophorus bresadolae*.

Picea excelsa (lúcfenyő): *Amanita muscaria*, *Cortinarius balteatus*, *Lactarius deliciosus*.

Populus tremula (rezgőnyár): *Boletus scaber*, *B. rufus*, *Cortinarius collinitus*, *C. alba*.

Betula alba és verrucosa (nyír): *Boletus edulis*, *B. rufus*, *B. scaber*, *Amanita muscaria*, *Tricholoma flavobrunneum*, *Russula rhodoxantha*, *Lactarius necator*, *L. torminosus*, *Amenitopsis vaginata*.

Fagus silvatica (bükk): *Cortinarius proteus*, *C. bivelus*, *Boletus cyanescens*, *B. chrysenteron*, *B. scaber*, *Hypochnus cyanescens*, *Scleroderma vulgare*, *Amanita rubens*, *Lactarius subdulcis*, *Russula emenita*, *Cantharellus infundibuliformis*, *Hydnum repandum*.

Quercus robur (tölgy): *Tuber melanosporum*, *Amanita citrina*, *Lactarius subdulcis*, *Boletus elegans*, *Russula cyanoxantha*.

Castanea vesca (gesztenye): *Amanita rubens*, *Russula lepida*, *R. rubra*, *Scleroderma vulgare*.

Tilia (hárs): *Boletus scaber* var. *fuscus*, *Cortinarius*.

Látjuk tehát, hogy igen nagy a változatosság.

Míg egyrészről ugyanaz a fafaj több gombával alkothat mykorrhizát, addig másrészről ugyanaz a gomba több fának, túlevelelűnek és lomboslevelűnek egyaránt, lehet mykorrhiza-társa. Mindenestre az együttélést igen lazának mondhatjuk, és nem feltétlenül szükséges, hogy a mykorrhiza-együttélés létrejöjjön. Ha a talajban elegendő vízben oldható, tehát feltárt táplálóanyagkészlet van, mykorrhiza-együttélés képződése nélkül tenyészhetnek erdei fáink. A két típus és szélső eset között számtalan átmenet, illetőleg átmeneti, helyesebben készenléti állapot van, sőt kell lennie; ezek vezettek az ú. n. „*pseudomykorrhiza*“ felismerésére. A talaj állapotától függően ezekben a határhelyzetekben az együttélés váltakozva egyoldali parazitizmussá is átalakulhat, amikor a gomba gyöz és a megtámadott sejtek a gyökérben elpusztulnak; vagy úrrá lehet a helyzeten a fa aktív resorpció útján a gomba legyőzésével is. Ezek a határhelyzetek veszedelmesek lehetnek a fatenyészetre nézve, amint alább látni fogjuk.

Ebben az összefüggésben meg kell említenem azt is, hogy a mykorrhiza-gombák a levegő szabad nitrogénjét nem tudják megkötni és a levegő korlátlan mennyiségű nitrogénjét az autotroph növény számára hasznosítani. Sokáig tartotta magát az az egyes kutatók nem egészen pontos kísérletei alapján kialakult nézet, hogy a mykorrhizagombák a levegő szabad nitrogéniumát is hasznosítják a zöld növény számára. Ez a nézet azonban az újabb kutatások alapján megdőlt, és csak egyetlen kivételt ismerünk el, de ez sem a fák mykorrhizájával kapcsolatban áll fenn. Megemlítem azonban ezt az egy esetet nagyon érdekes erdészeti vonatkozása miatt.

A leromlott, kiszarolt erdőtalajokon, vagy azokon, amelyek táplálóanyagokban, főleg nitrogénben, szegények, megjelenik a *Calluna vulgaris*, a csarab (hanga, avarhanga), és helyenkint nagy foltokban foglalja el a területeket. Megjelenésének és tenyészetének fő oka az, hogy azon a talajon más növény nem is tudna megélni. A *Calluna* egy közelebből meg nem határozott fajtájú gombával — (*Phoma*-faj, amely az *Ascomycetese*k rendjébe tartozik) — él szimbiózisban, és ez a *Phoma*-faj a levegő szabad nitrogénjét megköti. Ennélfogva a *Calluna* független a talajban más vegyület formájában lekötött nitrogéntől, és ezért a *Calluna* az utána következő fatenyészetnek úttörőjévé válhatik. A *Calluna*-s területen évenként kb. 1 mm vastag húmusréteg keletkezik. Sok-sok év után ez a húmusréteg olyan vastag lesz, hogy más mykorrhizás fás növény is megél rajta, és évtizedek, esetleg évszázadok multán visszahódítja a csarab ezt a területet az erdőgazdaság számára. Ebben az értelemben nézzük a csarabbal borított területeket vagy azokat a helyeket, ahol szórványosan kezd a csarab megjelenni és tért hódítani.

Megemlítem még ezzel kapcsolatban, hogy a *Calluna* esetében egy ciklikus szimbiózissal találkozunk a természetben. Ez a jelenség a mykorrhizás fákkal kapcsolatban nem fordul elő. A gombafonál ugyanis a *Calluna* esetében a maggal együtt kerül a talajra, a mag testjén él, és később behálózza nemcsak a gyökeret, hanem az egész növényt, és a termés érésekor már a magon találjuk fonalait. *Rayner* fedezte fel ezt a jelenséget, és kimutatta steril tenyészედényekben végzett kísérleteivel, hogy a *Calluna* a nevezett gombafajjal nitrogénvegyületmentes talajon is jól megél, a levegő szabad nitrogénje táplálja a gomba segítségével a zöld növényt. Erdőterületeken ez a természetnek egyik igen figyelemre méltó táplálkozás-életteni jelensége.

(Befejezése köv.)

*

Die forstwirtschaftliche Bedeutung der Mykorrhizafrage. Von Dr. vitéz *R. Bokor*.

Auszug erfolgt mit dem Schlussteil der Abhandlung.

*

L'importance du Mycorrhiza au point de vue de la Sylviculture. Par Dr. vitéz *R. Bokor*.

Le résumé sera donné à la fin du mémoire.

*

The Importance of Mycorrhiza in Forest-management. By Dr. *R. Bokor*.

Summary will be published with the last instalment.