

MYKORRHIZA-KUTATÁSAINK NÉHÁNY EREDMÉNYE*

GYURKÓ PÁL

MTA Erdészeti mikrobiológiai kutatócsoport
Erdészeti és Faipari Egyetem, Sopron

Napjainkban a mykorrhiza-kérdés ismét a mikológusok érdeklődésének előterébe került, és a problémakör különböző részleteit szerte a világon intenzíven kutatják. Az érdeklődésnek a mykorrhiza-kérdés tudományos elméleti érdekessége mellett két fő oka van:

Az egyik a gyakorlatban, elsősorban az erdőgazdaságban való alkalmazás fontossága; a másik a fehérjekérdéssel, illetve a vadon termő gombák termesztésbe vonásával hozható összefüggésbe.

Ma már bebizonyított ténynek fogadható el, hogy szélsőséges termőhelyeken az obligát mykorrhiza-igényes fajok csak úgy telepíthetők, ha a csemetékhez, vagy a magvetéshez a mykorrhiza gombapartneret is hozzáadjuk. Utalok itt MOSER, LOBANOV és mások munkásságára. Magyarországon a Duna—Tisza közötti meszes homoktalajokon merült fel a mykorrhiza-oltás szükségessége. Ezekben a területeken természetes úton nem jöhet létre a kapcsolat, mert ezekben a talajokban a mykorrhiza gombák nem fordulnak elő, így az oltást mykorrhiza-igényes fajok esetében mesterségesen kell végrehajtani. Kecskemét környékén egy szabadföldi mykorrhiza-oltási kísérlet irányításában mi is közreműködtünk, melyet az Erdészeti Tudományos Intézet soproni állomásának munkatársa, Kiss László folytatott le. A mykorrhiza-oltást idősebb erdőállomány alól gyűjtött, gombafonalakkal dúsan átszőtt avarral hajtották végre. Az eredmény nagyon jó volt, a korábbi 25—30%-os csemetekihozattal szemben az oltott csemeték kb. 90%-a volt ültetésre alkalmas. Az erdőben gyűjtött oltóanyaggal szemben azonban kifogások is merülhetnek fel. Viszonylag nagy tömeg szükséges belőle, másrészt az ilyen oltóanyaggal kórokozókat is átvihetünk a csemetékre. Éppen ezért a cél a laboratóriumban előállított, tiszta tenyészetből származó oltóanyag volt. Első oltóanyag-előállítási próbálkozásunk, melyet irodalmi adatok alapján kíséreltünk meg, nem vezetett eredményre. Ötféle erdei avaron 240 tenyészetet oltottunk be háromféle mykorrhiza gombával, azonban ezek közül mindössze 18 tenyészet (7,5%) indult növekedésnek. Úgy láttuk, hogy az oltóanyag-előállítás szélesebb körű élettani ismereteket igényel. A mi esetünkben tehát a fent vázolt körülmények

* Előadás a Talajbiológiai Tudományos Ülésen. Debrecen. 1973. szeptember 4.

voltak azok, amik a mykorrhiza gombák élettani vizsgálatára indítottak bennünket.

Napjainkban világszerte sokat emlegetett probléma a fehérjehiány. Az állati eredetű, nagy fehérje tartalmú élelmiszerek mellett mind többször kerülnek szóba a gombák, amelyek a növényi élelmiszerek között talán a legnagyobb mennyiségben tartalmazznak fehérjéket. Érdekes módon a legnagyobb közkedveltségnek örvendő vadon termő ehető gombáink, mint pl. a vargánya és rokonsági köre, a császárgalóca, a rókaomba, a galambgomba-félék stb. mind a mykorrhiza gombák közé tartoznak. Jóllehet a ma már egy évszázados múltra visszatekintő mykorrhiza-kutatások során nagyon sok ismeretanyag halmozódott fel — utalok itt Frank, Kamenszkij, Stahl, Melin, Hatch, Björkman és mások munkásságára —, a mykorrhiza gombák termőtest-képzésére vonatkozólag még mindig nagyon keveset tudunk. Korábbi megfigyelések bizonyítják, hogy a mykorrhiza gombák a magasabb rendű növény nélkül is képesek a talajban évekig megélni, azonban a termőtest-képzéshez föltétlenül szükségük van a zöld növényvel való kapcsolatra. MELIN és NILSON 1950-es években lefolytatott izotópos vizsgálataiból világosan kiderül az a tény, amit már korábbi kutatók, így a századforduló körül Stahl is gyanított, hogy a fa a gombától vizet és a vízben oldva különböző ásványi sókat nyer, azonkívül bizonyos, egyelőre még ismeretlen serkentőanyagokat is átvesz, a gomba viszont a fától szénhidrátokat, keményítőt, cukrokat von el. A mykorrhiza gombáknak hiányos az enzimek készletük és a talajból nem tudják szénhidrát-szükségletüket fedezni. Nem képesek a cellulóz, vagy más nehezebben hozzáférhető poliszaharidok intenzív bontására és ezért vannak ráutalva a magasabb rendű zöld növény gyökerében található tartalékcukrokra és -keményítőre. A mykorrhiza-kapcsolat és a fa gyökerének szénhidrát-tartalma közötti összefüggésre ismert Björkman elmélete. Mindezek az ismeretek azonban csak a kapcsolatot magyarázzák, annak okait világítják meg, de nem foglalkoznak azzal a kérdéssel, hogy milyen élettani tulajdonságok teszik képessé a gombát a fával való együttélésre.

A termőtest-képzéssel kapcsolatban említtem meg KARPINSKY lengyel kutató nevét, akinek első alkalommal sikerült a vargánya (*Boletus edulis*) kémcsövekben tartott tenyészetein termőtest-kezdeményeket nyerni 1958-ban. KARPINSKY a gomba termőtest-szövetéből steril körülmények között izolált darabokat táptalajra helyezve vegetatív micéliumokat is kapott ugyan, de a szövetdarabok környékén kicsi, néhány mm nagyságú termőtest-kezdemények, primordiumok is kinőttek. A mykorrhiza-kutatók körében ezekről a kísérletekről az a vélemény alakult ki, hogy a termőtest-darabokkal együtt Karpinsky már a termőtest-képzéshez szükséges tápanyagokat és gomba-hormonokat is átvitte a steril táptalajra, ahol a bevitt kevés tápanyagnak megfelelően a primordiumok szabályos, de kicsi méretben ki is nőttek.

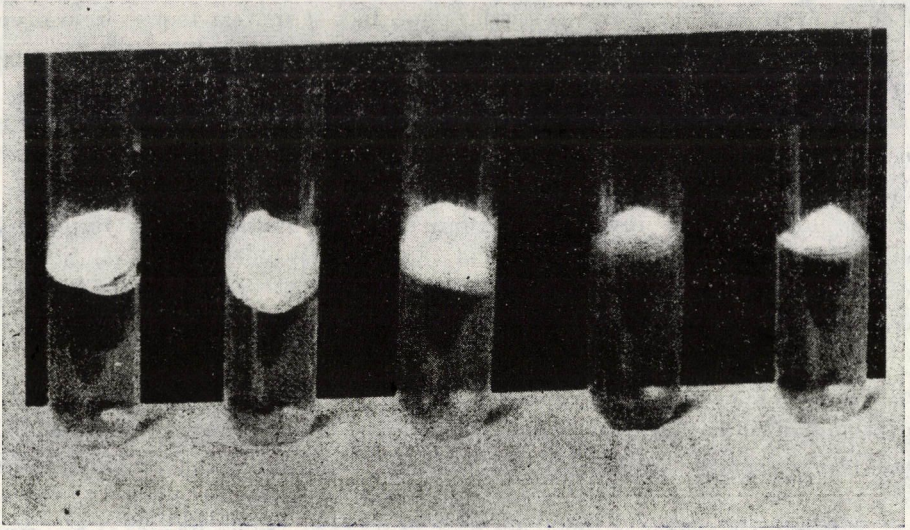
ZADRAZIL és munkatársai 1973-ban számolnak be Hamburgban a Seng-

busch Intézetben folytatott, mykorrhiza gombák termőtest-képzésére irányuló munkájukról. Gyűjteményükben a mykorrhiza gombák több száz törzse van Európa legkülönbözőbb vidékeiről. A gombákat tenyésztve tanulmányozzák a szubsztrátumnak és más faktoroknak hatását abból a célból, hogy az így szerzett ismeretek alapján majd ezeknek a gombáknak a termesztéstechnológiáját is ki tudják dolgozni. Karpinskyhez hasonlóan bizonyítják, hogy a *Boletus edulis* és más mykorrhiza gombák primordiumképzése steril tenyésztetben lehetséges. Szerintük a megoldatlan nagy probléma ezeknek a kezdeményeknek a további táplálása úgy, hogy a természetben található termőtestek nagyságát elérjék.

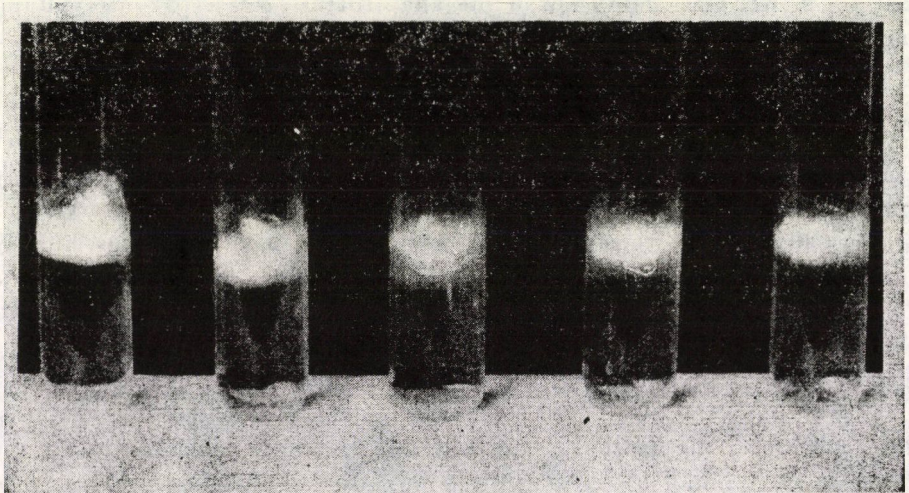
Úgy gondoljuk, hogy kísérleteinkkel, amelyeket a következőkben fogok válaszolni, a mykorrhiza-kutatások most szóban forgó kérdéseire, mind a gyakorlatban hasznosítható szintenyésztetből származó oltóanyag előállításához, mind pedig a termőtest-képzés élettanának megismeréséhez némi segítséget tudunk adni.

A kezdeti tájékozódó vizsgálatok során két irányban kezdtünk dolgozni. Az egyik irány a nehezen tenyészthető szimbionta gombák pH-tűrésének és tápanyagigényének megismerése volt, másik irányú vizsgálataink során viszont a gombák növekedésében tapasztalható időszakos változás okát kívántuk felderíteni. A pH-vizsgálatok során megállapítottuk azt a pH-intervallumot, amelyen belül a gombák növekednek. Ez az intervallum a különböző mykorrhiza gombáknál (*Boletus*, *Suillus*, *Leccinum*, *Amanita* fajok) meglepően egyöntetűen, kb. 3,0–6,8 pH között jelentkezett. De ezenkívül még egy, — véleményünk szerint igen lényeges — jelenséget figyeltünk meg. Mind ezeknél a vizsgálatoknál, mind pedig a későbbiekben megállapítottuk ugyanis, hogy a gombák növekedése malátás táptalajon az előbb említett pH-intervallumon belül egy bizonyos pH érték alatt és felett nagyon eltér. E kritikus, kb. 4,9–5,0 pH érték alatt ugyanis dús, légmicéliumos telepet alakítanak ki és a tápközegbe a gombafonalak alig 1–2 mm mélyen hatolnak be. Ezzel szemben a kritikus pH érték fölött, kevésbé savanyú közegben submers, merült gombatelepek képződnek, amelyek viszonylag lassan nőnek. A szaprofita gombáknál is különbség figyelhető meg a légmicélium és merült micélium mennyiségi viszonyait illetően a táptalaj pH értékének függvényében, azonban a pH-soron a szaprofita gombáknál az átmenet fokozatos és nem figyelhető meg egy bizonyos kritikus pH érték, amely alatt és fölött olyan nagy különbségek állnának elő, mint a mykorrhiza gombáknál (1., 2. ábra).

A két teleptípus azonban a mykorrhiza gombáknál nemcsak morfológiai, hanem élettani értelemben is határozottan különbözik egymástól. A kiégészítő anyagokat is tartalmazó malátás táptalajban ugyanis a légmicéliumos típusú telepek a táptalaj pH értékét a tenyészidő folyamán erősen lecsökkentik, a merült típusú telepnél pH-változás alig következik be, vagy pedig ha változás észlelhető, akkor a pH érték emelkedik. Ez azért feltűnő, mivel a szap-



1. ábra. *Suillus elegans* mykorrhiza gomba tenyészteti folyékony malátás táptalajon. A táptalaj pH értéke a sorozatban balról jobbra növekszik. A három baloldali tenyészet 4,2; 4,6 és 4,9 pH érték mellett légmicéliumos („l”) típusú, a két jobboldali tenyészet 5,3 és 5,6 pH értéke mellett mérült („m”) típusú



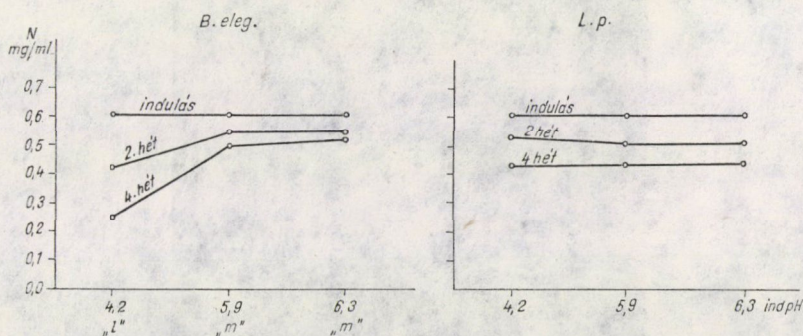
2. ábra. *Macrolepiota procera* szaprofita gomba tenyészteti folyékony malátás táptalajon. (A sorozat pH értékeit lásd az 1. ábra magyarázatánál)

rofita gombák, különösen a farontók a táptalaj pH értékét általában a növekedési optimum felé igyekeznek eltolni.

A mykorrhiza gombák kétféle teleptípusának az oxigénigénye is más. A légmicéliumos telep erősen oxigénigényes, táptalajba alámerítve nem is növekedik. A submers teleptípus mély kultúrában alámerítve jól tenyészthető.

Nagy különbség mutatkozik a két teleptípus keményítő-hidrolizáló képességében is. A merült típusú telep jóval intenzívebben bontja a keményítőt, mint a légmicéliumos típusú.

A két teleptípusnak a nitrogénfelvétele is különbözik. A légmicéliumos telep szerves nitrogénvegyületekből egyaránt képes nitrogén-szükségletét fedezni. A gomba merült típusú telepe a szerves nitrogénvegyületeket redukálja ugyan, de az ammóniát alig képes felvenni. A merült típusú telep tenyésztésében az ammóniaszint hetek folyamán sem változik lényegesen,

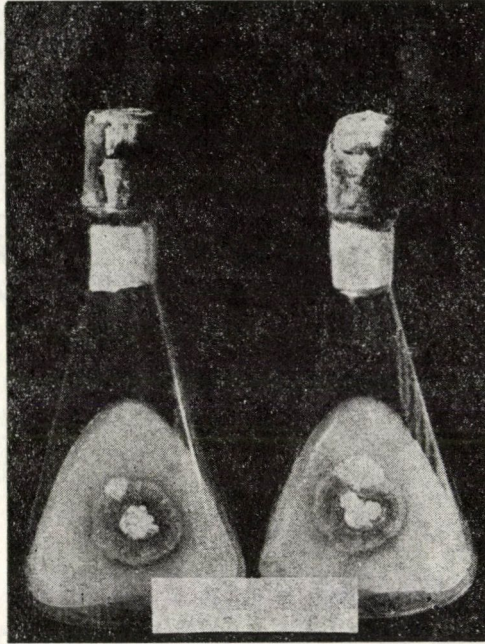


3. ábra. Az összes N fogyasztása a *Suillus elegans* (*B. eleg.*) mykorrhiza gomba és a *Macrolepiota procera* (*L. p.*) szaprofita gomba tenyésztéseinek táptalajában három különböző pH érték mellett. (Magyarázatot lásd a szövegben)

sőt bizonyos esetekben ammóniatöbblet mutatható ki — ezért is lúgosodik a táptalaj pH értéke. A 3. ábrán összehasonlításként bemutatom egy szaprofita gomba, a *Macrolepiota procera*, és egy mykorrhiza gomba, a *Suillus elegans* nitrogénfelvételét három különböző pH értéknél. A függőleges tengelyen a táptalaj összes nitrogéntartalmának értékei vannak (nitrogén mg/ml), a vízszintes tengelyen a háromféle pH érték található. Az ábrán a legfelső vonal a táptalaj kiindulási összes nitrogéntartalmát mutatja, az alatta levő vonalak pedig a nitrogéntartalmat 2 hetes és 4 hetes tenyészidő után ábrázolják. A grafikonokból jól kitűnik, hogy a légmicéliumos típusú 4,2 pH értéken növő mykorrhiza gomba mohón veszi fel a táptalajból a nitrogént, míg a másik két, 5,9 és 6,3 pH értéknél kialakuló merült típusú telepek nitrogénfelvétele elenyésző. Ezzel szemben a szaprofita gomba nitrogénfelvétele függetlenül a különböző pH értékektől, az egész tenyészidő folyamán meglehetősen kiegyenlített képet mutat.

A táptalajnál a légmicéliumos, vagy pedig merült típusú telep kialakulási lehetőségét — eddigi vizsgálataink alapján valószínűnek tartjuk —, egy bizonyos időszakban egyrészt a pH érték, másrészt a redox viszonyok határozzák meg.

Más irányú vizsgálatainkból az is kitudnik, hogy a gombák ugyanazon a táptalajon, termosztátban, egész évben ugyanolyan körülmények között fenntartva, időszakonként változtatják növekedési típusukat. Főleg tavasszal légmicéliumos telep, a nyár folyamán változóan egyszer az egyik, máskor a másik, míg a tél folyamán inkább a merült típus kialakítására törekszenek. Az egyik- vagy másikkéle teleptípus kialakítására való törekvés a mykorrhiza

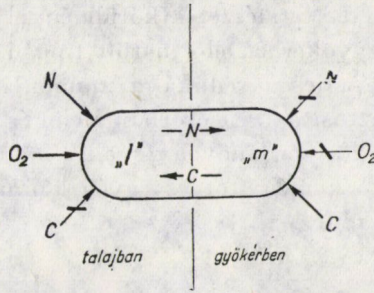


4. ábra. *Suillus elegans* 2 hónapos tenyészteti agaros táptalajon. Kiindulási pH érték 5,0. A merült („m”) telepeken egy-egy szektorban fehér légmicéliumos („l”) típusú teleprész alakult ki

gombáknak tehát alapvető biológiai sajátosságuk és nem csupán egy adott táptalajhoz való pillanatnyi alkalmazkodás.

Ritkán ugyanazon a táptalajon a kétféle telep egyszerre is kialakul. Ezekből a teleprészekből tovább oltva a táptalaj és időszak által determináltan hol a légmicéliumos, hol a merült típus alakul ki, bizonyítva ezzel, hogy egy és ugyanazon gomba kétféle megjelenési típusáról van szó (4. ábra).

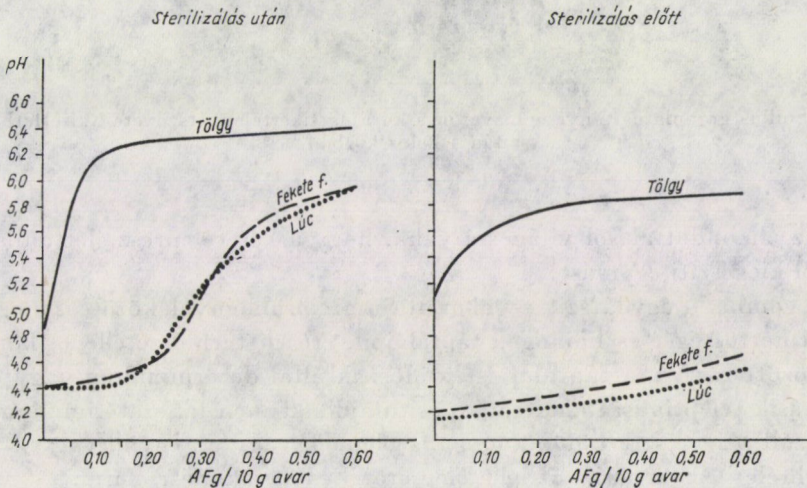
Ha most meggondoljuk, hogy a szimbionta gomba a természetben egyrészt a talajban, ugyanakkor a telep másik része a gyökérben él, akkor önként adódik a következtetés, hogy a laboratóriumban elkülönített két teleptípus valószínűleg tulajdonképpen a természetben megtalálható talajban élő, illetve gyökérben élő, különböző ökológiai viszonyok között más és más élettani



5. ábra. Mykorrhiza gombák különböző típusú teleprészei együttes funkciójának vázlata (Magyarázatot lásd a szövegben)

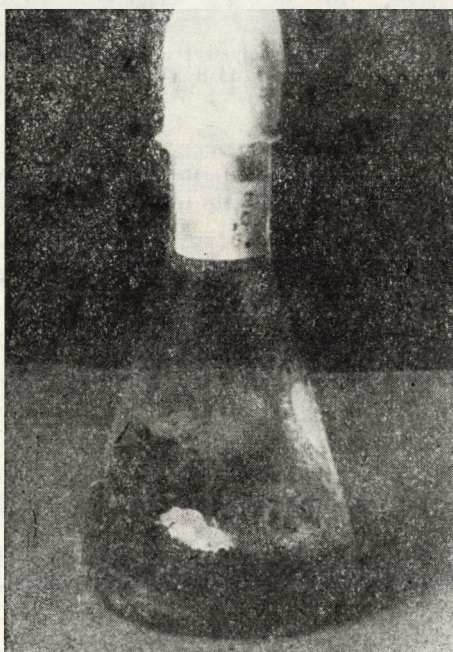
feladatot ellátó teleprésznek felel meg, amely két teleprész együttesen alkot egy életképes, szimbióta életmódra alkalmas telepet.

Kutatásaink jelenlegi állásánál a két teleprész együttes funkcióját természetes viszonyok között az 5. ábrán mutatjuk be. A folyamatos görbe vonallal kívántuk jelölni vázlatunkban a gombatelepet, amelyet egy függőleges vonallal középen kétfelé választottunk. A bal oldali rész képviseli a talajban élő teleprészt, amely felfogásunk szerint megfelel a laboratóriumban elkülönített légmicéliumos típusú telepnek, a jobb oldali rész képviseli a gyökérben élő teleprészt, amelyről feltételezzük, hogy megfelel a laboratóriumi merült típusú teleprésznek. A légmicéliumos teleprész a talajból jól fel tudja venni a nitrogént, ez a teleprész biztosítja az oxigénszükségletet, a szenet viszont



6. ábra. Vivőanyagként használt avarminták puffergörbéi sterilizálatlan állapotban és háromszor áramló gőzben sterilizálva. Vízszintes tengelyen a szekunder ammóniumfoszfát adagok g/10 g száraz avar

hiányos enzimek miatt természetes körülmények között nem képes felvenni. Ezzel szemben a gyökérben élő merült típusú telep — bár a szerves nitrogénvegyületeket erőteljesen redukálja ammóniává — nitrogénellátását a gyökérből nem tudja biztosítani. Elsősorban Melin és munkatársai kutatásai-
ból ismert, hogy a gomba a gazdanövény gyökeréből fedezi szénszükségletét, ill. a gyökérben található keményítőt és egyéb könnyen felvehető cukrokat hasznosítja energiaforrásként.



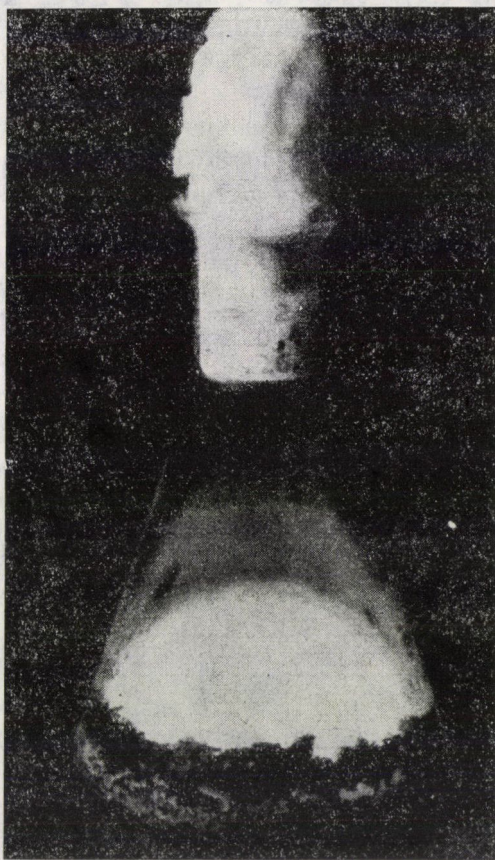
7. ábra. *Suillus granulatus* tenyészet avaron a korábbi sikertelen átszövetési kísérlethől oltás után 4 hetes korban

Az elmondottakból világossá válik, hogy a két teleprész élettanilag nagyon jól kiegészíti egymást.

A gomba — úgy látszik — laboratóriumi körülmények között is megtartja élettani kettősségét és homogén táptalajon, erősen természetellenes körülmények között tartva, a táptalaj és az időszak által determináltan vagy egyik, vagy másik teleptípusát alakítja ki, és tulajdonképpen laboratóriumban a két specializált teleprészre különülő gombatelepnek vagy az egyik, vagy a másik felét kell életben tartani, sőt lehetőleg erőteljes növekedésre bírni.

A mikroorganizmusokkal foglalkozó szakemberek körében talán meglepő a mykorrhiza gomba telepének ez a kettőssége, pedig a természetben ez nagyon elterjedt jelenség. Magasabbrendű zöld növényeink testének egy-egy része

eltérő ökológiai körülmények között más és más élettani célok érdekében szintén specializálódott. Gondoljunk a talajban élő gyökérzetre, amely a víz és ásványi anyag felvételét biztosítja és a talajból kiemelkedő részére a növénynek, amely az asszimiláció során az energetikus anyagokat állítja elő és biztosítja az egész növény számára.



8. ábra. *Suillus granulatus* tenyészet avaron az élettani vizsgálatok után beállított sorozatból, oltás után, 2 hetes korban

Ha most visszatérünk a bevezetőben vázolt kérdésekhez, akkor próbáljuk meg a gombatelep e kettősségének ismeretében keresni a megoldást.

Az oltóanyag előállításában feladatunk az egyik teleprész erőteljes növekedésre készítése, ami most már nem kétséges: a légmicéliumos teleprész lesz.

Oltóanyag-előállítási kísérleteinkben meghatároztuk a vivőanyagként használt avarminták puffergörbéit, amelyeket a 6. ábrán be is mutatok. Ezek

után az avarmintákat olyan kiegészítő tápanyagokkal láttuk el és a pH-értéket is úgy állítottuk be, hogy ez a közeg a mykorrhiza gombák légmicéliumos növekedési típusának kedvezzen. Az eredmény nem maradt el. A 100 ml-es Erlenmayer-lombikok anyagát a gomba fonalai valamennyi sorozatban mintegy két hét alatt sűrűn és erőteljesen szőtték át. Két képet mutatok be a következőkben; egy lombikot az előző sorozatból, ahol az oltódarab kifehéredett ugyan, de az avarba nem nőtt bele a gomba (7. ábra), egy másik lombikot pedig élettani vizsgálataink után a sikeresen átszövetett sorozatból (8. ábra). A különböző avarmintáknak ugyan volt valami befolyásoló szerepük, ezzel a kérdéssel azonban itt most nem kívánok bővebben foglalkozni.

A gombatelepek kettősségének ismeretében próbáljuk most megvizsgálni a ZADRAZIL által felvetett kérdést, a primordiumok táplálását. Érdekes módon szubmers körülmények között a gombatelep nitrogénfelvétele egyelőre ismeretlen módon gátolva van. Éppen ez a körülmény biztosítja véleményünk szerint a magasabbrendű zöld növényt, hogy a gomba nem válik parazitává. A nitrogénszükségletet illetően a gomba arra van kényszerítve — élettani sajátosságainál fogva —, hogy a talajba nőjön bele és onnan vegye fel a nitrogént. Ha pedig a termőtest-kezdeményeket kialakító merült típusú teleprészt táplálni kívánjuk, akkor jelenlegi ismereteink szerint ez csak a légmicéliumos teleprészen keresztül történhet.

Ezek azok az elképzelések, amelyeket előző eredményeinkre alapítva a közeljövőben a termőtest-képzésre vonatkozó kísérletek lefolytatásánál, reméljük, eredménnyel tudunk megvalósítani.