

6.7. Mikológiai vizsgálatok

(SILLER IRÉN ÉS MAGLÓCZKY ZSÓFIA)

Az erdők ökológiai vizsgálatakor a makroszkópos gombák felvételezése rendszerint messze elmarad az edényes növényekétől. A növénytársulásokban élő nagygombák száma ugyanakkor általában nagyobb, mint az edényes növényeké. A Braun-Blanquet (1964) által kifejtett kritika, amely szerint „a nagygombák növényzociológiai munkákba való bevonása igen kívánatos”, tulajdonképpen ma is érvényes. A gombák elhanyagolásának legfontosabb oka a módszertani nehézségekben, ezáltal a fáradságosabb és időigényesebb munkában rejlik. A gombák ökológiájának kevésbé ismert volta miatt a kutatás módszertanának ismertetése előtt röviden kitérünk ökológiai szerepük bemutatására.

6.7.1. A gombák jelentősége az erdei életközösségekben

A gombák az eukarióta élővilág elkülönített országát alkotják az állatok és a növények mellett (Margulis & Schwartz 1982). A többsejtű gombák életciklusára jellemző, hogy micéliumot – gombahifából (gombafonalból) álló szövedéket – képeznek, és csak a termőtestük éri el az álszövetes szerveződési szintet, ez spórákat képez, melyekből újra hifák nőnek.

A gombák heterotróf szervezetek. Táplálkozásuk a baktériumokhoz hasonlóan egyedi az egész élővilágban, mivel a szerves vegyületeket külső emésztéssel bontják le, vagyis chilotróf élőlények. A Föld legnagyobb mennyiségben jelen lévő szerves vegyületét, a cellulózt bizonyos baktériumokon kívül kizárólag a gombák képesek lebontani. A faanyag lebontásáért 60%-ban a xilofág gombák felelősek, ezért rendkívül fontos szerepük van az erdők szerves anyagának mineralizációjában (Jakucs 1996a).

A gombák az erdei életközösségek állandó összetevői. A szerves anyag termelésében (autotróf fázis) a fák mikorrhizás partnereiként, valamint a termelődő szerves anyag visszaforgatásában (heterotróf fázis) elsődleges szerepet játszanak, ezért az ismeretük nagy mennyiségű információt szolgáltat az erdei életközösségek anyagforgalmáról (Fehér & Besenyei 1933).

6.7.1.1. Az anyagforgalmi folyamatok jellemzése

Az erdő vertikális struktúráját a fák alkotják, meghatározva az erdő mikroklimatikus viszonyait (hőmérséklete, fényt és páratartalmat). A fák a növekedésük közben szervesetlen anyagokat vonnak ki a talajból – gyakran a gyökereikkel szimbionta kapcsolatban élő mikorrhizás gombák közreműködésével –, és a termelt szerves anyagot beépítik saját testükbe. Életük végén – kidőlésükkor – ez a szerves anyag újra a talaj-

szintre kerül, ahol különböző szervezetek telepednek meg rajta vagy élnek benne, elsősorban rovarok, amelyek részt vesznek az egyébként lassan és nehezen bomló faanyag felaprításában. Különböző odúlakó vagy fában élő rovarokkal táplálkozó gerinces állatok is szerepet játszanak a holt faanyag feldarabolásában.

A faanyag végső lebontói azonban a baktériumok és a gombák, mivel csak ezeknek a szervezeteknek vannak ehhez szükséges enzimrendszereik. A lebontott szerves anyag a gombatest felépítésében vesz részt, amely számos állat tápláléka. A gombatest elpusztulása után az enzimek magát a gombát is lebontják, így annak anyagai a növények által könnyen felvehető ásványi sók, valamint más élőlények által felvehető szerves anyag formájában jutnak vissza a talajba. Az erdőkben nagy mennyiségben lehulló növényi és állati szervesanyag-masszát (ez évente hektáronként több tonna avar egy lombos erdőben) a baktériumok és a gombák maradék nélkül lebontják.

A nagygombák tehát az anyagforgalom beépítő (mikorrhizás fajok) és lebontó (xilofág és avarbontó fajok) fázisában is szoros kapcsolatban vannak az erdőt alkotó fafajokkal.

Ha azonban – az erdőgazdálkodás során – az anyagforgalomba úgy avatkozunk bele, hogy az elpusztult fákat kivesszük az életközösségből, nemcsak a talaj szegényedik el tápanyagokban, hanem a faanyag lebontására épült egész táplálkozási lánc is megszakad.

6.7.1.2. Szaprotrofizmus, parazitizmus, szimbiozis

Az egyes gombafajoknak a szubsztrát iránti igénye különböző, ennél fogva a felhasznált szerves anyag forrása szerint csoportosíthatjuk őket. Az élő vagy elhalt élőlények szerves anyagainak hasznosítása szerint megkülönböztethetünk biotróf és szaprotróf (szaprofiton/szaprobionta) gombákat.

A gombák nagyobb része *szaprotróf*, azaz elhalt élőlények szerves anyagait hasznosítja. Az obligát (kizárólagos) szaprotróf gombák csak az elhalt szerves anyagokat népesítik be, és sohasem jelennek meg élő szervezeteken. A gombák egész sorát teszik ki azok a fakultatív szaprotróf fajok, amelyek a fejlődésük során az egyik táplálkozási módból a másikba átváltanak, és az élő gazdanövényt is megtámadják.

A *biotróf* (parazita) gombák az élő szervezeteket támadják meg. Közülük a nekrotróf paraziták a megtámadott élőlényt először elpusztítják, majd azután lebontják szerves anyagait. A legtöbb biotróf nagygombafaj sebp parazitának vagy gyengültségi parazitának tekinthető, mivel azokat az egyedeket támadja meg, amelyeken valamilyen károsító hatásra (ágtörés, fagy, sebzés következtében) „kapu nyílik”, s azon keresztül képesek behatolni az élő fába. A nekrotróf fajok fontos adatokat szolgáltatnak az erdők egészségi állapotáról (Igmándy 1991).

A gombák speciális csoportját alkotják a *szimbionta* fajok. Bizonyos csoportjaik különösen hajlamosak szimbiózisra (pl. zuzmókat alkotó fajok). A nagygombák számos faja él szimbiózisban különböző lágyszárú növényekkel és fákkal. A fákkal együtt élő szimbionta gombák általában ektomikorrhizas fajok; hifáik szoros kapcsolatot alakítanak ki a fák gyökereivel. A gombahifák burkot hoznak létre a gyökerek körül, segítik a fák víz- és tápanyagfelvételét, és szerves anyagokat vonnak el a partnerüktől. A fák gyökereinek mikorrhizáltsága általánosan tekinthető. Egy fa gyökerén gyakran több gombafaj hifáit is megtaláljuk, illetve egy gomba több fával is kapcsolatban állhat. Egyes gombafajok csak egy vagy néhány fajjal alkotnak mikorrhizát, míg mások több fajjal képesek kapcsolódni.

6.7.1.3. Életformák szerinti elkülönítés

Mivel a szaprotróf és a biotróf fajok elkülönülése nem átfedésmentes, célszerű a különböző nagygombafajokat a táplálkozás szubsztrátja, a felhasznált szerves anyag forrása szerinti funkciós csoportokba sorolni. Ennek alapján avarbontókat, fán élőket (xilofág) és mikorrhizas fajokot különböztethetünk meg (Michael et al. 1981). Ezeknek az aránya mond legtöbbit az adott erdő anyagforgalmáról. A biotróf, fán élő fajok túlsúlya beteg, legyengült állományokra utal, amelyek már nem tudnak védekezni a paraziták ellen. A mikorrhizas fajok hiánya a fák gyenge növekedését magyarázza. Az avarbontó fajok hiányából vagy túlsúlyából a szervesanyag-produkcióra, illetve a szerves anyag lebontásának erélyére következtethetünk. A három csoport egyensúlya annak a jele, hogy az erdőben a szerves anyag felépítése (mikorrhizas fajok a fákkal együtt) és lebontása (fán élők és avarbontók) is egyensúlyban van (Veerkamp & Kuyper 1993). Az erdő kora módosíthatja a csoportok egymáshoz viszonyított arányát, pl. előregedett faállományokban a lebontók kerülhetnek túlsúlyba (Igmándy 1991).

6.7.1.4. A nagygombákkal jellemezhető anyagforgalom

Táplálkozási mód és szubsztrát szerint a nagygombákat az alábbi csoportokba lehet sorolni.

Avarbontó fajok: mindenhol megtalálhatók, ahol növényi hulladék van (erdő, legelő, rét, gyp). Az évről évre képződő szervesanyag-hulladékot bontják le, és ennek egy része marad meg humuszként. A humusz a bontás köztes termékeivel együtt a talaj felső rétegében gyűlik össze, és a talaj fizikokémiai tulajdonságait javítja. Az avarbontók jellemzője a dús micéliumszövedék a termőtest alján, amely sűrűn átszövi az avart. Jellemző még a „hosszú vegetációs idő”, vagyis az, hogy a gomba kora tavasztól késő őszig több hullámban is képes termőtesteket hozni (illetve egyes fajok a hóréteg alatt is képesek a szerves anyagot

bontani). A szubsztrátspecifitás csekély, kivéve a friss avaron megjelenő fajokat. A bontás megkezdésére külön fajok specializálódtak (pl. a fenoltartalmú fenyőtű bontására).

A lebontandó szerves anyag főleg cellulózból, ligninből, hemicellulózsból és kitinből áll. Az avarbontókon belül Falck (1930) nyomán két csoportot különböztetünk meg:

- *korrodeálók*: a lignint, a cellulózt és a hemicellulózt együttesen bontják (*Marasmius*, *Collybia*, *Xeromphalina*, *Lepiota*, *Clitocybe*, *Lepista*, *Mycena*, *Agaricus*, *Ramaria* nemzetségek fajai). Ez viszonylag gyors folyamat, a bontás hatására ún. fehérkorhadási humusz keletkezik, amely a csapadékkal bemosódik a talaj alsóbb régióiba;
- *destrukciót okozók*: csak a cellulózt bontják, mialatt a lignin változatlanul megmarad. A destrukciót okozó fajoknak – ilyenek pl. a fajgazdag *Agrocybe*, *Calocybe*, *Conocybe*, *Coprinus*, *Galerina*, *Hygrocybe*, *Lyophyllum*, *Psathyrella* nemzetségek fajai – hiányoznak a lignin lebontásához szükséges extracelluláris enzimeik (a fenoloxidázok, különösen a lakkáz). Ennek következtében sötét, ligninben gazdag maradék halmozódik fel a humuszban vagy a tőzegben.

Fán élő (fakorhasztó/farontó/xilofág) fajok: a fán élő makrogombák életlenülag speciális csoportot alkotnak, enzimeik alkalmasak a fa anyagának bontására, amely szénhidrátban gazdag ugyan, de rendkívül nitrogénszegény. A farontó gombák korhasztása ugyancsak kétféle. A fa anyagából csak a cellulózt bontják el a barnakorhasztók, illetve cellulózt és lignint is bontanak a fehérkorhasztók. E kétféle korhasztásban elsősorban a bazídiumos nagygombák vesznek részt. A korhadás harmadik formáját, a lágykorhasztást – amellyel itt részletesen nem foglalkozunk – mikroszkópos gombák okozzák.

- *Féherkorhasztó nemzetségek*: *Armillariella*, *Bjerkandera*, *Fomes*, *Ganoderma*, *Kuehneromyces*, *Lenzites*, *Meripilus*, *Pleurotus*, *Pholiota*, *Stereum*, *Trametes*, *Tyromyces*.

Gyakori fehérkorhasztó fajok és szubsztrátjuk:

<i>Trametes versicolor</i>	lombos fa (ritkán fenyő),
<i>Fomes fomentarius</i>	lombos fa (ritkán fenyő),
<i>Flammulina velutipes</i>	lombos fa,
<i>Ganoderma lucidum</i>	lombos fa (főleg <i>Quercus</i> és <i>Salix</i>),
<i>Kuehneromyces mutabilis</i>	lombos fa tuskóján,
<i>Pleurotus ostreatus</i>	lombos fa,
<i>Xylaria polymorpha</i>	főleg <i>Fagus</i> .

- *Barnakorhasztó nemzetségek*: *Coniophora*, *Daedalea*, *Laetiporus*, *Piptoporus*, *Sparassis*, *Spongiporus*, *Stereum*, *Polyporus*.

Gyakori barnakorhasztók és szubsztrátjuk:

Daedalea quercina

Fomitopsis pinicola

Laetiporus sulphureus

Piptoporus betulinus

Quercus-fajokon, a csert kivéve
(ritkán kőrísen),

lombos- és tűlevelű fán,

Populus-, *Salix*-, *Quercus*-, *Robinia*-
fajokon,

Betula-fajokon.

A farontó taplófajok többségére az jellemző, hogy több évig élnek a korhadó fán, és évről évre tovább növekednek. Termőtestük általában kemény, ellenálló. Termőtestképzésük bizonyos mértékig független az időjárástól, hiszen mind az elhalt, mind az élő fa mindig tartalmaz több-kevesebb nedvességet. Egyes fajok csak meghatározott fafajok nekrotrófjai (pl. *Piptoporus betulinus* csak nyírfán nő); más fajok (pl. *Fomes fomentarius*) több fafajon is megélnek.

Mikorrhízás fajok: a mikorrhízás (szimbionta) gombák alapvetően fontosak az erdei fák ásványianyag- és vízellátásában. Ehhez hozzájárul az ember szempontjából fontos, speciális indikátor szerepük a pH-, a táplálék- és a nedvességviszonyok, a természetközelség és az erdőhasználat-történetiség tekintetében (Kost & Haas 1989) is.

A mikorrhízás fajok képesek az ásványi nitrogén- és foszforvegyületek felvételére. Védelmet nyújtanak a nehézfém-szennyeződések ellen azért, hogy saját testükben akkumulálják azokat, és védik a fát a gyökérpatogén fajoktól. A fákkal együtt élő gombák általában ektomikorrhízát, míg a lágyszárúakkal együtt élők endomikorrhízát képeznek. Általános jellemzőjük, hogy termőtestük megjelenésének az ideje szigorúbban behatárolt, mint az avarbontó vagy a fán élő fajoké, hiszen egy kora nyári és egy őszi terméshullámuk van. Általában melegkedvelők. Termőtestképzésük nagyon függ a csapadék mennyiségétől.

Gyakori mikorrhizaképző családok: *Boletaceae*, *Russulaceae*, *Amanitaceae*, *Cortinariaceae*, *Hygrophoraceae*, *Telephoraceae*. Ezek egyben a legfajgazdagabb taxonok is. Bizonyos nemzetségekben (pl. *Cortinarius*, *Russula*) a fajok elkülönítése nagy nehézséget jelent. Egyes fajok kizárólag valamilyen fafajjal lépnek kapcsolatba (pl. a *Suillus grevillei* csak a vörösfenyővel), mások különbséget tesznek a tű- és lomblevelű fák között, végül vannak fajok is, amelyek mikorrhízát hoznak létre tű- és lomblevelű fákkal egyaránt (pl. *Amanita rubescens*).

6.7.1.5. Anyagforgalmi folyamatok

a különböző erdőtípusokban és erdőfejlődési fázisokban

A gombáknak a lebontó folyamatokban való részvételét erősen befolyásolja a hőmérséklet, a nedvességtartalom, valamint az oxigénellátás

(a rossz szellőzésű talajban a szigorúan aerob anyagcseréjű gombák nem képesek életben maradni).

A trópusi és a szubtrópusi erdőkben a szerves anyag mineralizációja nagyon gyors az állandóan magas hőmérséklet és a nedvesség miatt, ezért merül ki nagyon hamar az esőerdők talaja, ha az erdőt kiirtják, és megszűnik a szervesanyag-utánpótlás. A hideg égővi tajgán éppen ellenkező a helyzet. A hideg és a rövid ideig rendelkezésre álló nedvesség miatt nagyon lassúak a lebontási folyamatok. A talaj felső rétegében és tetején felhalmozódik a le nem bontott szerves anyag, amely bizonyos esetekben a felújulásnak is gátat szab.

A mérsékelt övi erdőkben az évszakok váltakozása szabja meg a gombák életciklusának váltakozását, de a lebontó folyamatok nemcsak a csapadék- és hőviszonyoktól, hanem a rendelkezésre álló szerves anyag típusától (tű- vagy lomblevelűtől) és mennyiségétől (az erdő korától és fejlődési fázisától) is függenek.

Tűlevelű erdőkben a szerves anyag lebontását erősen megnehezíti a tűlevelek fenol- és gyantatartalma, ezért lassú a fenyőavar mineralizációja. Speciális fajok képesek csak a fenyőtű bontására, ezért a fenyőerdőkben alacsony az avarbontó fajok száma, viszont nagy számban találunk mikorrhizás fajokat. Kedvező a mikorrhizás fajok számára a kialakuló savanyú talaj is (Bohus & Babos 1960). A mikorrhizás fajok jelenléte vagy hiánya egyértelműen befolyásolja a fák növekedését és egészségi állapotát (Szántó 1995; Mjestrik 1989). A fán élő fajok számát is korlátozza a speciális, gyantatartalmú szubsztrátum, bár egyes fajok kizárólag tűlevelű fák anyagát bontják (pl. a *Tricholomopsis rutilans* csak lucon és kéttűs fenyőkön fordul elő).

A lomblevelű erdőkben általában az évszakoktól függően változó arányban találjuk a különböző életformákhoz tartozó gombákat. Késő ősztől kora tavaszig (amikor a fák levéltelenek, és csökken az élettevékenységük) nem találunk mikorrhizás fajhoz tartozó termőtestet. Az avarbontók és a fán élők közül sokan alkalmazkodtak a hidegebb periódushoz is. Mivel a gombák többsége melegkedvelő, az alacsonyabb területeken fekvő erdők fajlistája mindig gazdagabb, mint a hegyvidéki erdőké (Jakucs 1996a).

A különböző erdőtársulásokhoz kapcsolódó nagygombákat Bohus & Babos (1960) savanyú talajú lomberdőkben vizsgálta. Eredményeik szerint erdő- vagy talajtípushoz szorosan kötődő (acidofil, szubacidofil, mezofil), illetve társulásközömbös fajok különíthetők el. Megfigyelték, hogy a mikorrhizás fajok némelyike biocónózis-specifikus, azaz csak bizonyos társulásokban jelenik meg, annak ellenére, hogy a gazdanövénye más társulásban is jelen van.

Kevés adat áll rendelkezésre a gombafajoknak az erdőfejlődési fázisokhoz való kapcsolódásáról. Eddigi ismereteink arra utalnak, hogy nyíl-

tabb állományokban a dús aljnövényzet jelenléte hátrányosan befolyásolja a mikorrhizás fajok szaporodását. Az idősebb állományokban, ahol több az elpusztult faanyag, megnő a xilofág gombák aránya. A részletesebb vizsgálatok elsősorban a különböző életformákhoz tartozó gombafajok egymáshoz viszonyított arányát elemzik. A német erdőrezervátumok többségében a három életformacsoporthoz tartozó gombák aránya csaknem egyenlő (Kost & Haas 1989); ez Veerkamp & Kuypers (1992) szerint a rezervátumok nagyfokú természetességét jelzi. Az arányok eltolódása az avarbontók javára a talaj nitrogénnel való el látottságának túlsúlyára utal. Az előregedett faállományokban megnő a patogén és csökken a mikorrhizás fajok aránya. A nitrogénben és humuszban szegény, savanyú talajú erdőkben nagyobb a mikorrhizás fajok aránya.

További kutatásokra van szükség az erdőtípusok, erdőfejlődési fázisok és a nagygombák kapcsolatának feltárásához, bár az eddigi adatok is bizonyítják, hogy a különböző szukcessziós állapotok és fejlődési fázisok közötti váltás a gombaflóra fajösszetételének változását is magával hozza. Különböző korú állományok, valamint a kezelt és háborítatlan erdők összehasonlító vizsgálata hasznos adatokat szolgáltathat az erdők különböző állapotaihoz társuló anyagforgalmi folyamatokról.

6.7.2. A mikológiai vizsgálatok célja és szempontjai

A mikológiai vizsgálatok célja egy terület gombaflórájának és a gombák életmódjának feltárása. Az ökológiai szempontú megközelítés szerint a mikológiai vizsgálatoknak az a célja, hogy tisztázza a gombák szerepét egy terület életközösségének működésében.

A mikológiai vizsgálatok általában munkaigényesebbek és több időt vesznek igénybe, mint a botanikai felmérések. E nehézségeket számos mikoszociológiai munka tárgyalja (Höfler 1937; Favre 1948; Kreisel 1957; Kalamees 1968; Darimont 1973). Ezek közül a lényegesebb okok a következők:

- a gombák micéliuma a talajban és más szubsztrátumokban vagy élő szervezetek belsejében rejtve él, így a terepen közvetlenül nem vizsgálható;
- a gombák egy része nem vagy nem mindig hoz létre makroszkóposan látható termőtesteket (pl. a mikrogombák nem, illetve a bazídiumos gombák évente eltérő mértékben fruktifikálnak);
- a legtöbb faj termőteste gyorsan elpusztul, ezért egy adott időpontban a fajoknak csak egy része található meg;
- a gombák a terepen szétszórtnak és szabálytalanul elterjedtek;
- a nagygombák többsége sokkal nehezebben határozható meg, mint az edényes növények.

Emellett egy terület mikroszkópos életközösségében sokkal több gombafaj micéliumait találjuk meg, mint ahánynak a termőtestei makroszkóposan megjelennek (Jonsson et al. 1999). Ezek a fajok csak akkor hoznak termőtestet, ha az életkörülmények erre alkalmasak. Klimatikus vagy mikroklimatikus változások esetén (pl. szokatlanul esős nyár folyamán) „új” fajok jelenhetnek meg (Babos 1958). Újabb és laboratóriumi háttérrel igénylő módszer a mikorrhizák közvetlen vizsgálata talajmintákból (Jakucs 1996b).

Eme nehézségek miatt egyelőre még a *begyűjthető termőtestek* (sporokarpiumok) használatosak a nagygombák felvételezésére.

A növénytársulások vizsgálatán belül a nagygomba-felvételezéseknek nem szabad csupán egyetlen csoportra korlátozódnia, azaz a nagygombák valamennyi rendszertanilag és ökológiailag fontos csoportjára ki kell terjednie, ezért gyakran szükség van munkacsoportok (különböző területeket képviselő szakértők) együttműködésére (Apinis 1972).

6.7.2.1. Az erdőrezervátumok nagygombaflórájának felmérése

Egy-egy terület, tájegység, ország vagy éppen erdőrezervátum mikológiai felmérése az adott területen található nagygombák számbavételével kezdődik. A fajlisták az alapjai a későbbi, részletezőbb mikológiai feltárásoknak. Nagyobb területek növénytársulásainak áttekintő gombafaj-leltárát készítette el Bon & Géhu (1973) Franciaországban, Heinemann & Darimont (1956) Belgiumban, Kreisel & Dörfelt (1985) Németországban, Arnolds (1988) Hollandiában és Babos (1989), valamint Vasas & Locsmándi (1995) Magyarországon. Erdőrezervátumokban nagygombaflóra-felmérést (inventarizálást) Haas & Kost (1985), Matheis (1985), Krieglsteiner (1982), valamint Magyarországon Takács & Siller (1980) végzett az Őserdőben (Bükk). E vizsgálatok mikoflorisztikai-ökológiai jellegű megközelítése a gombaflórát egy többé-kevésbé kiterjedt, heterogén növényborítású területen vizsgálja úgy, hogy bizonyos élőhelyekhez való kötődésére fordít nagy figyelmet. Az ilyen vizsgálatok csupán a fajok felsorolását tartalmazzák a vizsgált területen elfoglalt helyükre vonatkozó felszínes megjegyzésekkel vagy kvantitatív adatokat szolgáltatnak a gombák élőhely-preferenciájáról. Előnyük, hogy a ritka és kicsi „mikroélőhelyeket” is automatikusan bevonják a vizsgálatokba, és ezzel jobb áttekintést adnak az élőhely-preferenciákról, mint a munkaigényes mikocönológiai vizsgálatok. Az eredmények ugyanakkor szubjektívebbek (pl. a növénytársulások önkényes megkülönböztetése a terepen), nem reprodukálhatók és nem kvantitatívak (Winterhoff 1984).

A fajleltár a mikocönológiai munkák hasznos segítője.

6.7.2.2. Mikocönózisok vizsgálata

A mikológiai felmérés következő lépését a mikocönológiai vizsgálatok jelentik. A mikocönológia a makrogomba-együttesekkel és/vagy -társulásokkal foglalkozik. Módszerei általánosságban hasonlóak a növényeknél alkalmazottakkal, azonban – figyelembe véve a gombák sajátosságait – némileg módosítani kell azokat. A gombák szűnszisztematikai kezelése attól függ, hogyan értékeljük jellegzetes ökológiai és szociológiai ismérveiket, azaz milyen szociológiai rangra emeljük az egyes gombaközösségeket, amelyek különbözőképpen kötődnek az őket befogadó növénytársulásokhoz. Néhány vélemény ezzel kapcsolatban:

- A talajlakó nagygombák egyenrangú komponensei a biocönózisoknak, a speciális szubsztrátumokon élő nagygombák viszont függő vagy mikroasszociációkat alkotnak (Bon & Géhu 1973).
- A talajlakó nagygombák közösségei egyenrangú komponensei a növénytársulásoknak, a speciális szubsztrátumokon élő nagygombák viszont önálló társulásokat hoznak létre, amelyek a növénytársulásokkal egyenrangúak (Pirk & Tüxen 1957; Jahn et al. 1967; Runge 1975, 1978).
- A nagygombák közösségei részben hasonló rangú komponensek a növénytársulásokkal, részben függő társulások, részben pedig független társulások (Wojewoda 1975).
- A talajlakó nagygombák a növénytársulások színúziумai, a különleges szubsztrátumokon élő gombák pedig függő gombatársulásokat alkotnak (Lisiewska 1974).

Ma a legtöbb mikológus egyetért abban, hogy a gombatársulás kifejezést a növénytársulás kifejezés analógiájaként használja, mint egy semleges kifejezést olyan, bármely konkrét gombaközösségre, amely együtt él egy adott egységes térben, függetlenül a méretétől és az élőhely kiaknázása, valamint a szubsztrátum iránti preferencia tekintetében meglévő heterogenitása mértékétől. A mikológusok többsége a konkrét vagy elvont gombatársulásokat a növénycönológiából kölcsönözt, jól ismert nevekkal jelöli, olyképpen, hogy a név elé teszi a gomba- vagy miko- prefixumot. Egy ilyen egység absztrakcióját gombatársulás-típusnak foghatjuk fel. Mivel éles módszertani határvonal létezik a makrogomba- és a mikrogomba-társulások vizsgálata között, hasznos azokat ily módon is megkülönböztetni. Ez az elkülönítés természetesen gyakorlati okokon alapul, teljesen mesterséges, és nincs kapcsolatban ökológiai, térbeli, funkcionális vagy rendszertani kritériumokkal.

A mikocönózis kifejezést egy adott biocönózison és környezetén belüli vagy növények hiányában egy egységes élőhelyen belüli komplett gombaközösségre értjük (Arnolds 1992). E kifejezést újabban csupán a

makrogombák társulásaira használják, amelyeket indokoltabb lenne makrofungocönózisnak, illetve makrofungocönonnak nevezni.

6.7.2.3. A mikocönózisok kvalitatív felmérése

A mikocönózisok kvalitatív felmérése nem más, mint a mintaterületeken (plotokban) előforduló makrogombafajok listájának összeállítása. Ez igen egyszerű eljárás, amely a gyakorlatban sok komplikációt von maga után:

- Sok taxon azonosítása nehéz és speciális irodalom felhasználását követeli meg. A jövőbeli revíziók és új taxonómiai koncepciók miatt a kritikus taxonokra célszerű megőrizni bizonyító példányokat.
- Sok faj megítélése koncepciófüggő (például bizonyos fajok értelmezése szerzőnként eltérő), ezért jelezni kell az igénybe vett szakirodalmat és a nomenklatúra alapját.
- A makrogombák csoportjának körülírása változatos, illetve vitatott. Az eltérő definícióknak következményei lehetnek a különböző makrofungocönózisok jellemzőinek (pl. a fajszámnak) összehasonlításakor. Következésképpen a vizsgált taxoncsoportokat mindig pontosan körül kell írni.
- Némely szerző elhanyagolja a könnyen felismerhető makrogombákat (pl. néhány csiperkét) a kis méretű (pl. kígyógombák), a rejtett életmódjuk (pl. föld alatti gombák) és/vagy taxonómiai problémák (pl. *Galerina* genus) miatt. Ezt a gyakorlatot kerülni kell, s ha szükség van rá, kollektív fajokat kell megkülönböztetni.

6.7.2.4. A mikocönózisok kvantitatív analízise

A makrofungocönózisok kvantitatív analízise magában foglalja minden faj mennyiségének számszerűsítését, amely szükségszerűen a sporokarpiumok előfordulásán alapul. Természetesen bizonytalan, hogy a sporokarpiumok melyik tulajdonsága korrelál legjobban a micélium szubsztrátumban való elterjedtségével vagy aktivitásával, és melyek valójában a legnagyobb ökológiai jelentőségű paraméterek. A legtöbb szerző a sporokarpiumokat használja a kvantitatív analízis egységéül (Bohus & Babos 1960; Arnolds 1981; Jansen 1984). Ez a legtöbb esetben megbízható tulajdonság az aggregálódott vagy összefolyó sporokarpiumú fajok, különösen a reszupinátus *Aphyllophorales* rendbe tartozó fajok kivételével. Más szerzők inkább sporokarpium-csoportokat különböztetnek meg a terepen, amelyeket a micéliumszám jobb reprezentálójának tartanak. Arnolds (1992) kritikai megjegyzéseket tett az utóbbi megközelítéssel szemben, mivel a sporokarpium-csoportok megkülönböztetésének objektivitása és a koncepció alkalmazhatósága kétséges.

A sporokarpiumok mennyiségének kifejezésére használatos paraméterek a következők:

- *Abundancia vagy denzitás.* A sporokarpiumok mintaterületenkénti aktuális számát a denzitás esetében egységnyi felszínre (leggyakrabban 1000 m²-re) vetítve jelenti. Az abundancia számlálással vagy becsléssel állapítható meg. A számlálás, mint azt már az előzőekben láttuk, alapvetően egzaktabb. Az adatok kvantitatív kiértékelésére nyújt lehetőséget, de nagyon munkaigényes (Bohus & Babos 1960; Sadowska 1973; Arnolds 1981). Az abundancia becslését egy skála segítségével végzik, amelyben az intervallumok a nagyobb értékek irányában növekednek. A 24. táblázat a szakirodalomban leggyakrabban alkalmazott skálákat mutatja be.

24. táblázat.

Mikocönózisok felmérése során alkalmazott abundanciaskálák

abundancia skála	Höfler 1937	Pirk 1948	Nespiak 1959	Guminska 1976	Arnolds 1981	Seibt 1991
–	–	db/100 m ²	db/100 m ²	db/1000 m ²	db/1000 m ²	-
+	egy vagy néhány	1	1	1-5	1-3	1 (1)
1	szórványos	2-5	2-5		3-10	2-5 (2)
2	nem számos	6-10	6-50	6-10		
3	meglehetősen sz.	11-20		11-50	10-30	
4	nagyszámú	21-50	51-100		30-100	26-100 (4)
5	nagyon lömeges	> 50	101-500	51-100	100-300	
			> 500	> 500	300-1000	
					1000-3000	
					3000-10000	
					>10000	

- *Tömeg és méret.* Több szerző (Höfler 1937; Bohus & Babos 1960) a sporokarpiumok tömegét tekinti a micéliumaktivitás legrepresentatívabb kifejeződésének, ezért ezt kvantitatív mérőszámként használja. A sporokarpium tömege minden fajnak viszonylag konstans tulajdonsága, ezért a sporokarpium-produktivitás mérése egymagában is hasznos cél (Ohenoja 1978). A produktivitás meghatározható direkt módon, azaz a sporokarpiumok begyűjtésével és friss vagy száraz tömegük mérésével, illetve indirekt módon, azaz megszámlalva őket, és abundanciájukat megszorozva az érett sporokarpiumok reprezentatív mintájának átlagos (friss vagy száraz) tömegével (Arnolds 1981). Bár ez utóbbi esetben a mérés nem annyira pontos, de kevésbé destruktív, a területen elő-

forduló összes termőtest begyűjtése ugyanis káros hatással lehet az élőhelyre, és befolyásolhatja a jövőben képződő termőtestek számát. Használata különösen természetvédelmi területeken ajánlott!

- **Szociabilitás.** A sporokarpiumok csoportokba való rendeződésének mértéke, amely az izolált egyedektől a nagy csoportokig terjed. Értékét rendszerint különböző skálák (Haas 1932; Darimont 1973) segítségével állapítják meg. E paraméter fontosságát azok a szerzők hangsúlyozzák, akik a sporokarpium-csoportok abundanciáját határozzák meg. A szociabilitással való kombinálás a sporokarpium-abundancia durva jelzése. Ha az abundanciát direkt módon határozzák meg, akkor a szociabilitás éppúgy, mint a növények esetében, egy további strukturális jellemző, amely többé-kevésbé konstans minden fajra, és csupán korlátozott diagnosztikai szerepű (Westhoff & Van der Maarel 1973).
- **Frekvencia (gyakoriság).** A teljes vagy részmintaterületeknek azon száma, amelyekben a faj jelen van. Használata érdekes lehet egyes fajoknak a plotokon belüli megoszlásának térbeli demonstrálására (Jansen 1984).

6.7.2.5. A mikocönológiai analízisek gyakorisága és időtartama

A mikológusok egyetértenek abban, hogy a mikocönológiai mintaterületeket többször kell mintavételnek alávetni annak érdekében, hogy a mikoflorisztikai összetételről és a sporokarpiumok abundanciájáról megbízható eredményeket kapjunk. Ennek okai a következőkben kereshetők:

- **A sporokarpiumok rövid élettartama.** A makrogombák többségének termőteste gyakran csak pár napig (pl. *Mycena* spp., *Collybia* spp.) vagy maximum hetekig (*Boletus* spp., *Russula* spp.) él. A kis koprofil *Coprinus*-fajok sporokarpiumai néhány órán át maradnak meg, de sok reszupinátus (terülőgomba) faj (az *Aphylllophorales* rend számos nemzetségében) és több *Gasteromycetes* nemzetség képviselője 1-4 hónapig él. Évelő sporokarpiumok a likacsosgombák körében (*Fomes*, *Ganoderma*, *Phellinus*) ismertek. A micéliumok élettartama sokkal hosszabb és többnyire a rendelkezésre álló szubsztrátum, valamint a kompetitív micéliumok jelenléte által limitált. Ezen tények ismeretében a minél gyakoribb mintavételezésekre kell törekedni.
- **A sporokarpium-képzés periodicitása.** A mérsékelt övben a legtöbb makrogombának jól felismerhető periodicitása van és sporokarpiumait csupán az év bizonyos szakaszában hozza. A periodicitás faji bélyeg, és korlátozott mértékben csupán az időjárási feltételek módosítják. Az északi mérsékelt régiókban a legtöbb faj késő nyá-

ron és/vagy ősszel fruktifikál, míg kisebb hányaduk tavasszal, kora nyáron vagy télen. A növénytársulásokban bizonyos periódusban fruktifikáló fajok kombinációi *gombaaspektusokként* vagy *szezonális aspektusokként* ismertek és karakterfajok által jellemeztek (Höfler 1954).

- *A sporokarpiumok számának évenkénti változása.* Mennyiségi fluktuációról akkor beszélünk, ha a faj minden vizsgált évben jelen van, és csak a termőtestek abundanciája változik. Ezek az abundancia-grafikonok szinkron lefutásuk következtében bizonyos mértékben általános jellegűek és adott növénytársulásra, illetve a legtöbb gombafajra jellemzők. E jelenség vizsgálata az egyes évek „jó” vagy „rossz” gombászév jellemzéséhez vezet. A fluktuációk kvalitatív, ha egy faj termőtestei teljesen hiányoznak egy adott állományból egy vagy több éven keresztül. A kvalitatív fluktuációk az évek folyamán a fajsza-mok változásához vezetnek. Ezeket a fluktuációkat főleg a potenciális fruktifikálási periódus alatti vagy kis idővel azt megelőző időjárási feltételek okozzák, de a mechanizmusok nem teljesen ismertek. Feltételezhető, hogy a hosszabb időtávú meteorológiai feltételek és más tényezők (pl. avarproduktivitás, a fák vitalitása stb.) is befolyásolják (Arnolds 1988). Általában a meleg, nedves időjárás kedvez a gombák gazdag fruktifikációjának, míg a fagy vagy a hosszú szárazság a legtöbb fajra káros.

6.7.2.6. Szukcessziós folyamatok vizsgálata

Az egymást követő mikocönózisok (szukcesszió) értelmezése: a gombák mint heterotróf szervezetek erősen befolyásolják a saját szubsztrátumukat, megváltoztatják azt, azaz lebontják aljzatukat. A nekrotróf gombák megölik saját gazdapartnerüket, és ezzel más gombafajok számára teremtik meg a megtelepedés lehetőségét. Egy viszonylag stabil biocönózisban ez a folyamat kevésbé feltűnő. A folyamatos (pl. a tűzegmohák elhalásával bekövetkező) vagy a periodikus (pl. lombhullással együtt járó) táplálékellátottság hatására a szubsztrátum mindig felújul, és a mikocönózis összességében állandó marad. Más a helyzet, ha a szubsztrátum nem újul fel rendszeresen, mint a fatörzsek, a tuskók, az égésnyomok vagy az állati ürülék esetében. A gombák körében a szukcessziós folyamatoknak több formája létezik:

- *Gombaszukcesszió állati ürüléken.* Feltűnő és rendszerint néhány héten belül lezajló folyamat, amelyet laboratóriumban is kényelmesen nyomon lehet követni. A nedves kamrában tartott ürüléken megjelenő mikrogombákat Larsen (1971) regisztrálta. Pirk & Tüxen (1949) a bazídiumos gombák szukcesszióját a természetben figyelte meg. Ez a vizsgálatsorozat (amely az állati ürülék lebontásának dinamikájáról és az abban részt vevő gombafajokról szol-

gálat adatokat) speciális szakembert, és rövid időn belüli intenzív megfigyelést igényel.

- *Gombaszukcesszió fatörzseken, fatuskókon.* Az elhalt faanyag gombák általi benépesítése három fázisra oszlik. Ezeket Kreisel (1961) iniciális, optimális és zárófázisoknak nevezte el. Jahn (1968), Ricek (1968) és Runge (1982) különböző fafajokon igazolták e fázisok előfordulását. A gombaszukcessziót nagyon befolyásolja a mikroklíma (pl. napos, időszakosan kiszáradó vagy nedves-e a termőhely). Saját megfigyeléseink is igazolták, hogy a különböző elhalt faanyagok (például a még álló vagy kidőlt fatörzsek, illetve tuskók) gombaszukcessziójának lefutása hasonló. E termőhelyek különösen alkalmasak bizonyos különleges igényű, ritka tapló- vagy kalapos gombafajok életfeltételeinek biztosítására (Siller 1986). Ez a vizsgálatsorozat hosszú időtartamú (10-14 év) és rendszeres (negyed- vagy félevenkénti) felmérést, valamint képzett, fajismerő szakembert igényel.
- *Gombaszukcesszió égésnyomokon.* A karbofil gombavegetáció nagymértékben függ az égésnyom korától. Az égést követő hat hét után már megindul a csészegombák frukifikációja. A folyamat kb. 6-200 hétig tart, amelyet jellegzetes gombacsoportok előfordulása oszt szakaszokra. Mivel hosszú időtartamú (kb. 4 év), rendszeres vizsgálatról van szó, ritkán adódik lehetőség elvégzésére.
- *Gombaszukcesszió mikorrhizás gombáknál.* Az erdő korának függvényében változik a mikorrhizát létrehozó gombapartner. Dighton & Mason (1985) két csoportot különít el a mikorrhizás gombáknál. A korai állapot gombái általában a fiatal (0-5 éves) fákkal hoznak létre mikorrhizát. Ilyen fajok a *Laccaria laccata* és a *Hebeloma mesophaeum*. A késői állapot gombái viszont az idősebb fák gyökereivel kapcsolódnak (pl. az *Amanita*, *Russula* és *Cortinarius* nemzetségek fajai).

6.7.2.7. A mikológiai vizsgálatok jelentősége a gombák fajvédelmében

Az erdőrezervátumok mikológiai vizsgálata nem csupán a fajvédelmet szolgálja, hanem egyben a természetes erdőfejlődési folyamatok stúdiuma is. A gazdasági beavatkozás hiánya feltétlenül előnyhöz juttat bizonyos gombafajokat másokkal szemben. Az erdőrezervátumok ezért különösen a veszélyeztetett fajok szempontjából érdemelnek figyelmet (Winterhoff 1989). Az erdőrezervátumokban az eddigi kutatások szerint (Winterhoff 1989) a veszélyeztetett fajok aránya nem túl magas (17-18%), de feltételezik, hogy ez a szám a későbbiekben még növekedni fog. Valószínűleg pontosabb képet kaphatunk majd az erdőrezervátumok kutatása kapcsán bizonyos fajok ritkaságáról, illetve valódi veszélyeztetettségéről is. Nagyon kevés ismeretünk van ezen a téren. A sok-

éves vizsgálati idő során számítani kell arra a lehetőségre is, hogy némely fajról, amelyet ma még nem tartunk veszélyeztetettnak kiderül, hogy éppen kihalással fenyegetett! Segítséget tudunk majd nyújtani a gombák vörös listájának folyamatos finomításához is (Siller & Vasas 1995; Rimóczi 1997).

Tisztázásra váró kérdés, hogy a különösen veszélyeztetett, gombafajokban gazdag, védett erdők milyen védelmi formája az, amely a gombaállományra hatást gyakorol. A vizsgálatok által megismerhetővé válhatnak az erdei gombák erőteljes visszaszorulásának pontos okai, amelyeket ma még csupán gyanítunk (pl. szárazodás, meszesedés, peszticidhatás, irtás, a fapartner károsodása, az álló és a fekvő holt faanyag kiszállítása, a termőtestek gyűjtése, légszennyezés, eutrofizáció stb.). Minthogy az erdőrezervátumokban folyamatosan belső változások (fejlődési állapotok egymásutániséga) mennek végbe, ennek függvényében a gombaflóra is folyamatosan változik. A természetes erdőfejlődési folyamatok hatása a gombaflórára közvetlenül tapasztalhatóvá válik.

6.7.3. A mikológiai vizsgálatok javasolt módszerei

A kutatási szempontok kapcsán már érintett metodikai részletek megvilágították a makrogomba-kutatás különböző szintjeit is. A kitűzött célok és felmerült kérdések közül ki kell választanunk a számunkra legfontosabbakat, illetve meg kell határoznunk az elérendő célokat a lehetőségek és az elvégezhető feladatok figyelembevételével. Minimumprogramnak fogható fel az adott területek makrogombaflórájának inventarizálása. Részletesebb, eseménykövető módszerek a makrogombák ökológiai csoportjainak nyomon követése vagy a gombacönózisok kvalitatív és kvantitatív analízise. Célorientált kutatási feladat a mikroélőhelyek mikológiai vizsgálata (különböző szubsztrátumokon lezajló szukcessziós folyamatok), illetve a nagyobb időléptékek mikológiai összehasonlítása. Az utóbbi esetben pl. egy 10 év utáni visszatérés nagyobb változásokról, trendekről tájékoztatják a kutatót. E különböző kutatási szintek egységben kell legyenek az adott rezervátumokkal szemben támasztott követelményekkel és más kutatási területek e könyvben megfogalmazott tevékenységeivel. E kutatási programok és az ajánlott módszerek összefoglalását a 25. táblázat adja.

6.7.3.1. A nagygombaflóra kutatásának módszertana

Mint azt már előzőleg tárgyaltuk, a gombaflóra feltárásának különböző mélységeit célozhatjuk meg a felmérések során. A 26. táblázat a gombák taxonómiai csoportjainak a mikológiai (florisztikai és cönológiai szempontú) vizsgálatokba való bevonásának gyakoriságát mutatja be.

25. táblázat.

A rezervoáriumkutatásokban ajánlott mikológiai kutatási szintek és módszereik

kutatási szint	kutatási cél	kutatási időtartam	javasolt módszer
minimum-program	fajfelmérés (inventarizálás)	1-3 év	terepbejárás évi 5-6 alkalommal
hosszú távú vizsgálatsorozat	gombacönózisok kvalitatív és kvantitatív analízise	3-5 év	500, illetve 1000 m ² -es mintaterületeken, lehetőség szerint 5 ismélléssel, évi 6-8 felvételezéssel
célorientált kutatás	szukcessziós folyamatok vizsgálata, illetve 10-20 év utáni visszatérési vizsgálatok	a folyamatok jellegéből adódó időtartam (5-10-15 év)	mintaterületek alkalmazása több ismélléssel, évi 6-10 felvételezés

6.7.3.2. A mikocönózisok vizsgálati módszerei

A mikocönózisok vizsgálatának kvalitatív és kvantitatív módszerei (elméleti alapozásuk a 6.5.2.2., 6.5.2.3., 6.5.2.4. pontokban van részletezve) alapvetően a vizsgált mintaterületeken található makrogombafajok feljegyzésén és termőtesteik számának pontos megállapításán, illetve becslésén alapulnak. A makrogombák regisztrálásának elsősorban az erdőrezervátumok magterületére kell koncentrálnia. Természetesen a különböző erdőfejlődési fázisokat is érdemes figyelembe venni, és az adatokat a fázisok szerint, elkülönítve kell kezelni. Az erdőművelés hatásának vizsgálatára alkalmas lehet a teljes magterület és a védőzóna fajösszetételének összehasonlítása. Ha a védőzóna erdőtársulása és talajadottsága egységes, a különböző kitettségű régiók fajösszetételének és abundanciájának összehasonlítása a mikroklímának és a kitettségnek a gombák termőtestképzésére gyakorolt hatásáról adhat felvilágosítást.

Mintaterületek kijelölése, mérete

A legtöbb mikocönológiai munka kisszámú, de nagy felületű mintaterület vizsgálatán alapul, amelyeket főleg a fitocönológiából származó kritériumok (uniformitás, reprezentativitás, minimumareál) alapján választottak ki.

A makrofungocönózisok uniformitását lehetetlenség megállapítani, mivel egy időpontban a jelenlévő fajoknak csak egy része fruktifikál. Az uniformitás csak akkor állapítható meg, ha a vizsgálatot már befejezték, és a termőtestek előfordulását térképezték. Ezen gyakorlati nehézségek figyelembevételével a mikocönológiai mintaterületeket csaknem mindig a fitocönózis (vagy növények hiányában a környezet) uniformitása alapján választják ki.

A mikocönológiai mintaterületeknek meg kell felelniük az analitikai minimumareál (reprezentatív areál) kritériumának. A hagyományos

26. táblázat.

A gombák taxonómiai csoportjainak mikológiai vizsgálatokban való preferálása Arnolds (1992) nyomán.

Jelmagyarázat: ++ mindig figyelembe veszik; + többnyire figyelembe veszik; (•) többé-kevésbé (változóan) vizsgálják; - ritkán vizsgálják; -- nagyon ritkán vizsgálják; o nem veszik figyelembe

TÖRZS: MYXOMYCOTA	(--, p.p. min.)
TÖRZS: EUMYCOTA	
ALTÖRZS: ZYGOMYCOTINA	(--, p.p. min.)
ALTÖRZS: ASCOMYCOTINA	
Osztály Hemiascomycetes	o
Osztály Loculoascomycetes	o
Osztály Plectomycetes	o
Osztály Pyrenomycetes	
Rend Coronophorales	(--)
Rend Sphaeriales	(•)
Osztály Discomycetes	
Rend Pezizales	(+)
Rend Helotiales	(•)
Rend Tuberales	-
Rend Clavicipitales	(•)
Rend Plectascales	(--, p.p. min.)
Rend Lecanorales	(--, p.p. min.)
ALTÖRZS BASIDIOMYCOTINA	
Osztály Hymenomycetes	
Rend Agaricales	++
Rend Russulales	++
Rend Boletales	++
Rend Aphyllophorales	++
"Cantharelloïd gombák"	++
"Hydnoid gombák"	++
"Poroid gombák"	++
"Clavaroid gombák"	+
"Meruloid gombák"	+
"Corticoid gombák"	(•)
"Cyphelloïd gombák"	(-)
Osztály Heterobasidiomycetes	
Rend Auriculariales	(+)
Rend Tremellales	(+)
Rend Dacrymycetales	(•)
Rend Septobasidiales	--
Rend Exobasidiales	--
Rend Tulasnellales	--
Osztály Gasteromycetes	
Rend Lycoperdales	++
Rend Sclerodermatales	++
Rend Phallales	++
Rend Gastrosporiales	-
Rend Gauterales	-
Rend Hysterangiales	-
Rend Hymenogastrales	-
Rend Leucogastrales	-
Rend Melagogastrales	-
Osztály Teliomycetes	
Rend Ustilaginales	--
Rend Uredinales	--

minimumareál-görbék (összefüggés a mintaterület mérete és a fajok száma között) meghatározása a makrofungocönózisokban még nehezebb, mivel a termőtestképzés periodicitása és fluktuációja minden mintaterület-méret több éven keresztül ismételt analizisét követeli. Ugyanakkor hasznos megkülönböztetni egy szükségszerűen önkényes reprezentatív mintaterületet. A rendelkezésre álló kutatási adatok arra utalnak, hogy ez a terület mind erdei, mind füves társulásban jóval nagyobb a makrofungocönózisok esetében, mint a fitocönózisoknál. A gombák esetében ezt a viszonylag nagy minimumareált a gombamicéliumok tetemes mérete (pl. a boszorkánykörök több mint 50 m-t is elérhetnek), bizonyos fajok csoportosuló megjelenése, a nagyszámú szubsztrátumspecialista részére rendelkezésre álló fitocönózisok kis aránya, valamint sok faj ritkasága okozhatja (Winterhoff 1984). Gyakorlati kompromisszumként a mikológusok többsége elfogadja a kb. 1000 m²-es méretet erdőkben és cserjésekben, és a kb. 500 m²-es mintaterületet gyepekben és csarabosokban (Winterhoff 1984). Magyarországon általában az 500 m²-es nagyság is elfogadottnak tekinthető Bohus & Babos (1960) munkái alapján.

A reprezentativitás megítélése a mikocönológiai mintaterületekre a gyakorlatban főként a növénytársulás jellemzőin alapul. A mikocönológiai mintaterületek reprezentativitásának fontos tényezője a mikroélőhelyek variabilitásának összehasonlíthatósága (pl. az erdőkben a faanyag minőségi és mennyiségi változatossága nagymértékben meghatározza a lignikol/xilofág gombák számát). Ezért a makrogombáknak a növénytársulásokban való regisztrálásához, valamint a makrofungocönózisok összeállításához, amelyeknek egyes állományai csak kis töredékét adják a teljes fajszámnak, különösen nagy plotszámra van szükség. Így dolgozott például Lange (1948) fellápon 130 mintaterülettel, Kreisel (1961) 128 *Fagus*-tuskóval, Jahn (1968) 60 *Populus tremula* fatörzsszel, Bohus és Babos társulásonként öt mintaterülettel. A mintaterületek száma lehetőleg tíz vagy több legyen, hogy reprezentálja egy adott mikocönózis variabilitását. Gyakorlati szempontból mikocönózisonként öt mintaterület a minimális igény (Bohus & Babos 1960).

Adatgyűjtés módszere (gyűjtés, leírás, meghatározás)

A megtalált termőtest mintapéldányát pontos adatokkal kell ellátni a helyszínen (termőhely, időpont, a mintaterület száma/jelzése, fajnév vagy ideiglenes spekulatív név, a termőtestek száma/beclése és a szubsztrátum minősége, fotós feljegyzések, egyéb megjegyzések).

Az adatok és a herbáriumi anyag tárolása

Az adatok rögzítése (számítógépre vitele) és a végleges fajmeghatáro-

zás után az elsődleges fajlista elkészítése következik. A kritikus taxonok esetében fontos a begyűjtött, friss példány(ok) részletes leírása és a bizonyító herbáriumi preparátum készítése. A gombák rögzítését sokszor (pl. taplók esetében) egyszerű kiszáritással, kalapos gombák esetében pedig a zöld növényeknél is használatos préseléssel végezzük (előtte a termőtestet vékony lapokra vágjuk és részeire szedjük). A liofilizálás technikája csak megfelelő felszereltség esetén kivitelezhető. A mások által vagy a később is elérhető herbáriumi anyag jelzése – lehetőség szerint – egyértelmű legyen.

6.7.4. Az adatok kiértékelési szempontjai

A felvételezések és a fajmeghatározások első konkrét eredménye az illető erdőrezervátum makrogomba-fajlistája. A taxonómiai felmérést a gombák különböző (elsősorban életmódok szerinti) csoportosítása alapján való kiértékelés követi. További lényeges szempontok:

- a különböző biocönózisok gombafajlistáinak összehasonlítása;
- a gombatársulások szukcessziójának vizsgálata;
- a környezeti tényezők szerepének meghatározása a gombák fruktifikációjában;
- a mikocönológiai adatok felhasználása az erdészeti és a természetvédelmi célok elérése érdekében;
- kölcsönhatások vizsgálata a gombák és a biocönózis tagjai között.

6.7.4.1. Mikocönológiai szintézis

A mikocönológiai szempontokat az előzőekben már tárgyaltuk. A mikocönológiai adatok szintézisekor további lehetőségek adódnak:

- *A sporokarpiumok maximális sűrűségének megállapítása* (mDC_v = max. density of sporocarps during a single visit). Arnolds (1981) szerint a kifejezés a faj potenciális fruktifikációs kapacitásának megközelítését jelenti, míg Barkman (1987) a termőtestek abszolút maximális abundanciájának tartja. Ez az érték minden felvételezésnél kiszámítható, függetlenül a vizitek gyakoriságától vagy években számított időtartamától, és eredményét kevésbé befolyásolják a változók.
- *A termőtestek összes denzitásának vizsgálatát valamennyi év figyelembevételével* (tDC = total density of sporocarps during all years) Smarda (1968) javasolta. Ez a paraméter az olyan mintaterületek összehasonlítására szolgál, amelyeket egy szerző egyetlen módszerrel vizsgált. Ugyanakkor nem alkalmas más módszerekkel való összehasonlításra, mivel az eredmények a kutatás intenzitásától és időtartamától függenek.
- *A termőtestek átlagos évi denzitása* (aDC_y = average annual density

of sporocarps) változó kevésbé függ a kutatás időtartamától, bár a vizitek gyakorisága befolyásolja.

- *A termőtestek vizitenkénti átlagos sűrűsége* (aDVC = average density of sporocarps per visit) elkerüli az előző hátrányokat, de erősen függ a vizitek éven belüli eloszlásától. Nagy különbséget eredményez, ha a felvételezéseket össze koncentrálnak vagy egyenlő intervallumokkal egész évre szétosztjuk.
- *A teljes időbeli frekvencia* (tTFC = total temporal frequency) az összes vizit számát jelenti, amelyeknek során az adott fajt megfigyelték a mikocönológiai analízis során.
- *A sporokarpiumok havonkénti frekvenciája* (TFCm = temporal frequency of sporocarps per month) jobb kifejezése annak az esélynek, hogy egy fajt egész éven át megtalálunk, mivel e paraméter kevésbé függ a kutatás időtartamától.
- *A termőtestek évenkénti frekvenciája* (TFCy = temporal frequency of sporocarps per year) egyszerű kvantitatív mérőszáma a faj éves fluktuációja mértékének. Ezt a kiegészítő paramétert Barkman (1987) és Arnolds (1981) javasolta.

6.7.4.2. A mikocönológiai adatok analízise

Az előző felvetésekből kitűnik, hogy a mikocönózisok analízise speciális problémákat vet fel, amelyeket a fitocönológiai eljárásoktól részben eltérő metodológiai megközelítéssel kell megoldani. Az adatfeldolgozás alapelvei gyakorlatilag megegyeznek a vegetációtudomány ezen területeivel (lásd pl. az ordinációs és klasszifikációs technikákat). Fel tűnő ugyanakkor, hogy a számítógépes adatfeldolgozást és a többváltozós módszereket ritkán használják a mikocönológiában. Ennek egyik oka – egyebek mellett – a mintaterületek kis száma lehet, amelyeket a mikocönológiában használnak. A modern numerikus technikák alkalmazására példákat Senn-Irlet (1987) és Villeneuve et al. (1989) munkáiban találhatunk.

6.7.4.3. A gombák bioindikációs tulajdonságainak felhasználása

A makroszkópos gombák termőtesteinek megjelenése mindig speciális feltételekhez kötött, ezért a fajok többsége kiváló bioindikátor.

Számos faj kötődik speciális talajtulajdonságokhoz, jelezvén a talaj pH-ját, nedvességét és szervesanyag-tartalmát (nitrofrekvens fajok). Más gombák kizárólag zavartalan, természetes környezetben élnek (nedűgombák) vagy akkumulálják a környezetükben előforduló elemeket (főként bizonyos csiperkefajok). Ez utóbbiak laboratóriumi vizsgálata információt szolgáltathat egy térség szennyezettségéről (Vetter et al. 1996; Kovács et al. 1998).

Az egy területen előforduló nagygombafajok számából, a különböző

életforma-csoportokhoz tartozó fajok arányából, valamint a speciális életkörülmények között élő makrogombák hiányából és jelenlétéből következtetéseket lehet levonni az adott élőhely minőségére vonatkozóan (Siller & Maglóczy 2000).

6.7.4.4. *Interdiszciplináris összevetések*

Az erdőrezervátum-kutatás multidiszciplináris voltából következik, hogy bizonyos kérdéseket több szakterület képviselői együttesen lesznek képesek megválaszolni. A mikológiai kutatások eredményeit az erdőszerkezeti, talajtani, mikroklíma-kutatási, növénycönológiai, erdészeti stb. vizsgálatok adataival összevetve megismerhetjük, milyen anyagforgalmi átalakulások zajlanak az erdő fejlődési fázisaiban, és milyen kapcsolatban vannak egymással az élőhelyek különböző, adott időben és adott helyen együtt létező, egymást átfedő társulásai.

6.8. Zoológiai vizsgálatok

(TRASER GYÖRGY)

6.8.1. *Az állattani vizsgálatok sajátosságai*

Egy terület biológiai értékét az ott élő fajok diverzitása és háborítatlansága adja. A zoológusok számára a fajlisták összeállítása és kiértékelése fokozottan nehéz. Ennek az az oka, hogy az állatok többsége – szemben a növényekkel – aktív helyváltoztatásra képes. Emiatt sok faj mozgékonyasága révén ott is előfordul, ahol „normális” életciklusa szerint nem kellene „időznie”. Az állatok a szabad természetben bizonyos törvényszerűséget követve „társulásokat”, zoocönózisokat alkotnak.

Az erdőt vizsgálva számos cönórist – ismétlődő fajösszetételű állatközösséget – találunk. Egy nyári vihar után kidöntött fákön maradványai hamarosan megtelepednek a fadarazsak, cincérek, díszbogarak és szújak, hogy lerakják tojásaikat a fatestbe vagy a kéregre. A kikelő lárvák járataiban a fellazult fakéreg alatt atkák, ugróvillások és légy-lárvák követik az „első telepeseket”. Táplálékukat részint a rágcsalékok, a lárvák ürülékei, részint az ugyanitt megtelepedő mikroorganizmusok és gombaspórák adják. A folyamat szempontjából csaknem mindegy, hogy a vihártörés egy tölgyet vagy egy fenyőt érintett-e, hiszen a fatestet fogyasztó szervezetek megtelepedése meglehetősen hasonló módon játszódik le. A hasonlóság nem szigorúan taxonómiai jellegű – bár a fajok többsége ugyanabba a családba tartozik, így rendszertanilag is közel állnak egymáshoz –, hanem funkcionális, vagyis a táplálékforrás kihasználásának formája messzemenően megegyező a tölgyön és a fenyőn megtelepedő rovarokról.

Mivel a különböző fajokhoz tartozó egyedek ismétlődő előfordulása