

Opponensi vélemény

Geml József

„From phylogeography to landscape ecology of fungi: patterns in fungal diversity and distribution at various spatial scales and their relationships with environmental factors”

című MTA Doktori értekezéséről

A gombák fajgazdagságukat és az ökoszisztémákban betöltött szerepüket tekintve is fontos élőlénycsoport, amelyről a jelentőségéhez képest keveset tudunk. Ennek oka elsősorban a megfigyelés és a határozás nehézsége, Hagyományosan termőtestek alapján történt a gombaközösség leírása, ez azonban torzított képet ad, mert a termőtestképzés gyakorisága a fajok között nagyon erősen változó. A DNS alapú módszerek alkalmazása megoldást jelent ezekre a problémákra, ahogyan azt Geml József értekezése is kiválóan illusztrálja.

A jelölt a bevezetést követően a 4 nagyobb fejezetben foglalja össze a szinte szó szerint a világ minden táján – az Arktikus régióban, trópusi hegységekben és hazai erdőkben – végzett kutatásainak eredményeit. Az eltérő vizsgálati helyszínek ellenére a vizsgálatokat összeköti közös kérdés (mi határozza meg a vizsgált léptékben a gombaközösség összetételét?), és a közös módszertan (talajból kivont környezeti DNS szekvenálásával mintázza meg a gombaközösséget, majd az adatokat a közösségi ökológiában szokásos módszerekkel elemzi). A fejezetek mindegyike több megjelent tanulmány eredményeit összegezi: a második fejezet 11, a harmadik fejezet 10, a negyedik 7, az ötödik két tanulmány alapján készült. Dicséretet érdemel a pályázó, amiért cikkeit nem csak logikus sorrendben összefűzte, hanem a főbb eredményeket szintetizálta, elkerülve a felesleges ismétléseket. Az értekezés nyelvezete érthető, gépelési hibát szövegben alig találtam. A szöveg megértését ábrák, térképek és a szerző saját fotói segítik. Megértem, hogy a szövegek közti elhelyezés limitálta az ábrák méretét, de sajnos sok esetben a kisméretű ábrák apró betűs feliratait nagyon nehezen olvashatóak.

Az egyes fejezeteken belül a szerző a szokásos szerkezetet követi: Bevezetés, Anyag és módszer, Eredmények, Diskusszió. A bevezető részek a téma szakirodalmában nem jártas olvasó (mint például a bíráló) számára is jól összefoglalják a vizsgálatok jelentőségének megértéséhez szükséges ismereteket. A vizsgálati terület és a módszerek leírása kellően részletes, az eredmények világosak. A diskusszió részeket helyenként kicsit szűkszavúnak érzem, szerintem itt nyugodtan írhatott volna a kapott eredmények lehetséges okairól többet a Jelölt; nem baj, ha ezek csak feltevések, amiket a vizsgálatait nem igazoltak (de nem is mondanak ellent nekik). Például a 48. oldalon a klímaváltozás kísérlet eredményeinek bemutatása után, érdemes lett volna betenni egy áttekintő ábrát a lehetséges közvetlen és közvetett hatásokról.

Mivel sem a gombaökológiában, sem a DNS alapú módszerekben nem vagyok jártas, kritikai megjegyzéseim az értekezés közösségi ökológiai részére fókuszálnak, remélve, hogy bírálótársaim majd a többi terület esetleges hiányosságait is felfedik.

A szövegben a Jelölt több helyen említi a környezeti szűrők, és a véletlen folyamatok fontosságát, az második fejezetben pedig a hosszú-távú terjedés problémáival és a lokális fajkészlet (species pool) kialakulásával foglalkozik. Azt hihetnénk, hogy Vellend kiváló könyve (The Theory of Ecological Communities) inspirálta ezeket a gondolatokat, de ezt a művet nem idézi.

Az egyváltozós elemzésekben rendszeresen normális eloszlást és azonos varianciákat feltételező módszereket használ (pl. ANOVA, Tukey HSD, legkisebb négyzetek regresszió), anélkül, hogy a feltételek teljesülését ellenőrizné. (Erre a reziduálisokból rajzolt diagnosztikus ábrák volnának a legalkalmasabbak.) Az ábrák alapján erős a gyanúm, hogy nem mindenütt teljesültek a feltételek, az eloszlások helyenként ferdek, a szórások eltérőnek tűnnek.

A kategóriákat minden párosításban összehasonlító Tukey HSD teszt sok kategória (például az utolsó részben 8 erdőtípus) esetén nem a leghatékonyabb megoldás: egyrészt a sok összehasonlítás miatt erősen korrigálni kell a p-értékeket, ami lecsökkenti a próba erejét, másrészt a kapott páronkénti szignifikáns különbségek nem mindig alkotnak egyszerűen interpretálható rendszert. Érdekes lett volna szűkíteni az értelmes/érdekes összehasonlítások körét, és ennek megfelelően másik post hoc tesztet választani.

A sokváltozós elemzésekben a Hellinger-transzformált abundancia adatokra alkalmazza a Bray-Curtis távolságot. Számomra ez a kombináció meglepő. Mind a Hellinger-transzformáció, mind Bray-Curtis távolság ugyanarra a problémára kidolgozott megoldások: az Euklideszi-távolság túl nagy súllyal veszi figyelembe a domináns fajokat. Szerintem külön-külön bármelyik alkalmazása jó megoldás lett volna, feleleges kombinálni őket. Noha a szakirodalomban ez sehol nem szerepel, véleményem szerint a Bray-Curtis távolságot csak transzformálatlan abundanciákra kellene használni, mert a számolásakor az összegzett abundanciákkal oszt, aminek csak nyers adatoknál van értelme.

A nem-metrikus ordinációt általában helyesen interpretálja, de esetenként megjelenik a környezeti változók és az NMDS tengelyek közötti korreláció. Ez egy műtermék, mert a tengelyek iránya ebben az ordinációban önkényes, csak a pontok konfigurációja számít.

A 4. fejezetben – helyesen – kevert modellt illeszt, ahol a régió a random faktor. A leírásból azonban nem derül ki, hogy random-intercept, vagy random intercept and slope modellről van-e szó.

Az 5. fejezet második vizsgálatában 11 erdőtípust mintázz meg összesen 62 helyen, azaz típusonként 5-6 ismétléssel. Nem lett volna érdekesebb kevesebb típussal, de több ismétléssel dolgozni? Az, hogy a hazai vizsgálatban az arbuszkuláris mikorrhizáknak csak egyetlen OTU-ja szerepel a szűrt adatbázisban szokványos vagy meglepő eredmény? Erről egy mondatot érdemes lett volna a kijelentés után beszúrni. A bírálóban felmerül az ötlet, hogy a wood decomposer csoport fajgazdagságát magyarázhatja-e a holtfa mennyisége?

Apró megjegyzéseim:

5. oldal: „In the studies featured in Chapter ” – Melyik fejezetre gondol?

9. oldal: „environmentl”, helyesen „environmental”

9. oldal: „divided into three topics” írja, majd 4 témakört sorol fel

13. oldal: a herbáriumok rövidítésének feloldását nem találtam meg

19. oldal: „sequences from oil”, helyesen „soil”

3.4. ábra: az ábraalírásból nekem nem világos, hogy mit jelentenek az ábrán a százalékos értékek.

77. oldal: A harmadik hipotézis lehetne konkrétabb: pontosan milyen különbségeket várunk a gombacsoportok között?

5.1. táblázat: Érdekes lett volna a „Habitat characteristics” oszlopot több oszlopra szétbontani, pl. lejtőszög, kitettség, talajmélység, mert így jobban látszódna, hogy miben különböznek egymástól az élőhelyek.

90. oldal: A /hygrophorus kétszer szerepel, két különböző ASV számmal

Összességében a dolgozat a Jelölt eddigi nagyon színvonalas munkásságának szép összefoglalása. Az 5. fejezetben szereplő hazai vizsgálatok remélhetőleg a jövőben folytatódnak és elvezetnek a magyarországi erdők talajlakó gombaközösségek összetételét alakító hatások még mélyebb megértéséhez.

A művet nyilvános védésre alkalmasnak tartom, és a sikeres védés esetén az MTA Doktora cím odaítélését támogatom.

Sem a tézisekben, sem a dolgozatban nem szerepelnek pontokba szedve a Jelölt szerinte legfontosabb tudományos eredményei. Ezért saját véleményem alapján a legfontosabb eredményeknek a következőket tartom:

1. Kimutatták, hogy az *Ammanita muscaria* morfológiailag nagyon hasonló eurázsiai és észak-amerikai példányai filogenetikai szempontból különböző fajokhoz tartoznak, sőt a fajkomplexumban további filogenetikai fajok is léteznek, amelyek elterjedése az észak-amerikai kontinensen belül különböző biogeográfiai régiókra korlátozódik.
2. Feltárták fel az alaskai *Lactarius* és *Russula* fajok filogenetikai elhelyezkedését a két nemzetség törzsfajlódási fáján. Megállapították, hogy a mindkét nemzetség esetén a fő filogenetikai kládok képviselői megtalálhatók Alaszkában, ami eltér az *Agaricus* nemzetségben látott rokonsági viszonyoktól, ahol a nagyobb kládoknak csak egy kis hányada van jelen a boreális és sarki régióban.
3. A hosszú távú génáramlás mértéke nagymértékben eltér a boreális-mérsékelt és sarkvidéki-alpesi fajok között. Az előbbieknél nincs a kontinensek között génáramlás, ezzel szemben a sarkvidéki-alpesi gombafajok esetében mérsékelt vagy magas génáramlást találtak az észak-amerikai és az eurázsiai populációk között.
4. Megállapították, hogy a földrajzi elszigeteltség és a sarkvidéki éghajlat ellenére a Spitzbergák ECM gombaközösségei meglepően változatosak. Mivel a Pleisztocénben a sziget teljesen el volt jegesedve, ez csak a tengeren átívelő, hosszú-távú terjedéssel (long distance dispersal) magyarázható.
5. Feltárták fel a sarkvidéki gombák felmelegedésre és a téli csapadék növekedésére adott lehetséges válaszreakcióit
6. Kimutatták, hogy a talajgombák teljes fajgazdagsága nem változik lényegesen a tengerszint feletti magassággal a vizsgált trópusi régiókban
7. Kimutatta, hogy, a hazai erdők talajában a gombaközösségek összetételét a lejtők égtáji kitettsége és az abiotikus tényezők ehhez kapcsolódó eltérései határozzák meg.

Kérdéseim a jelölthöz:

1. A trópusi hegységek vizsgálatakor miért maradt ki Afrika?
2. A *Lactarius* és *Russula* nemzetségek legtöbb leszármazási vonalát megtalálták Alaszkában, míg az *Agaricus* nemzetségből sok leszármazási vonal hiányzott. Mi lehet ennek az oka?
3. Ha jól értelmezem, akkor az 5. fejezet bevezetésében azt feltételezi, hogy a növényzet alapján elkülönített típusok talajának gombaközössége az abiotikus változók (pH, tápanyag)

miatt különböző. Azaz a növényzet és a gombaközösség ugyanarra a háttérminőázatra reagál, de köztük nincs ok-okozati összefűggés. Milyen bizonyítékok vannak erre?

Vác, 2025. 08. 04.

Botta-Dukát Zoltán
az MTA Doktora