

Válasz

Prof. Dr. Kovács M. Gábor opponensi véleményére

Köszönöm Dr. Kovács M. Gábor professzor úrnak, hogy időt szakított MTA doktori disszertációm kritikus átnézésére és opponensi véleményének megírására. Köszönöm továbbá, hogy elismerően nyilatkozott a hazai mikrobiológiai, talajbiológiai tevékenységemről, és azt, hogy dolgozatomat a MTA Doktori fokozat elnyeréséhez nyilvános vitára alkalmasnak tartja.

A dolgozatra vonatkozó tartalmi kritikai észrevételekkel egyetérttek. A módszerek leírása sokszor túl részletes, de ez annak tudható be, hogy ezek vagy kevésbé ismertek, vagy módosításokat tartalmaznak az eredeti módszerleírásokhoz képest. Ugyanakkor bizonyos módszerek ismertetése kimaradt vagy eléggé elnagyolt. Egyetérttek azzal is, hogy jó lett volna a tanulmány egészét összefoglaló fejezetet írni.

A következőkben szeretnék válaszolni az észrevételekre és felmerült kérdésekre.

Az első résszel (Homoki gyepek restaurációja) kapcsolatos kérdések:

- 1. A Jelölt a szabadföldi kísérleteknél szezonális és évjáráthatást is detektált, ennek tükrében mi a véleménye, mennyire befolyásolhatja a laboratóriumi kísérleteket, hogy melyik évben, mikor történt, történik a mintavétel?*

A szabadföldi kísérletben évjáráti és szezonális hatásokat is detektáltunk. Az évjáráti hatást feltehetően az adott évben hullott csapadék és hőmérsékletösszeg és ezeknek a növényzetre gyakorolt hatása alakíthatta. A szezonális hatás megítélésében figyelembe kell venni, hogy csak a tavasztól ősziig terjedő (kb. április közepétől október közepéig) időszakot vizsgáltuk, sajnos a téli időszak kimaradt. A mikrobiális aktivitást és biomaszt alapvetően a talajnedvesség, hőmérséklet, a növényzet növekedése és a hozzáférhető szénforrások mennyisége határozza meg. A szénforrások mennyiségét az általunk kijuttatott szerves anyagok, az elhalt növényi részek és a növényzet által a gyökérzeten keresztül kiválasztott anyagok határozzák meg. A talajmintavételt közvetlenül megelőző időszak talajnedvesség és hőmérséklet viszonyai és szerves anyagok hozzáférhető mennyisége alapvetően meghatározza a mintából mért, meghatározott talajbiológiai jellemzőket. A mi hőmérsékleti zónánkban tavasszal az emelkedő hőmérséklet és a fejlődő növényzetnek a növekvő gyökéraktivitása plusz a felszínre kiszórt szerves anyagok megnövelik a talaj mikrobiális biomaszját és aktivitását, feltéve, hogy elegendő talajnedvesség áll rendelkezésre. A nyári időszakban is nagy lehet a mikrobiális aktivitás, ha a talajnedvesség ezt lehetővé teszi. A fülöpházi homokterületen a talajnedvesség gyors fluktuációja következtében a mikrobiális aktivitás és biomsza rapszódikusan változhat nyáron. Ősszel egyrészt az év során kijuttatott szerves anyagok főleg a faforgács/fűrészpor felhalmozódása miatt másrészt az elhalt növényi részek akkumulációja miatt jelentősen megnőhet a mikrobiális aktivitás és biomsza. Télen elsősorban a hőmérséklet csökkenése miatt a mikrobiális növekedés és aktivitás is lecsökken. Mivel a talaj legfelső rétege van leginkább kitéve a hőmérséklet és talajnedvesség ingadozásának, ezért a mikrobiális aktivitás és biomsza változása is itt mutatja a legnagyobb eltéréseket mind a szezonális mind az évjáráti hatások szerint.

2. *Mi a véleménye, habár a mikrobiális biomaszában már egy év alatt eltűnik a kontroll és a kísérleti területek különbsége (31. oldal), milyen mértékben és hogyan érintheti ez a mikrobiális közösség összetételét?*

A kérdés megválaszolásához hiányoznak az általunk végzett megbízható kísérletek, de úgy tűnik, a foszfolipid zsírsavak analízise alapján, hogy a mikrobiális közösség struktúrájában még egy évvel a rendszeres szerves anyagok kijuttatásának a felfüggesztése után is vannak különbségek a kezelt és kontroll területek között. Ez valószínűleg annak tudható be, hogy az éveken keresztül kijuttatott faforgács/fűrészpor még nem bomlott le, és talán ennek a hatása még mindig érvényesült.

3. *Miért feltételezték, hogy a nem arbuszkuláris mikorrhizaképző gombák kizárólag szaprotrófok?*

Sajnos ez egy pontatlan megfogalmazás volt.

A gombáknak alapvetően a következő ökológiai-élettani (funkcionális) csoportjai ismertek: 1. Szaprotróf (lebontó) gombák, amelyek az elpusztult élőlények (pl. növényi maradványok) lebontásában vesznek részt. 2. Parazita gombák, amelyek élő szervezetekből (növényekből, állatokból) vonnak ki tápanyagot, gyakran betegséget okozva. 3. Szimbionta gombák, amelyek kölcsönös előnyökön alapuló kapcsolatot alakítanak ki más élőlényekkel. Ezen belül vannak ektomikorrhiza gombák, arbuszkuláris mikorrhiza gombák (Glomeromycota törzs), egyéb mikorrhiza gombák, zuzmók gombái, amelyek algákkal vagy cianobaktériumokkal élnek együtt. 4. Endofita gombák, amelyek a növények szöveteiben élnek anélkül, hogy betegséget okoznának.

4. *A fülöpházi területen nagyon sok növényasszociált gomba(csoport) él, köztük sokak jelentős szénhidrátbontó képességgel rendelkeznek. Ezek mennyire játszhatnak szerepet a gombaközösségek aktivitásában?*

A kérdést nem vizsgáltuk, de feltételezésem szerint jelentős szerepet játszanak a gombaközösség aktivitásában a növényasszociált gombák, mivel a növényekhez történő szorosabb kötődés a tápanyagok és víz jobb hozzáférését biztosíthatják, különösen, ha figyelembe vesszük, hogy ezen a területen a növényi borítás jellemzően alacsony. Az endofita gombák jelentős része rendelkezik szénhidrátbontó képességgel, mivel számos fajuk termel extracelluláris enzimeket, például cellulázokat, hemicellulázokat és pektinázokat, amelyek lehetővé teszik számukra a növényi sejtfal komponenseinek lebontását. Az endofita gombák egy része obligát biotróf, mások fakultatív szimbionták, vagyis képesek szabadon élni a talajban, különösen, ha ott elegendő szerves anyag (pl. elhalt növényi maradvány) található.

A nehézfémzennyezéssel kapcsolatos kérdések:

5. *Mi lehet az oka, hogy egy kilencszeres kísérleti nehézfémterelés a nikkel és a réz esetén „csupán” 3-5-szörös elemtartalom növekedést eredményezett?*

A nagyhőrcsöki nehézfémterheléses kísérletben összesen 13 toxikus elem 4 eltérő dózist vizsgáltak. Ebből mi – korlátozott kapacitás miatt – csak a kadmium, nikkel és réz elemekkel (szulfát formában kijuttatva) a 90 és 810 kg ha⁻¹ kezelt parcellákat és a kontroll parcellákat

vizsgáltuk. A nehézfémterhelés általi talajban mért elemtartalom növekedés abból adódott, hogy a talajban eleve meglévő fémkoncentrációk az egyes elemekre vonatkozóan különbözőek voltak, és ezekhez képest az azonos dózisokban kiadott kadmium, nikkel és réz eltérő mértékű koncentráció növekedést eredményezett.

Másrészt a kijuttatott dózisok kg/ha mértékegységben vannak megadva, míg a talajanalízis eredményei mg/kg egységben. A talaj felső 20 cm rétegére számítva az egyszer kijuttatott 0, 90, 810 kg/ha adagok, 0, 30 és 270 mg/kg koncentrációemelkedéshez vezethettek elméletileg (Kádár, 2012).

6. Valóban, önmagában ezek az aktivitásmérések indikátorai lehetnének nehézfém-szennyezéseknek, vagy csupán kiegészítő méréseit adhatnák igazoltan szennyezett területeknek?

Önmagában az általunk is alkalmazott aktivitásmérések nem elegendőek ahhoz, hogy a nehézfém-szennyezést indikálják, bár korábban voltak törekvések arra nézve, hogy ezek és más vizsgálatok esetleg, mint a szennyezés korai figyelmeztető jeleként szerepelhetnének. Az utóbbi évtizedekben olyan műszeres analitikai mérési módszereket fejlesztettek ki, amelyekkel gyorsan és megbízhatóan ki lehet mutatni a talajban felhalmozódott nehézfémeket, és ezek az eszközök már sok helyen rendelkezésre állnak. Ezért a vizsgálatok célja inkább az, hogy a talajban mért nehézfém koncentrációk okoznak-e valamilyen változást, például mikrobiális biomassza vagy aktivitás csökkenést, különösen azért, mert a különböző szennyező elemek biológiai hozzáférhetősége talajtól és a szennyező vegyületek típusától függően nagyon eltérő lehet.

7. A vizsgálatokban különbséget találtak a kukorica és fűzek területei között – ez a két növény sok szempontból teljesen más, gyökérasszociált gombáik tekintetében is. Mennyire befolyásolhatta ez az eredményeket?

A gyöngyösoroszi mintaterületen lévő igazoltan szennyezett patakmenti területen beállított fitoremediációs kísérletben különbségek adódtak a kukorica és a fűz területei között. A növények növekedését, a hajtás fejlődését a nehézfém szennyezés erősen korlátozta. A nem szennyezett talajhoz képest a szennyezett talajban a hajtás biomassza a kukoricánál 38%-kal, a fűznél 72%-kal volt kevesebb. Annak ellenére, hogy a talaj nehézfém szennyezettsége nem különbözött a kukorica és a fűz talaja között, a fűz hajtásában az összes nehézfém nagyobb mértékben akkumulálódott, mint a kukorica hajtásában, mivel a két növény fémakkumulációs képessége különböző. Folytak vizsgálatok a növények gyökérzetében található arbuszkuláris mikorrhiza gombákkal kapcsolatban is. A kukorica gyökérzetét sűrűn kolonizálták ezek a gombák, míg a fűz növény gyökereiből jelenlétük nem volt kimutatható. A szennyezett talajból vett kukorica gyökérminták arbuszkulum gazdagsága 10-szer nagyobb volt, mint a nem szennyezett talajból származóé, és az AMF infekció intenzitása is 5-ször nagyobb volt a szennyezett talajból származó kukorica gyökerekben, mint a nem szennyezett talajból származókban (Máthé-Gáspár et al. 2009). Ezek a gombák saját sejtjeikben akkumulálhatják a nehézfémeket, ezáltal bizonyos mértékig védik a gazdanövényt a toxikus elemekkel szemben. A talaj felvehető foszfor tartalma kisebb, a foszfatáz enzimaktivitása viszont nagyobb volt a szennyezett talajban.

A szikes fejezettel kapcsolatos kérdések:

8. *Az egységesre állított pH (71. oldal) mennyire lehetett hatással a vizsgálatokra?*

A mikrorespirációs vizsgálatok során nem a talaj, hanem a talajhoz hozzáadott szubsztrát oldatok pH-ját állítottuk egységesre, ezzel az volt a cél, hogy az eltérő pH-jú szubsztrát oldatoknak a kémhatás különbségekből eredő hatását kiküszöböljük, különösen a szerves savak, pl. citromsav, almasav illetve egyes aminosav oldatok pH-ja volt nagyon eltérő. Ha nem állítottuk volna az egyes szubsztrát oldatok pH-ját azonosra, akkor az szignifikánsan befolyásolta volna a kapott eredményeket.

9. *Minek tulajdonítható a kiemelkedően magas szórás, különösen egyes alacsony respirációs értékeknél? Lehet a jelenség mögött mérés technikai műtermék?*

Az alacsony respirációs értékeknél gyakran nagy szokott lenni a szórás, mert ilyenkor maga az alaprespiráció értéke megközelíti vagy akár meg is haladhatja a szubsztrát hatásából adódó respiráció mértékét. A talajminta heterogenitása is hozzájárulhat a nagymértékű szóráshoz. Mérés technikai műtermék is lehet a magas szórás, de az előfordul a magas respirációs aktivitású mintáknál is, és a kiugró adatokat általában kihagyjuk az elemzésből.

Végül újra megköszönöm opponensem alapos bírálatát, munkám elismerését, a hibákra és hiányosságokra vonatkozó megjegyzéseit, és kérdéseit.

Hivatkozások

Kádár, I. (2012). A főbb szennyező mikroelemek környezeti hatása. MTA ATK TAKI, Budapest.

Mathe-Gaspar, G, Sipter, E, Szili-Kovacs, T, Takacs, T, Mathe, P. Anton, A. (2009) Environmental Impact of Soil Pollution with Toxic Elements from the Lead And Zinc Mine at Gyöngyösorosi. (Hungary). Communications in Soil Science and Plant Analysis, 40: 294–302.

Budapest, 2025. október 27.

Szili-Kovács Tibor