

Eötvös Loránd Tudományegyetem, Természettudományi Kar  
Környezettudományi Doktori Iskola, Környezetbiológia Program

Bereczki Katalin

Tölgy (*Quercus*) és akác (*Robinia*) erdőállományok rizoszférájának metagenom alapú összehasonlító elemzése, az eredmények összevetése mezőgazdasági tartamkísérletek rizoszféra metagenom adataival

Doktori értekezés tézisei

DOI: 10.15474/ELTE.2024.173



Témavezetők:

Dr. Márialigeti Károly  
professor emeritus

Dr. Illés Gábor  
tudományos főmunkatárs,  
osztályvezető

2024

## **Bevezetés**

Az ember tudatos erdőhasználata, így az erdőtelepítés és a fakitermelés egyaránt a legintenzívebb tájalakító tevékenységek közé tartoznak. E beavatkozások, amellet, hogy jelentősen befolyásolják az adott terület növényi és állati biodiverzitását (Buscardo és mtsai., 2008; Lencinas és mtsai., 2014), a talaj fizikai és kémiai tulajdonságaira is jelentős hatást gyakorolnak (Roy és mtsai., 2021; Segura és mtsai., 2021), de a talaj mikrobaközösségének összetételében és működésében is képesek mérvadó változásokat okozni (Smenderovac és mtsai., 2017). Lévén, hogy az egyes vegetációtípusok, eltérő összetételük, szerkezetük okán gyakran mutatnak talajmikrobaközösség összetételbeli és aktivitásbeli eltéréseket (McCulley és mtsai., 2004; Wu és mtsai., 2018), az erőteljes emberi beavatkozások mellett a természetes szukcessziós folyamatok, illetve a természetes vagy mesterséges úton bekövetkező fajösszetételbeli változások is befolyásolják a talajbaktériumközösség összetételét és aktivitását. Ez a különböző fafajösszetételű erdőállományokra is igaz, és a kapcsolat mind közvetett (pl. avarösszetétel), mind közvetlen hatások mentén (pl. gyökérexudátum termelés) is érvényesül (Dukunde és mtsai., 2019). Jelen kutatásunk az erdő és a talajmikrobiota közötti kapcsolatra vonatkozó tudományos ismeretek bővítését célozta.

## **Célkitűzések**

Talajmikrobiota összetétel és aktivitás vizsgálatainkhoz három telepített erdőállományt választottunk: egy felújítási fázisban lévő elegyes kocsányos tölgyest (ET1), egy elegyetlen akác állomány (EA1), valamint

egy véghasználat előtt álló idős, elegyes kocsányos tölgyest (ET2). Vizsgálati eredményeinket szabadföldi intenzív mezőgazdasági tartamkísérletek bolygatott, valamint egy természetközeli állapotú gyeptalaj bolygatatlan talajmintáin végzett metagenomikai és mikrorespirációs vizsgálatok eredményeivel is összevetettük.

Kutatásunk fő kérdései az alábbiak voltak:

- Mely taxonok alkotják az egyes erdőállományok talajbaktérium közösségét?
- Létezik-e diverzitásbeli különbség a különböző szerkezetű erdőállományok talajbaktérium-közösségei között?
- Milyen erdőszerkezeti és edafikus tényezők befolyásolják az egyes baktériumközösségek összetételét?
- Milyen hatást gyakorol az erdőállomány tarvágása a baktériumközösség összetételére?
- Mennyiben tér el az erdőállományok talajbaktérium-közösségének összetétele az intenzív művelés alatt álló mezőgazdasági területétől, illetve a természetközeli állapotú gyeptalaj területétől?
- Mutatható-e ki különbség az egyes erdőállományok talaj mikrobaközösségeinek szubsztrátfelhasználás mintázatában?
- Milyen hatással van az erdőállomány véghasználata (tarvágása) a talaj mikrobaközösség aktivitására, illetve szubsztrát felhasználására?
- Mennyiben tér el az erdőállományok talaj mikrobaközösségének szubsztrát-indukált respirációja a mezőgazdasági területekétől?

## Alkalmazott módszerek

- A kísérleti parcellákban 0–10 cm (A) és a 10–40 cm (B) közötti talajmélységből, 2018 és 2021 között összesen 16 alkalommal gyűjtöttünk talajmintákat.
- Meghatároztuk a talajminták fontosabb talajfizikai és talajkémiai paramétereit.
- A talajbaktérium-közösségek szerkezetének elemzéséhez 16S rRNS gén amplikon szekvenálást végeztünk Illumina MiSeq szekvenáló platform segítségével.
- A talaj mikrobaközösségének respirációs aktivitását MicroResp™ szubsztrát-indukált katabolikus aktivitás elemzéssel vizsgáltuk.

## Eredmények összefoglalása - tézisek

1. Erdészeti hasznosítás szempontjából határtermőhelynek tekinthető, gyenge vízgazdálkodású csernozjom talajokon létesített akácos és elegyes kocsányos tölgyes erdőállományok talajmetagenom elemzése során az akácállomány esetében mértük a legnagyobb bakteriális fajgazdagság és diverzitás értékeket, ami az akácos talajának nagyobb szerves anyag tartalmára vezethető vissza. Az általunk vizsgált területen tehát **a talaj baktériumközösség fajgazdagságát és diverzitását az erdőállomány talajának szerves anyag tartalma határozza meg.**

2. Az idős elegyes tölgyes állomány 2019-ben történt letermelését követően a már felújítási fázisban lévő, hasonló fafajösszetételű elegyes tölgyeshez viszonyítva a felső talajmélységben (0-10 cm) enyhe fajgazdagság növekedést, a mélyebb talajmélységben valamelyest erőteljesebb diverzitás és fajgazdagság csökkenést figyeltünk meg. A

megfigyelt változások okait a tarvágás hatására bekövetkezett rizodepozíciós hatásokra vezettük vissza: a felső talajmélységben a véghasználati területet kolonizáló lágyszárú növényzet gyökéraktivitása növelhette meg a talajbaktérium közösség fajgazdagságát, míg az alsó talajmélységben az idős fák kitermelése miatt lecsökkent gyökérexudátum termelés lehetett korlátozó hatással a baktériumközösség fajgazdagságára és diverzitására. Az általunk vizsgált területen tehát **a tarvágást követő tápanyagforgalom-változások meghatározó hatással vannak a bolygatással érintett erdőállomány talajának baktériumközösség fajgazdagságára és diverzitására.**

3. Az általunk vizsgált erdőállományok talajbaktérium közösség összetétele nagy hasonlóságot mutatott egymással, a közösségeket törzs szinten a Acidobacteriota, Actinomycetota, Pseudomonatoda, Verrucomicrobiota, Bacteroidota és Gemmatimonadota dominanciája jellemezte. Az általunk vizsgált területen tehát **a talajbaktérium közösségek szerkezete közötti különbségek a főbb taxonok relatív diverzitásbeli eltéréseire vezethetők vissza, amelyek közül az Acidobacteriota és az Actinomycetota törzsek szerepe meghatározó az állományok közötti variancia kialakításában.**

4. A vizsgált erdőállományok talajbaktérium közösségeinek összetételére a környezeti változók közül a talaj pH értéke volt a legnagyobb hatással, amelynek időszakos és tarvágás okozta változásai a pH-függést mutató Acidobacteriota törzs relatív gyakoriságát befolyásolta elsősorban. Az általunk vizsgált területen tehát **az erdőállomány tarvágását követően a talaj baktériumközösség szerkezetére a talaj uralkodó fizikai- és kémiai tulajdonságai (a pH**

**mellett elsősorban a talaj nedvesség- és összes széntartalma) rövid távon nagyobb hatást gyakorol, mint az erdőborítás megszűnése.**

5. A gyenge vízgazdálkodású csernozjom talajokon létesített akácos és elegyes kocsányos tölgyes erdőállományok talaj mikrobaközösségének katabolikus aktivitás elemzése során az akácos és az ET2 elegyes tölgyes állományok esetében mértünk nagyobb átlagos szubsztrát-indukált respirációt. Az akácállomány esetében a jeles respirációs értékeket az egyes talajmélységekben mért nagyobb szervesanyag tartalom magyarázhatja, az idős tölgyes állomány esetében pedig a tarvágást megelőzően az állományszerkezet biztosította kedvezőbb mikroklimatikus adottságok, a tarvágást követő második és harmadik évben pedig a fejlődő lágyszárú vegetáció okozta kedvező tápanyagforgalom. Az általunk vizsgált területen tehát **az erdőállományok talaj mikrobaközösségének légzési aktivitására a talajok tápanyagviszonyai és az állományszerkezet gyakorol jelentős hatást.**

6. Az idős elegyes tölgyes állomány (ET2) véghasználatát követően csak átmeneti szubsztrát-indukált respiráció visszaesést figyeltünk meg az állomány vizsgált talajmintáiban, továbbá megállapítottuk, hogy a respirációcsökkenés a 10-40 cm-es mélységben volt erőteljesebb. A talaj felső mélységében a szénforrás felhasználás csökkenés a karboxilsavakat (malát, szukcinát, citrát) érintette erőteljesen, a tendencia az alsó talajmélységben ugyanakkor valamennyi főbb szénforrás esetén megfigyelhető volt. Az általunk vizsgált területen tehát **az erdőállomány tarvágása a 0-10 cm-es talajtalajmélységben markáns minőségi változást, a 10-40 cm-es talajmélységben pedig**

**mennyiségi változást okoz a mikrobaközösségek szubsztrátfelhasználásban.**

7. A gyenge vízgazdálkodású csernozjom talajokon létesített akácos és elegyes kocsányos tölgyes erdőállományok talaj mikrobaközösségének katabolikus aktivitás elemzése során a talaj pH értéke bizonyult kiemelkedő hatásúnak az egyes állományok szubsztrát-felhasználás mintázatára. Az általunk vizsgált területen tehát **az erdőállományok talaj mikrobaközösségének szénforrás-felhasználása (szubsztrát preferenciája) a talaj pH-jával szorosan összefüggő folyamat.**

8. Az általunk vizsgált erdőállományok talaj mikrobaközösségének szubsztrát-indukált respiráció vizsgálata a citrát meghatározó hatását fedte fel az állományok közötti variancia kialakítását illetően; e szénforrás felhasználása az ET2 elegyes tölgyes állományban volt kiemelkedő a vizsgálati időszak során. Az általunk vizsgált területen tehát **a citrát, mint meghatározó karboxilsav jelentős szerepet játszik az erdőállományok szénforrás felhasználás mintázatának kialakításában, egyben feltételezhető, hogy a tarvágással érintett erdőállomány talaj mikrobaközösségének nagy citrátfelhasználása a szénforrás környezeti stressz által kiváltott anyagcsere folyamatokban betöltött fontos szerepére utal.**

9. Gyenge vízgazdálkodású csernozjom talajokon létesített, különböző fafajösszetételű és szerkezetű erdőállományok, valamint intenzív mezőgazdasági kultúrák, illetve bolygatatlan gyepterületek metagenom vizsgálata eltérő talajbaktérium közösség szerkezetet, de hasonló talaj mikrobiális aktivitást fedett fel az egyes gazdálkodási formákat illetően. Az általunk vizsgált területen tehát **az erdőállományok talajbaktérium**

**közösség összetétele jelentősen eltér a mezőgazdaságilag művelt területek talajbaktérium közösség összetételétől, a talaj mikrobaközösség szubsztrát-indukált respirációs mintázata alapján ugyanakkor a különböző földhasználati formák egymástól nem különíthetők el.**

### **Következtetések**

Kutatási eredményeink alapján megállapítottuk, hogy

- a. Az eltérő erdőszerkezet (fafajösszetétel, kor, faállomány záródás) eltérő szerkezetű, diverzitású és aktivitású talajmikrobiota közösség létrejöttének kedvez.
- b. Az erdőállomány tarvágásának talajmikrobiotára gyakorolt hatása a véghasználat évében a legjelentősebb.
- c. A talajparaméterek, elsősorban a talaj pH hatása meghatározó a talajmikrobiota összetétele és aktivitása szempontjából.
- d. Az erdőállományok talajmikrobiota közössége elsősorban szerkezetében különbözik a mezőgazdasági művelés alatt álló területek talajának mikrobiota közösségétől.

### **Irodalomjegyzék**

- Buscardo, E., Smith, G.F., Kelly, D.L., Freitas, H., Agathos, S.N., Mitchell, F.J.G., O'Donoghue, S., McKee, A.-M., 2008. The early effects of afforestation on biodiversity of grasslands in Ireland. *Biodivers Conserv* 17, 1057–1072. <https://doi.org/10.1007/s10531-007-9275-2>
- Dukunde, A., Schneider, D., Schmidt, M., Veldkamp, E., Daniel, R., 2019. Tree Species Shape Soil Bacterial Community Structure and Function in Temperate Deciduous Forests. *Front. Microbiol.* 10. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2019.01519>
- Lencinas, M.V., Martínez Pastur, G., Gallo, E., Cellini, J.M., 2014. Decreasing negative impacts of harvesting over insect communities using variable retention in southern



- Patagonian forests. *J Insect Conserv* 18, 479–495. <https://doi.org/10.1007/s10841-014-9661-5>
- McCulley, R.L., Archer, S.R., Boutton, T.W., Hons, F.M., Zuberer, D.A., 2004. Soil Respiration and Nutrient Cycling in Wooded Communities Developing in Grassland. *Ecology* 85, 2804–2817. <https://doi.org/10.1890/03-0645>
- Roy, M.-È., Surget-Groba, Y., Delagrangé, S., Rivest, D., 2021. Legacies of forest harvesting on soil properties along a chronosequence in a hardwood temperate forest. *Forest Ecology and Management* 496, 119437. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2021.119437>
- Segura, C., Jiménez, M.N., Fernández-Ondoño, E., Navarro, F.B., 2021. Effects of Afforestation on Plant Diversity and Soil Quality in Semiarid SE Spain. *Forests* 12, 1730. <https://doi.org/10.3390/f12121730>
- Smenderovac, E., Webster, K., Caspersen, J., Hazlett, P., Morris, D., Basiliko, N., 2017. Does intensified boreal forest harvesting impact soil microbial community structure and function? *Canadian Journal of Forest Research* 47. <https://doi.org/10.1139/cjfr-2016-0468>
- Wu, S.-H., Huang, B.-H., Huang, C.-L., Li, G., Liao, P.-C., 2018. The Aboveground Vegetation Type and Underground Soil Property Mediate the Divergence of Soil Microbiomes and the Biological Interactions. *Microbial Ecology* 75. <https://doi.org/10.1007/s00248-017-1050-7>

### **A dolgozat témájában megjelent publikációk**

- [1] **Berczki, K.**, Benke, A., Tóth, E.G., Megyes, M., Korponai, K., Szili-Kovács, T., Illés, G., Lados, B.B., and Márialigeti, K., 2024. Soil pH and Nutrient Content Sustain Variability of Soil Bacterial Community Structure and Activity after Forest Clear-Cutting. *Forests*, 15(8). <https://doi.org/10.3390/microorganisms12061162>
- [2] **Berczki, K.**, Tóth, E.G., Szili-Kovács, T., Megyes, M., Korponai, K., Lados, B.B., Illés, G., Benke, A. and Márialigeti, K., 2024. Soil Parameters and Forest Structure Commonly Form the Microbiome Composition and Activity of Topsoil Layers in Planted Forests. *Microorganisms*, 12(6). <https://doi.org/10.3390/f15081284>

[3] **Bereczki, K.**, Benke, A., Tóth, E.G., Megyes, M., Korponai, K., Szili-Kovács, T., Illés, G. and K. Márialigeti, 2024. A fakitermelés hatása egy erdőtalaj talajbaktérium-közösségének szerkezetére és aktivitására. In: Czimmer, K. (ed.), 2024. Erdészeti Tudományos Konferencia Sopron, február 5-6.: Kivonatok Kötete, p. 74. URL: <https://emk.uni-sopron.hu/erdeszeti-tudomanyos-konferencia-2024>

[4] **Bereczki, K.** Megyes, K. Szili-Kovács, M. Korponai, T., Illés, G., and Márialigeti, K., 2021. Preliminary results of soil microbiome analysis on forest stands in Central-Hungary. In: Márialigeti, K. and Dobay, O. (ed.), 2021. ABSTRACTS of the 6th Central European Forum for Microbiology, October 13–15, 2021, Kecskemét, Hungary. pp. 59-60. URL: [chrome-extension://efaidnbnmnnibpcajpcglclefindmkaj/https://www.mmt.org.hu/uploads/userfiles/source/6thCEFOrm\\_abstracts\\_2021.pdf](chrome-extension://efaidnbnmnnibpcajpcglclefindmkaj/https://www.mmt.org.hu/uploads/userfiles/source/6thCEFOrm_abstracts_2021.pdf)

[5] **Bereczki, K.**, Megyes, M., Szili-Kovács, T., Korponai, K., Illés, G. and Márialigeti, K., 2021. Evaluation on soil microbiome composition of Central-Hungarian forest stands. In: Kajos, L.F., Bali, C., Preisz, Z., Polgár, P., Glázer-Kniesz, A., Tislér, Á., and Szabó, R., 2021. 10th Jubilee Interdisciplinary Doctoral Conference: Book of Abstracts. p. 135. URL: [https://www.academia.edu/63473745/IDK2021\\_Book\\_of\\_Abstracts](https://www.academia.edu/63473745/IDK2021_Book_of_Abstracts)

[6] **Bereczki, K.**, Szili-Kovács, T., Benke, A., Illés, G., and Márialigeti, K., 2019. Comparison of three forest stands by their soil catabolic activity profiles. In: Szabó, D. (ed.), 2019. Acta Microbiologica et Immunologica Hungarica, 66(1): 59-60. <https://doi.org/10.1556/030.66.2019.101>