

MÓDSZERTANI FEJLESZTÉS MIKROBIÁLIS OLTÓTÖRZSEK GYORS HATÁSVIZSGÁLATÁRA KÉT TESZTNÖVÉNNYEL

DEVELOPMENT OF FAST METHOD TO UPSCALING MICROBIAL INOCULUMS ON TWO SEEDLING TESTPLANTS

PABAR SÁNDOR ATTILA – PRETTL NÁNDOR – KOTROCZÓ ZSOLT –
BIRÓ BORBÁLA
pabarattila@gmail.com

Összefoglalás

Különböző mikroorganizmusok hatását vizsgáltuk arra, hogyan befolyásolják mustár (*Sinapis alba* L.) és angolperje (*Lolium perenne* L.) csírázását és fejlődését a vetéstől számított 2 hétben. A kísérlethez sejttálcákat használtunk, ami kis térfogatú és sok kezelés egyidejű vizsgálatára lehet alkalmas. Ezeknek az üregeit komposzt-homok (arenosol) 1:9 arányú keverékével töltöttük meg. Kezelésként számos mikroorganizmus fajt alkalmaztunk: *Enterobacter ludwigii*, *Bacillus megaterium*, *B. subtilis*, *Kosakonia cowanii*, *Pseudomonas fluorescens* Hx1 baktériumokat és a *Trichoderma harzianum* T-22-es mikroszkópikus gombát. A magvak vetése után két héttel mértük a csíranövénykéek nedves/száraz tömegét és hosszát, valamint a kicsírázott magvak számát is a mustárnál. Vizsgáltuk az oltott talajok fluorescein-diacetát (FDA) enzim aktivitását, majd az eredmények ismeretében számoltuk az FDA korrelációját a mért növényi-paraméterekkel. A kezeléseknek rendre a csíranövénykéek növekedésére kifejtett pozitív hatását állapítottuk meg a legtöbb tesztelt paraméternél. A mikrobiálisan oltott talajok FDA enzimaktivitása a kezelések hatására is általában nőtt, ami jól korrelált a vizsgált növényi tulajdonságokkal, de a fenti megállapításokat nem sikerült statisztikailag igazolni.

Az egyszerű és viszonylag gyors módszer alkalmas lehet a különböző mikrobák költséghatékony elővizsgálatára és a további szabadföldig terjedő tesztekben is felhasználható törzsek előszelekciójára.

Kulcsszavak: PGPR, FDA, csírázási %, mikrobiális oltóanyag, karbonátos homok

Abstract

We investigated the effect of different microbial species on the germination and growth of white mustard (*Sinapis alba* L.) and perennial ryegrass (*Lolium perenne* L.), tested for two weeks. The experiment was carried out in a cell tray, filled with sandy soil:compost (9:1) mixture. The following microorganisms were used as treatment: *Enterobacter ludwigii*, *Bacillus megaterium*, *B. subtilis*, *Kosakonia cowanii*, *Pseudomonas fluorescens* Hx1 bacteria and *Trichoderma harzianum* T-22 microscopic fungi. After two weeks, we assessed the number of germinated mustard seeds, the wet and dry weight of the mustard, the length of the mustard, the wet and dry weight and the length of the ryegrass. We measured the enzyme activity of the fluorescein diacetate hydrolysis analysis (FDA) of the soils and calculated the correlation of FDA with the parameters, tested on seedling-plants. FDA generally was positively correlated,

however, the above findings could not be verified statistically. The simple and relatively fast method can be suitable for the cost-effective pre-testing of different microbes and for the pre-selection of strains that can be used in further field tests.

Keywords: PGPR, FDA, germination %, microbial inoculation, carbonate sand

Bevezetés

A PGPR (*Plant Growth Promoting Rhizobacteria*) kezelések egy lehetséges megoldást jelenthetnek a termés mennyiségének a növelésére és a mezőgazdasági kemikáliák, peszticidek nélküli növényvédelemre is. Ennek a PGPR hatásnak a kialakulása számos mechanizmus által történhet: i) a jótékony hatású mikroorganizmusok direkt biomassza növelő hatása által (indolecetsav, IAA hormon-termeléssel); ii) a tápanyag elérés növelésével (pl. biológiai N₂-kötés, foszformobilizálás, vasfelvétel); vagy iii) a biokontrol funkciókon keresztül a termés-kiesés mértékének a csökkentésével is. A kereskedelemben hozzáférhető oltóanyagok mikrobiális törzseit rendszerint léptéknövelő (upscaling) módszerekkel tesztelik számos tulajdonságra. A különféle környezeti körülmények között kapott eredmények ismeretében választják ki aztán a szabadföldi körülmények között, a gyakorlatban is hatékony mikroba fajokat és egyedi képviselőiket. A folyamat hosszadalmas és költséges. A talajok tulajdonságaitól is függő tesztek ugyanakkor elsőbbséget élveznek (PABAR et al., 2020; DUDÁS et al., 2017a). Ennek érdekében általában a tenyészedényes vizsgálatok a legelterjedtebbek. Tenyészedényes és szabadföldi kísérletekben is gyakori a fehér mustár (*Sinapis alba* L.) és az angolperje (*Lolium perenne* L.) jelzőnövények használata a tápanyagfelvétel dinamikai és a toxikus elemek talaj-növény rendszerbeli mobilitásának vizsgálata során (LEHOCZKY et al. 2002, 2006; NAGYPÁL et al. 2008; SZEGEDI et al. 2022). A hatóidő lecsökkentésére szükség lehet, hogy még az adott vegetációs időszakban el lehessen jutni a szabadföldi tesztelesekhez. Az egyes mikroba-genusoknak vannak általánosan is ismert tulajdonságai, de lehetnek olyanok is, ami a környezeti tényezők hatására aktiválódik. Számos mikroorganizmus bevonásával az ismert és az elvárt tulajdonságoknak az adott talajban bekövetkező hatásait vizsgáltuk két teszt-növény bevonásával.

A kezelésként használt PGPR fajokról eddig ismert tulajdonságok:

- *Enterobacter ludwigii* (A5), egy biokontrol faj, amely képes a foszfor mobilizációjára (PSB), hormon, IAA termelésre, sziderofor-(vaskelát)-képzésre és ezek által közvetlenül, vagy közvetve a növényi biomassza növelésére (SCHOEBITZ et al., 2009, DOLKAR et al., 2018, RAJNISH et al., 2018).
- *Bacillus megaterium* (Bm), képes a foszfát-mobilizációra, hormon-termelésre és sziderofor-képzésre (DAHMANI et al., 2020).
- *B. subtilis* (Bs) cellulózbontó, foszfor-mobilizáló-PSB és biokontrol tulajdonságokkal rendelkezik (XIAO-YING et al., 2015).
- *Pseudomonas fluorescens* (Pf) ismert PSB baktérium, biokontrol hatású, IAA- és sziderofor termelő tulajdonságokkal is rendelkezik (DAVID et al., 2018).
- *Kosakonia cowanii* (D1) egy endofitaként ismert baktérium. Vizsgálataink és az irodalmi adatok alapján is PSB baktérium, képes a biológiai N₂-kötésre, extracelluláris poliszacharidok (EPS) termelésére, valamint IAA és sziderofor előállítására is (MENÉNDEZ et al., 2016, BRADY et al., 2013, ZHU et al., 2013, LIN et al., 2012, PANIGRAHI - RATH 2019).
- *Trichoderma harzianum* (Th) mikroszkópikus gomba, biokontrol hatása mellett a cellulózbontó képességéről is ismert (HADDADIN et al., 2009).

Az ilyen PGPR fajokat tartalmazó termékek külön-külön felhasználva, de különböző kombinációikban is egyre elterjedtebbek a piacon. Kereskedelmi forgalomba kerülve általában „baktériumtrágya” -ként alkalmazzák ezeket és „termésnövelő” kategória szerint regisztrálják (BHATTACHARYYA - JHA, 2012; BIRÓ, 2017; DUDÁS et al., 2017b). Mivel a készítmények általában különböző fajokat és azok egy vagy több törzseit is tartalmazhatják, ezért a gyors és rövid ideig tartó tesztelési lehetőségek egyre nagyobb jelentőséggel bírnak. Ezek megelőzik a mikrobiális oltóanyagoknál általában használt és elfogadott, léptéknövelő, a laboratóriumtól a szabadföldi körülményekig tartó „felskálázó” (upscaling) hatásvizsgálatokat is. Gyors és költséghatékony teszteléssel, valós talajjal végzett időben is kivitelezhetőbb olyan módszert kerestünk, ami segítheti az átmenetet és megfelelő eredményeket is adhat a leginkább hatékony törzsek kiválasztása, majd a tenyészedényes és a szabadföldi kísérletek felé. Ennek érdekében különböző baktérium fajok és egy mikroszkópikus gomba hatékonyságát teszteltük két növényfaj növekedésére és a talaj enzim-aktivitására.

Anyag és módszer

Kísérleti elrendezés: A kísérletet általában a növények csíráztatására használt „sejttálcákon” hajtottuk végre fényszobában, ellenőrzött körülmények között. A fényviszonyokat 16/8 óras nappali/éjszakai időszakra állítottuk be a növények növekedéséhez. A hőmérséklet 22 ± 2 °C, a relatív páratartalom $55 \pm 5\%$ volt. A sejttálcák sejtjeit egyesével oltottuk be a különböző törzsekkel. Randomizált elrendezést használtunk a sejttálcákon. A sejttálcák 7×12 db sejtet tartalmaztak. A Kontrollal együtt 7 kezelést alkalmaztunk, így 12 független paraméter vizsgálatára volt lehetőség a kísérletben tálcánként.

A kísérletekhez soroksári karbonátos homoktalajt (arenosol) használtunk, amit 90:10 arányban komposzttal tömeg %-ban bekeverve alkalmaztunk. A soroksári talaj legfontosabb kémiai tulajdonságait az 1. táblázat tartalmazza.

1. táblázat. A kísérletekhez használt talaj legfontosabb kémiai tulajdonságai (Soroksár, Arenosol)

Table 1. The most important chemical properties of the soil used for the experiment (Soroksár, Arenosol)

Forrás: saját szerkesztés / Source: own construction

Kémiai tulajdonságok	értékek
pH _(H₂O)	7,79
SOM (m/m%)	3,29
Ca (mg/kg)	2979
P ₂ O ₅ (mg/kg)	424
K ₂ O (mg/kg)	460

A talajoltáshoz használt mikrobiális PGPR törzsek és jelöléseik a következők voltak: **A5:** *Enterobacter ludwigii*; **Bm:** *Bacillus megaterium*; **Bs:** *Bacillus subtilis*; **D1:** *Kosakonia cowanii*; **Pf:** *Pseudomonas fluorescens* Hx1; **Th:** *Trichoderma harzianum* T-22-es törzse. Ezekből a baktériumokból 48 órás rázatásos felszaporítás után 0,5 mL mennyiségeket juttattunk ki a sejttálca minden egyes sejtjébe. A *Trichoderma harzianum* mikroszkópikus gomba, csak por formájában állt rendelkezésünkre, így azt nem volt szükséges előzetesen felszaporítani. A megfelelő koncentrációjú oldat készítése után azonos módon alkalmaztuk, mint a

baktériumokat. A mikroba-szuszpenziókat a felszaporítás után centrifugáltuk, majd fiziológias sóoldatban újra szuszpendáltuk. Ezzel a kísérlet során kiküszöböltük azt, hogy a táplevés hatását mérjük a felhasznált mikroorganizmusok helyett. A sejtszámot OD₆₀₀ mérésrel 10⁷sejt/ml-re tudtuk beállítani az egységes és sztenderd felhasználás érdekében. Majd az így előkészített szuszpenzióból 0,5ml-t juttattunk ki a sejtálcá minden egyes sejtjébe.

Tesztnövényként a fehér mustárt (*Sinapis alba* L.) és az angolperjét (*Lolium perenne* L.) alkalmaztuk. Ezeket a sejtálcá sejtjeibe a következő mennyiségben juttattuk be: mustár - 4 db mag/sejt, angolperje - 0,6g fűmag/sejt. Vetés után 2 héttel termináltuk a kísérletet és megmértük a mustárnál a 4 kiindulási maghoz viszonyítva a kicsírázott magvak számát egy-egy adott sejtben, a perjénél erre nem volt lehetőség. A mustárnál és a perjénél is mértük a biomassza nedves-, és száraztömegét, valamint a növények hosszát.

A talajból a kísérlet végén biológiai aktivitás meghatározást végeztünk a minták fluoreszceindiacetát analízis (FDA µg/g fluorescein / száraz talaj) mérésével (ADAM - DUNCAN, 2001) VILLÁNYI et al., (2006) által az adott körülményhez adaptálva. A talajmintákat az FDA-hoz a kevés talajmennyiség miatt, pusztán jól homogenizált keverékként alkalmaztuk, így csak tájékoztató jellegű eredményeket kaptunk az egyes mikrobás kezelések hatásáról (1. ábra).

Az eredmények feldolgozásához IBM SPSS 25 és Excel programcsomagot használtunk. A normalitás vizsgálatot Kolmogorov-Smirnov teszttel, a szóráshomogenitást Levene-teszttel ellenőriztük. Az eredmények statisztikai kiértékelése ANOVA-val, és korreláció vizsgálattal történt. Mivel nem kaptunk szignifikáns eredményeket, így az erre vonatkozó p-értékeket nem tüntetjük fel a növényparamétereknél.

Eredmények

A növényi tulajdonságok alakulása / The plant parameters

A mustár tesztnövényénél nem szignifikánsan, de magasabb értékeket kaptunk a kontrollhoz viszonyítva a növény-tulajdonságokra vonatkoztatva. A legmagasabb értékkel az A5: *Enterobacter ludwigii* rendelkezett, mivel ennél a kezelésnél csírázott ki a legtöbb mustármag. A mustár növényke hosszánál azonban ilyen eltérés nem mondható el a kontrollhoz viszonyítva általánosságban (2. táblázat).

Hasonló következtetésre juthatunk az angolperje tesztnövényénél is. Nincs szignifikáns különbség a kapott eredményekben, de a kontrollal szemben minden kezelés több biomasszával rendelkezett, kivéve a D1: *Kosakonia cowanii* kezelést. A hajtás-hosszról ugyanaz mondható el, mint a biomasszáról, de a D1 mellett a Th kezelés is rövidebb, kisebb növénykéket eredményezett (2. táblázat). A *Trichoderma harzianum* (Th) mikroszkopikus gomba az irodalmi adatok szerint is inkább biokontrol tulajdonságú, így főleg a növény védelmére és csak közvetve a termés növelésére szolgál (BIRÓ, 2007).

2. táblázat. A vizsgált növény paraméterek / Table 2. Examined plant parameters

Forrás: saját szerkesztés / Source: own construction

Kezelések	Mustár (<i>Sinapis alba</i>)				Perje (<i>Lolium perenne</i>)		
	Kicsírázott magok (x/4)	Nedves tömeg (g)	Száraz tömeg (g)	Hossz átlag (mm)	Nedves tömeg (g)	Száraz tömeg (g)	Hossz átlag (mm)
Kontroll	2,16±1,06	0,484±0,328	0,033±0,020	69,10±7,91	0,474±0,106	0,055±0,011	84,54±8,59
A5	2,83±0,98	0,675±0,346	0,043±0,019	67,86±10,47	0,516±0,069	0,060±0,006	87,75±11,09
Bm	2,33±1,17	0,655±0,211	0,044±0,013	72,87±11,76	0,542±0,080	0,061±0,007	85,62±6,98

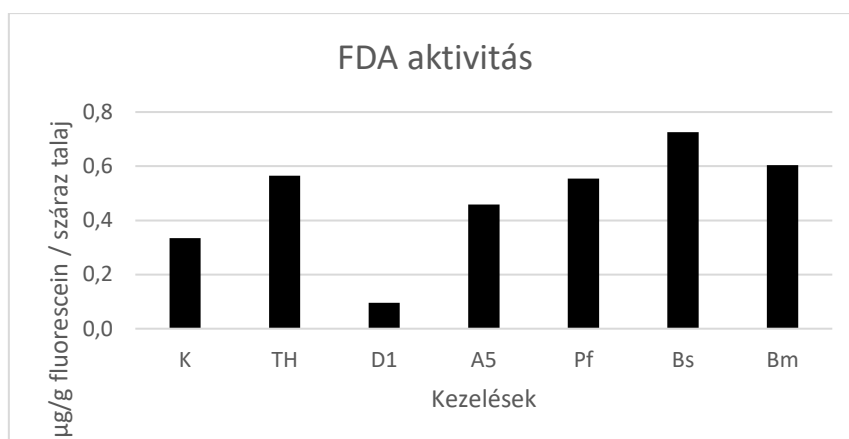
Bs	2,58±0,75	0,640±0,253	0,039±0,017	61,86±15,19	0,482±0,092	0,055±0,009	88,20±9,32
D1	2,33±1,24	0,603±0,270	0,039±0,016	71,21±11,00	0,472±0,154	0,055±0,015	81,95±12,89
Pf	2,41±1,25	0,667±0,209	0,046±0,012	67,75±5,18	0,497±0,149	0,058±0,016	90,18±14,87
Th	2,33±1,17	0,550±0,294	0,039±0,020	67,07±13,62	0,478±0,116	0,055±0,010	82,75±10,65

A talaj enzim-aktivitása és korrelációja/ Enzyme-activity of soils and its correlation

Az 1. ábrán a talaj enzim-aktivitás (FDA) eredményeit tüntettük fel. A kontrollhoz viszonyítva minden esetben magasabb értéket kaptunk, tehát a kezelések hatására nagyobb biológiai működőképességet tudunk kimutatni. Ez alól kivétel a D1-es baktérium-kezelés volt.

Az FDA enzimaktivitás és a mért növényi tulajdonságok korrelációs-regressziós analízisét is elvégeztük. Megállapítottuk, hogy az FDA általában pozitív korrelációt mutatott az összes mért növényi paraméterrel, kivéve a mustár hajtások hosszát, ami további vizsgálatokat igényel. De az eredmények statisztikailag nem voltak igazolhatóak, mivel a kevés talaj-mennyiség miatt pusztán tájékoztató jellegű átlagmintákat-képeztünk kezelésként az FDA méréshez.

Mindkét tesztnövényenél azonban a hajtáshossz mérések kerültek a leginkább közel a szignifikánsan is igazolható hatásokhoz, ami megerősíti a tesztelés eredményét és lehetőségét (3. táblázat).



1. ábra. FDA aktivitás tendenciái a kezelések hatására

Figure 2. Tendencies of FDA activity in response to the treatments

Forrás: saját szerkesztés / Source: own construction

3. táblázat. Az FDA enzim-aktivitás korrelációja a vizsgált növény-paraméterekkel

Table 3. Correlation of FDA activity with the examined plant parameters

Forrás: saját szerkesztés / Source: own construction

Növény-tulajdonságok sejtenként	FDA	<i>P-value</i>
Kicsírázott magok (mustár)	0,3087	0,5005
Nedves tömeg (g) (mustár)	0,3622	0,4247
Száraz tömeg (g) (mustár)	0,3657	0,4199
Hossz átlag (mm) (mustár)	-0,5497	0,2012
Nedves tömeg (g) (perje)	0,3932	0,3828
Száraz tömeg (g) (perje)	0,2745	0,5513
Hossz átlag (mm) (perje)	0,6030	0,1518

Az itt bemutatott kísérletekben kis-léptékű vizsgálatokkal, a tenyészedény kísérleteket megelőzően különböző PGPR fajok hatását hasonlítottuk össze. Mustár és perje csíranövénykéket használtunk. A legtöbb esetben pozitív eredményeket értünk el a kezelések hatására.

A legígéretesebb törzsek az eredmények alapján a mustármag csírázására az *Enterobacter ludwigii* és a *Pseudomonas fluorescens*. A mustár biomasszára az *Enterobacter ludwigii*, a *Bacillus megaterium* és *B. subtilis*, valamint a *Pseudomonas fluorescens* voltak. A mustár hajtáshosszra a *Bacillus megaterium* és a *Kosakonia cowanii* volt a legkedvezőbb

A perje biomasszát az *Enterobacter ludwigii* és a *Bacillus megaterium* növelte a leginkább. A perje hajtáshosszát pedig az *Enterobacter ludwigii*, a *Bacillus megaterium* és *B. subtilis*, valamint a *Pseudomonas fluorescens* növelte. Az FDA vizsgálatoknál a két *Bacillus* faj teljesítményét kell kiemelni. A korreláció-regressziós vizsgálatok alapján a legtöbb eredmény pozitívan korrelált a kapott FDA eredményekkel.

Eredményeink alapján a növényvel szoros kapcsolatra, és így akár az endoszimbionta „együttélésre” is képes mikroorganizmusok (az *Enterobacter ludwigii* és a *Pseudomonas fluorescens*) előnyei is körvonalazódtak. A növénykéek kezdeti növekedéséhez az endofita mikroorganizmusok jelenthetnek nagyobb támogatást. A leginkább a rhizoszférában és a gyökérhez kapcsolódó talajban működőképes *Bacillus* fajoknál ugyanakkor a talajok nagyobb enzim-aktivitási értékei emelhetők ki, így azok a tápanyagok mobilizálásán keresztül fejthetik ki pozitív hatásukat a növényi növekedésre.

Következtetések

Az itt bemutatott eredmények tendenciákat jelölnek, de alkalmasak bizonyos mikroba-fajok és/vagy kiválasztott törzsek elővizsgálatára. A tesztek valós talajjal történtek, kontrollált körülmények között, tipikus tesztnövények bevonásával. A statisztikai igazolásokhoz további lépték-növelő vizsgálatokra van szükség, de a kezelések száma, azaz a bevonható törzsek száma csökkenthető és a költségek, a hatóidő ezzel a módszerrel jól lerövidíthető. A gyors és viszonylag egyszerű, kevés anyagot és helyet ígérő módszer előzetesen hasznosnak bizonyult és javasolható arra, hogy a további vizsgálatokhoz szükséges legígéretesebb törzseket, növényvel való tipikusan „együtműködő” fajokat, de talajtól függően a tápanyagok mobilizálására is a leginkább alkalmas „jelölteket” ki lehessen válogatni. Az így szelektált törzsekkel gazdaságosabb lehet a nagyobb léptékű, további kísérletek lefolytatása is, de a további kombinációk összeállításához is nagyobb lehetőség adódik az előzetes és gyors módszerrel.

Hivatkozott források

ADAM, G. – DUNCAN, H. (2001): Development of a sensitive and rapid method for the measurement of total microbial activity using fluorescein diacetate (FDA) in a range of soils. *Soil Biol Biochem* 33: 943–951. [https://doi.org/10.1016/S0038-0717\(00\)00244-3](https://doi.org/10.1016/S0038-0717(00)00244-3)

BHATTACHARYYA, P. N. – JHA, D. K. (2012): Plant growth-promoting rhizobacteria (PGPR): emergence in agriculture. *World J Microbiol Biotechnol* 28: 1327–1350. <https://doi.org/10.1007/s11274-011-0979-9>

BIRÓ, B. (2007): Küzdelem a túlélésért - mikrobiális stratégiák és a talajállapot. *Biokultúra* (6): 23–25.

- BIRÓ, B. (2017): Biológiai talajművelés. Termésmenvelők, biostimulánsok és bioeffektív megoldások cikksorozat: 9. rész: A talajoltók eredményességét befolyásoló élettelen környezeti tényezők. Agrárágazat 18(9): 104–108.
- BRADY, C. – CLEENWERCK, I. – VENTER, S. – COUTINHO, T. – DE VOS, P. (2013): Taxonomic evaluation of the genus *Enterobacter* based on multilocus sequence analysis (MLSA): Proposal to reclassify *E. nimipressuralis* and *E. amnigenus* into *Lelliottia* gen. nov. as *Lelliottia nimipressuralis* comb. nov. and *Lelliottia amnigena* comb. nov., respectively, *E. gergoviae* and *E. pyrinus* into *Pluralibacter* gen. nov. as *Pluralibacter gergoviae* comb. nov. and *Pluralibacter pyrinus* comb. nov., respectively, *E. cowanii*, *E. radicincitans*, *E. oryzae* and *E. arachidis* into *Kosakonia* gen. nov. as *Kosakonia cowanii* comb. nov., *Kosakonia radicincitans* comb. nov., *Kosakonia oryzae* comb. nov. and *Kosakonia arachidis* comb. nov., respectively, and *E. turicensis*, *E. helveticus* and *E. pulveris* into *Cronobacter* as *Cronobacter zurichensis* nom. nov., *Cronobacter helveticus* comb. nov. and *Cronobacter pulveris* comb. nov., respectively, and emended description of the genera *Enterobacter* and *Cronobacter*. Syst Appl Microbiol 36: 309–319. <https://doi.org/10.1016/j.syapm.2013.03.005>
- DAHMANI, M. A. – DESRUT, A. – MOUMEN, B. – VERDON, J. – MERMOURI, L. (2020): Unearthing the plant growth-promoting traits of *Bacillus megaterium* RmBm31, an endophytic bacterium isolated from root nodules of *Retama monosperma*. Frontiers Pl Sci 11. <https://doi.org/10.3389/fpls.2020.00124>
- DAVID, B. V. – CHANDRASEHAR, G. – SELVAM, P. N. (2018): *Pseudomonas fluorescens*: A plant-growth-promoting rhizobacterium (PGPR) with potential role in biocontrol of pests of crops. In: Crop Improvement Through Microbial Biotechnology. Elsevier, pp. 221–243. <https://doi.org/10.1016/B978-0-444-63987-5.00010-4>
- DOLKAR, D. – DOLKAR, P. – ANGMO, S. – CHAURASIA, O. P. – STOB DAN, T. (2018): Stress tolerance and plant growth promotion potential of *Enterobacter ludwigii* PS1 isolated from seabuckthorn rhizosphere. Biocatal Agricult Biotechnol 14: 438–443. <https://doi.org/10.1016/j.bcab.2018.04.012>
- DUDAS A. – KOTROCZO ZS. – VIDEKI E. – WASS-MATICS H. – KOCSIS T. – SZALAI M.Z. – VEGVARI GY. – BIRO B. (2017a): Fruit quality of tomato affected by single and combined bioeffectors in organically system. Pakistan Journal of Agricultural Sciences 54(4):847–856. <https://doi.org/10.21162/PAKJAS/17.5028>
- DUDÁS A. – SZALAI Z.M. – VIDÉKI E. – WASS-MATICS H. – KOCSIS T. – VÉGVÁRI GY. – KOTROCZÓ ZS. – BIRÓ B. (2017b): Sporeforming bacillus bioeffectors for healthier fruit quality of tomato in pots and field. Applied Ecology and Environmental Research 15(4):1399–1418. https://doi.org/10.15666/aeer/1504_13991418
- HADDADIN, M. S. Y. – HADDADIN, J. – ARABIYAT, O. I. – HATTAR, B. (2009): Biological conversion of olive pomace into compost by using *Trichoderma harzianum* and *Phanerochaete chrysosporium*. Biores Technol 100: 4773–4782. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2009.04.047>
- LEHOCZKY, É. – NÉMETH, T. – KISS, ZS. – SZALAI, T. (2002): Cadmium and lead uptake by ryegrass, lettuce and white mustard plants on different soils. Agro-kémia és Talajtan, 51(1–2): 201–210. <https://doi.org/10.1556/agrokem.51.2002.1-2.24>
- LEHOCZKY, É – KISS, ZS. – NÉMETH, T. (2006): Study of the transfer coefficient of Cadmium and Lead in ryegrass and lettuce. Communication in Soil Sciences and Plant Analysis, 37(15–20):2531–2539. doi:10.1080/00103620600822986.
- LIN, L. – LI, Z. – HU, C. – ZHANG, X. – CHANG, S. – YANG, L. – LI, Y. – AN, Q. (2012): Plant growth-promoting nitrogen-fixing *Enterobacteriaceae* in association with sugarcane plants growing in Guangxi, China. Microbes Environ 27: 391–398. <https://doi.org/10.1264/jsme2.ME11275>

- MENÉNDEZ, E. – RAMIREZ-BAHENA, M. H. – PEIX, A. – TEJEDOR, C. – MULAS, R. – GONZÁLEZ-ANDRÉS, F. – MARTÍNEZ-MOLINA, E. – VELÁZQUEZ, E. (2016): Analysis of cultivable endophytic bacteria in roots of maize in a soil from León Province in Mainland Spain. In: González-Andrés, F. - James, E. (Eds.), *Biological Nitrogen Fixation and Beneficial Plant-Microbe Interaction*. Springer International Publishing, Cham, pp. 45–53. https://doi.org/10.1007/978-3-319-32528-6_5
- NAGYPÁL, L. – SZABÓ, L. – SZEGEDI, L. (2008): Toxic element accumulation in white mustard (*Sinapis alba* L.) during long term load experiments. *Cereal Research Communications* 36:2035-2038. <https://www.webofscience.com/wos/WOSCC/full-record/000260964100161>
- PABAR, S. A. – MÓNOK, D. – KOTROCZÓ, ZS. – BIRÓ, B. (2020): Soil microbial parameters and synergies between bean growth and microbial inoculums as a dependence of five soils with different characteristics. *Hungarian Agricultural Engineering*, 37: 27–33. <https://doi.org/10.17676/HAE.2020.37.27>
- PANIGRAHI, S. – RATH, C. C. (2019): Condition optimization for phosphate solubilization by *Kosakonia cowanii* MK834804, an endophytic bacterium isolated from *Aegle marmelos*. *Int J Curr Microbiol App Sci* 8: 2823–2835. <https://doi.org/10.20546/ijcmas.2019.808.325>
- RAJNISH, P. S. – SOMESH, M. – PRAMEELA, J. – SMITA, R. – PRABHAT N. J. (2018): Effect of inoculation of zinc-resistant bacterium *Enterobacter ludwigii* CDP-14 on growth, biochemical parameters and zinc uptake in wheat (*Triticum aestivum* L.) plant. *Ecoll Eng* 116: 163–173. <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2017.12.033>
- SCHOEBITZ, M. – RIBAUDO, C. M. – PARDO, M. A. – CANTORE, M. L. – CURÁ, J. A. (2009): Plant growth promoting properties of a strain of *Enterobacter ludwigii* isolated from *Lolium perenne* rhizosphere. *Soil Biol Biochem* 41: 1768–1774. <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2007.12.031>
- SZEGEDI L. – TURY R. – LEHOCZKY É. (2022): Növényi cink- és rézfelvétel vizsgálata szabadföldi tartamkísérletben. *Journal of Central European Green Innovation*, 10(1):21–30. <https://doi.org/10.33038/jcegi.3277>
- VILLÁNYI, I. – FÜZY, A. – ANGERER, I. – BIRÓ, B. (2006): Total catabolic enzyme activity of microbial communities. Fluorescein diacetate analysis (FDA). p. 441–442. In: *Understanding and modelling plant-soil interactions in the rhizosphere environment. Handbook of Methods Used in Rhizosphere Research*. Chapter 4.2. (ed.: D.L. Jones). Swiss Federal Research Institute WSL, Birmensdorf.
- XIAO-YING, G. – CHUN-E, H. – TAO, L. – ZHU, O. (2015): Effect of *Bacillus subtilis* and *Pseudomonas fluorescens* on growth of greenhouse tomato and rhizosphere microbial community. *J. North Agricult Univ (English Edition)*, 22: 32–42. [https://doi.org/10.1016/S1006-8104\(16\)30004-6](https://doi.org/10.1016/S1006-8104(16)30004-6)
- ZHU, B. – ZHOU, Q. – LIN, L. – HU, C. – SHEN, P. – YANG, L. – AN, Q. – XIE, G. – LI, Y. (2013): *Enterobacter sacchari* sp. nov., a nitrogen-fixing bacterium associated with sugar cane (*Saccharum officinarum* L.). *Int J Syst Evol Microbiol* 63: 2577–2582. <https://doi.org/10.1099/ij.s.0.045500-0>

Szerzők

Pabar Sándor Attila MSc

tudományos segédmunkatárs

Agrártudományi Kutatóközpont Talajtani Intézet, 1022 Budapest, Herman Ottó út 15.

pabarattila@gmail.com

Prettl Nándor MSc

PhD hallgató

Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, Környezettudományi Intézet, Agrárkörnyezettani Tanszék, 1118 Budapest, Villányi út 29-43.

nandor.prettl@gmail.com

Dr. Kotroczó Zsolt PhD

egyetemi docens

Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, Környezettudományi Intézet, Agrárkörnyezettani Tanszék, 1118 Budapest, Villányi út 29-43.

kotroczo.zsolt@gmail.com

Dr. Biró Borbála DSc

egyetemi tanár

Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, Környezettudományi Intézet, Agrárkörnyezettani Tanszék, 1118 Budapest, Villányi út 29-43.

biro.borbala@gmail.com

A műre a Creative Commons 4.0 standard licenc alábbi típusa vonatkozik: [CC-BY-NC-ND-4.0.](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/)

