

Dudás Anita - Gáspár Tamás - Kotroczó Zsolt - Győri Attila -
Wass-Matics Heléna - Keöd Ágoston - Végvári György - Biró Borbála

Egy spórás bacillus oltóanyag hatása a paradicsom növekedésére és termés hozamára

Anita Dudás, Tamás Gáspár, Zsolt Kotroczó, Attila Győri, Heléna Wass-Matics, Ágoston Keöd, György Végvári, Borbála Biró: The effect of the sporulated bacillus to the increase of the tomato and its yield

Summary

Tomato contains high concentrations of lycopene and vitamin C that is important elements of healthy foods. In intensive production, many biotic and abiotic stress-factors are affecting the tomato, and they might be harmful also to the environment. Due to these pollution problems people are highly interested nowadays in the limited use of the agro-chemicals. Among the beneficial microbes, bioeffector (BE) microorganisms are used frequently in sustainable crop production. *Bacillus* strains can mobilize the hardly available phosphates in the soils, and therefore they can reduce the harmful effects of abiotic environmental stress factors. A bioeffector, containing *Bacillus amyloliquefaciens* FZB42 strain was used with tomato test plant (*Solanum lycopersicon* Mill. 'Mobil') in pot and in field experiments. The length and weight of shoots and the weight and number of tomato fruits were tested in a biweekly periods. The treatment had positive effect on the length of shoots, the size and biomass of fruits both in the field and in the pots. Less beneficial impact was realized, however at the diverse ecological field conditions than at the controlled light chamber. Application of the *Bacillus* bioeffectors can be helpful for the organic production of the tomato.

Keywords: PGPR, bioeffector, biofertilizer, phosphate solubilization, *Bacillus* sp.

ÖSSZEFOGLALÓ

Az utóbbi évtizedek alatt a paradicsom jelentősége megnőtt a zöldségfélék sorában. Ez, az emberi fogyasztásra. Európában alig száz éve termesztett növény, ma az összes zöldségfélék meghaladja mind a termesztés, mind a fogyasztás mennyiségében. Ezzel párhuzamosan folyamatosan nő a minél inkább vegyszermentes gazdálkodások iránti érdeklődés is. Ennek egyik alternatív lehetősége a hasznos talajlakó mikroorganizmusok felhasználása. A termésmenvelő mikrobiális oltóanyagok (bioeffektor termékek) közül a spórás mikroorganizmusokból állók a környezeti stressz-tényezőkkel szemben toleránsak, így biztosabban alkalmazhatók. Kutatásaink során vizsgáltuk, hogy egy, Európában már bevezetett spórás *Bacillus* fajt tartalmazó

kereskedelmi oltóanyag mennyire hatékony és hatása hasonlóan nyilvánul-e meg a különböző termesztési körülmények között a paradicsom teszt növényen. Megállapítottuk, hogy mind a tenyészedényes, mind a szabadföldi ökológiai termesztés során a baktérium-készítmény pozitív hatással volt a paradicsom hajtáshosszára és tömegére, illetve a bogyók számára és nagyságára is. A kevésbé kontrollált ökológiai körülmények között ugyanakkor a kedvező hatás mérsékeltebben nyilvánult meg. A vizsgált *Bacillust* is tartalmazó bioeffektor készítménynek helye van a paradicsom környezetbarát termesztésénél.

Kulcsszavak: PGPR, bioeffektor, foszfor mobilizáló mikroba, *Bacillus* sp.

IRODALMI ÁTTEKINTÉS

A modern mezőgazdálkodással szemben támasztott legfontosabb elvárások egyike, a felhasznált kemikáliák mennyiségének csökkentése. A talajban a körülményektől függően egy hektár területen akár 3-15 tonna mennyiségben található a mikroorganizmusok tömege (Veres et al. 2013). A talajélet meghatározó a tápanyagok mobilizálásában és azok felvehetőségének kialakításában is. A mikroorganizmusok a talajban a legkülönbözőbb formában megtalálható szerves maradványok bontását segítik elő (Kotroczó et al. 2014; Fekete et al. 2014; Fekete et al. 2011), ezáltal nő a növények számára hozzáférhető tápanyagok mennyisége (Tóth et al. 2013). Az elmúlt évtizedekben a mezőgazdaság leginkább a talajok mesterséges tápanyag utánpótlására szorított, a sikeres növénytermesztéshez meghatározó jellegű, mikroorganizmusok aktív tevékenységét pedig nagyrészt mellőzte. A mikrobák számos csoportja közvetlenül és közvetve is képes hatni a növények növekedésére. Hatásuk sokszor lehet pozitív, mert számos kedvező hatású szerves anyagot, többnyire szerves anionokat, növekedés-szabályozókat és antibiotikumokat termelnek. Kétféle módon segítik elő a növények tápanyagfelvételét: a) fokozzák a tápanyagok feltáródását, mobilitását; b) közvetlenül növelik a tápanyagfelvételt.

Napjainkban a paradicsomnak egyre nagyobb szerepe van az egészséges táplálkozásban. Jelentős mennyiségű likopint, vitamint, ásványi anyagot és egyéb egészségvédő természetes vegyületet tartalmaz, épp ezért joggal nevezik a "szegény ember narancsának" (Devi et al., 2008). A különböző fajták likopin tartalma lényegesen eltér egymástól. A friss paradicsomban akár 60-160 ppm (mg/kg) érték közt is változhat a termesztési körülmények, a termesztési módok és az alkalmazott fajtától függően (Helyes, 1999). A minél magasabb hozam elérése érdekében a paradicsomtermesztést mély talajművelés, csepegtető öntözőrendszer, fokozott (mind inkább túlzott) műtrágya- és növényvédőszer-használat jellemzi (Glendining

et al., 2009). Ezzel azonban romlik a talaj- és vízminőség, fokozódik a talajdegradáció, öntözővizeink rohamosan elszikesednek (Biró, 2010). A paradicsom mérsékelten melegigényes – a hajtató berendezésekben a hőmérsékletet a fényviszonyokhoz kell igazítani. Az intenzív termesztés során a paradicsomot a legkülönbözőbb abiotikus és biotikus stresszhatás éri, melyek jelentősen hatnak a növény fejlődésére, termés hozamára és nem utolsósorban sokszor ezek a hatások a környezetre is károsak lehetnek (Terbe et al., 2005). Ezen környezetszennyező problémák egyre nagyobb aggodalomra adnak okot, mely miatt folyamatosan nő a korlátozott vagy teljesen vegyszermentes gazdálkodás iránti érdeklődés (den Hollander et al., 2007). Az egyik ilyen alternatív lehetőség a hasznos talajlakó mikroorganizmusok (bioeffektorok) alkalmazása, melyek segítik a növények fejlődését, tápanyag- és vízhasznosulását, visszaszorítják a káros, patogén szervezeteket és jól beilleszthetők akár a remediációs technológiai folyamatokba is. A PGPB-k (Plant Growth Promoting Bacteria, vagy PGPR – Plant Growth Promoting Rhizobacteria) olyan talajlakó mikroorganizmusok, melyek közvetlen és közvetett mechanizmusuk segítségével jótékony hatással vannak a növény növekedésére, termés hozamára, megkötik a káros nehézfémeket, korlátozzák a patogének felszaporodását (Glick et al., 2007). Javítják továbbá a talajok fizikai, kémiai, biológiai tulajdonságait is: a mechanikai ellenállást, a talaj szerkezetét, stabilizálják az aggregátumokat, és növelik a talaj szervesanyag-tartalmát. A PGPB-k használatával nő a talajok nitrogén-, foszfor- és egyéb tápanyag-tartalma, így csökkenthető a bevitt szintetikus műtrágyák mennyisége (Hayat et al., 2010).

Ezen mikroorganizmusok képesek fokozni a növények tápanyagfelvételét is. A paradicsom számára kritikusnak számító foszfor feltáródását egyes foszformobilizáló baktériumok segíthetik, mint pl. a *Bacillus* és a *Pseudomonas* törzsek (Khan et al., 2009). Képesek a nehezen feltáródó foszforformákat is feltárni, például a természetes eredetű rock foszfátot oldatba

hozni és elérhetővé tenni a növények számára, ezáltal növelve a gyökér- és hajtáshosszt, a friss- és száraztömeget. Ezen tulajdonságok miatt ezért jól beilleszthetők az ökológiai termesztés gyakorlatába is (Hariprasad és Niranjana, 2009). Emellett növekedésszabályozó anyagokat bocsátanak ki: auxint, citokinint, gibberellint és poliaminokat, melyek elősegítik a növény növekedését (El-Tarabily et al., 2008).

A *Bacillus amyloliquefaciens* egy Gram pozitív, nem patogén talajbaktérium. Hasonlóan a legtöbb *Bacillus* fajhoz, a *B. amyloliquefaciens* is képes endospórákat létrehozni, ezzel átvészelné a kedvezőtlené váló környezeti körülményeket. Több törzsük gombaellenes tulajdonságokkal is rendelkezik, illetve képes a talajban a nitrogén hozzáférhetőség befolyásolására. A termésnövelő mikrobiális oltóanyagok, bioeffektor (BE) termékek között a spórás mikroorganizmusokból állók a környezeti (stressz) tényezőkkel szemben toleránsak. A spórás *Bacillus* fajok elterjedt talaj mikroorganizmusok és ismert kereskedelmi oltóanyagok. Leginkább a szerves anyagokat lebontó képességük miatt emelik ki és ilyen irányú felhasználásuk a leginkább elterjedt. A szalma beszántásánál ismert „pentoán” hatást is *Bacillus* törzsek alkalmazásával javasolják csökkenteni (Simpson, 1956). Ismert a biotikus (patogének) és az abiotikus (vízhiány, só, hőmérséklet) stresszhatások kivédésében játszott szerepük is (Yang et al, 2009). A *Bacillus*ok képesek a nehezen feltáródó foszfor mobilizálására is, ezáltal mérsékelve a műtrágyák okozta környezetszennyezést (Bashan et al, 2013). Ökológiai termesztési körülmények között ez a tulajdonság különösen felértékelődik, ezért számos bioeffektor alkalmazása ott is célszerű lehet (Rodriguez és Fraga, 1999). Munkánk során arra keressük a választ, hogyan befolyásolja a paradicsom hajtástömegének fejlődését, termés hozamának mennyiségét a talajhoz adott bioeffektor mikroorganizmus? Azt feltételeztük, hogy a kezelés hatására nagyobb hajtástömegeggyel és magasabb termés hozammal számolhatunk. A kereskedelmi oltóanyag hatását léptéknövelő módon a kontrollált fényszobától a valós termesztési körülményekig ellenőriztük.

ANYAG ÉS MÓDSZER

Kísérleteinket tenyészedenyes és szabadföldi körülmények között végeztük. Mindkét esetben a RhizoVital *Bacillus amyloliquefaciens* FZB42 baktérium törzset tartalmazó oltóanyagot (BE3) alkalmaztuk paradicsom (*Solanum lycopersicon* Mill. 'Mobil') teszt növényekkel. Hasonlóan a szabadföldi (SZF) kísérletekhez, a tenyészedenyes kísérletben is BCE Soroksári Tangazdaság Ökológiai Ágazatából származó talajt használtunk. Minden tenyészedenyesbe 2500g talajt tettünk. A talaj harminc napos inkubálása után 4-4 edényben 3-3 db magot ültettünk, majd palántakorban kiegyeltük őket. Az előírásoknak megfelelően az oltóanyagot 2×10^6 cfu/g talaj dózisban, két alkalommal használtuk az edényekben, a vetéssel egy időben, valamint két lomblevelés állapotban. A kontroll edényekhez desztillált vizet adtunk az említett időpontokban. A kísérletet 4 ismétlésben állítottuk be és termésérésig neveltük a növényeket 24°C-os nappali és 18°C fokos éjszakai hőmérsékleten és 40%-os vízkapacitásra öntöttük őket. Kéthetente bonitáltuk őket; megállapítottuk a fejlettségüket, mértük a hajtások hosszát, a termések számát és tömegét, majd a kultúra felszámolásakor a hajtások tömegét.

Szabadföldi viszonyok között parcellánként 45 palántát ültettünk ki, 4 ismétlésben szintén a BCE Soroksári Tangazdaságának Ökológiai termesztési ágazatánál. A palánták ebben az esetben is kétszeres oltást kaptak, vetéskor a tenyészedenyes kísérlettel azonos módon, a szabadföldi kiültetésekor pedig növényenként 1 ml oltóanyagot ($2,5 \times 10^{10}$ cfu/ml dózisban) adtunk 250 ml öntözővízben elosztatva. Szintén mértük a hajtások hosszát, a termések számát, mennyiségét is a kétheti bonitálás mellett, végül a hajtások tömegét. Mind a tenyészedenyes, mind a szabadföldi kísérlet eredményeit egytényezős varianciaanalízissel értékeltük ki.

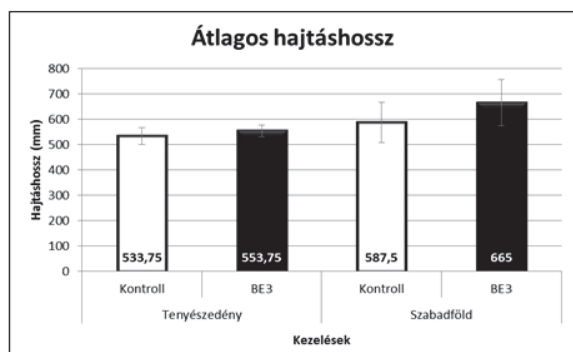
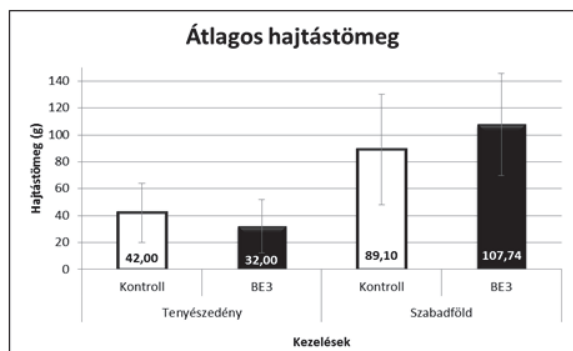
A szakirodalom megemlíti továbbá, hogy az inhibitor vegyületeket tartalmazó *Bacillus* törzsek antagonista viselkedésük miatt felhasználhatók biológiai védekezésre (Ongena és

Jacques, 2008), így a betakarítás során vizsgáltuk az egészséges és beteg termések mennyiségét, hogy vajon változott-e az arány a bioeffektor alkalmazásának hatására?

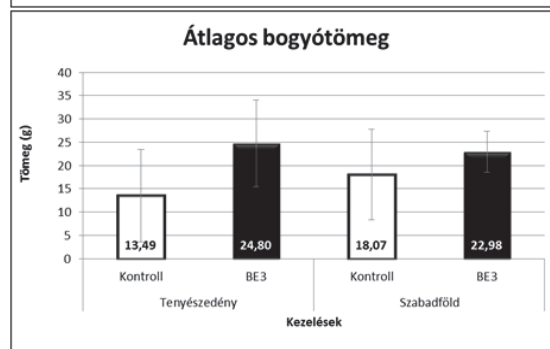
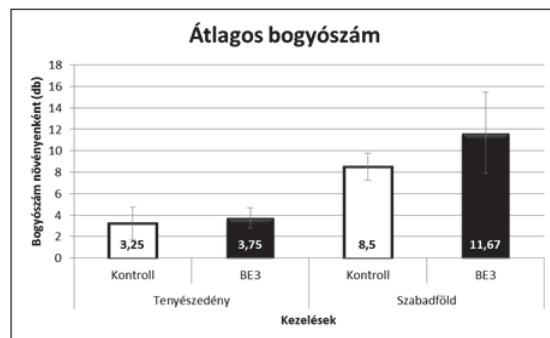
EREDMÉNYEK, DISZKUZZIÓ

Bacillus oltóanyag hatása a paradicsom növekedésére: a bioeffektor kezelés kis mértékben, de kedvezően hatott a paradicsomok hajtáshosszára, valamint ezzel egyenes arányban a bogyók nagyságára és tömegére is, illetve szabadföldön a hajtástömeg is pozitív értékben változott, ám szignifikáns különbséget egyik esetben sem tapasztaltunk (1-2. ábra).

A kísérleti körülmények hatásának összehasonlítása: az alkalmazott oltóanyag mind a tenyészedényes, mind a szabadföldi körülmények között pozitív hatású volt, bár a változatos ökológiai körülmények között ez mérsékelt módon nyilvánult meg a bogyók nagyságára nézve (2. ábra).



1. ábra: *Bacillus amyloliquefaciens* oltóanyag hatása a paradicsom növény hajtáshosszára és -tömegére

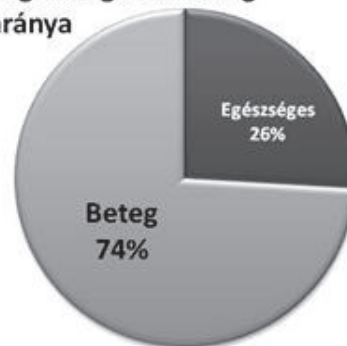


2. ábra: *Bacillus amyloliquefaciens* oltóanyag hatása a paradicsom bogyószámára és -tömegére.

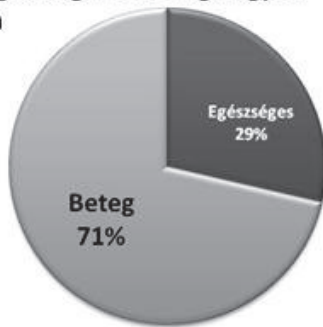
A termés minőségi tulajdonságai: a szabadföldi kísérlet során a betakarításakor figyelembe vettük a beteg és egészséges bogyók arányát is. A csapadékos időjárás miatt a kontroll növényeken igen nagy volt a beteg termések száma, az egészséges, eladható bogyók csupán a töredékét adták az össztermésnek.

Ezzel szemben a *Bacillus amyloliquefaciens* bioeffektorral kezelt parcellákon ez az arány kis mértékben ugyan, de eltolódott az egészséges gyümölcsök aránya felé (3. ábra).

Kontroll: egészséges és beteg bogyók aránya



BE3: egészséges és beteg bogyók aránya



3. ábra: Az egészséges és beteg termékek aránya a paradicsom növényen *Bacillus bioeffektorral* kezelt és kezeletlen területen

Az általunk alkalmazott spórás bioeffektor oltóanyag szükségessége a paradicsom ter-

mesztésében igazolást nyert. Mind a tenyészedényes, mind a szabadföldi körülmények közt pozitív eredményt értünk el az oltóanyag használatával. Szabadföldön a 2014-es csapadékos, rossz időjárási körülmények, illetve a kedvezőtlen talajfeltételek mellett is közel azonos javulást tapasztaltunk, mint a tenyészedényes kísérlet esetében. A jövő útja a természetes talajállapot visszaállítása, olyan környezetbarát anyagok felhasználásával, amelyek növelik a talaj termőerejét, ugyanakkor nem veszélyeztetik a környezetet, és védik, illetve visszaállítják az egészséges ökoszisztémát.

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

A kísérletek támogatásáért az Eu-Kp7 Biofactor (www.biofactor.info) „Resource Preservation by Application of BIOeffECTORs in European Crop Production” (Grant Agreement no. 312117) projektnek mondunk köszönetet.

HIVATKOZÁSOK

- [1.] Bashan, Y., Kamnev A.A. and Luz. E. (2013): Tricalcium-phosphate is inappropriate as an universal selection factor for isolating and testing phosphate-solubilizing bacteria that enhance plant growth: a proposal for an alternative procedure. *Biofertil Soils*, 49: 465-479.
- [2.] Biró, B., Szili-Kovács, T., Anton, A. (2010): A rekultivációtól a remediációig. *Agrokémia és Talajtan*, 59: 409-422.
- [3.] Caldeira, A.T., Feio, S.S., Arteiro, J.M.S., Coelho, A.V., Roseiro, J.C. (2007): Environmental dynamics of *Bacillus amyloliquefaciens* CCM1 1051 antifungal activity under different nitrogen patterns. *J. Applied Microbiol.*, 104: 806-816.
- [4.] Den Hollander, N.G., Bastiaans, L., Kropff, M.J. (2007): Clover as a covercrop for weed suppression in an intercropping design. Characteristics of several clovers species. *Eur. J. Agron.* 26: 92–103.
- [5.] Devi, M., Dhaliwal, M.S., Kaur, A., Gosal, S.S. (2008): Effect of growth regulators on in vitro morphogenetic response of tomato. *Indian J. Biotechnol.*, 7: 526-530.
- [6.] El-Tarabily, K.A., Nassar, A.H., Sivasithamparam, K. (2008): Promotion of growth of bean (*Phaseolus vulgaris* L.) in a calcareous soil by a phosphate-solubilizing, rhizosphere competent isolate of *Micromonospora endolithica*. *Appl. Soil Ecol.*, 39:161-171.
- [7.] Fekete, I., Kotroczó, Zs., Varga, Cs., Nagy, P.T., Várbíró, G., Bowden, R.D., Tóth, J.A., Lajtha, K. (2014): Alterations in forest detritus inputs influence soil carbon concentration and soil respiration in a Central-European deciduous forest. *Soil Biol. Biochem.*, 74:106-114.

- [8.] Fekete, I., Kotroczó, Zs., Varga, Cs., Veres, Zs., Krakomperger, Zs., Tóth, J.A. (2011): Effects of DIRT treatments on the enzyme activities of the soil in Sikfokut site. *Studia Universitatis "Vasile Goldiș", Seria Științele Vieții*. 21(4): 779-784.
- [9.] Glendining, M.J., Dailey, A.G., Williams, A.G., van Evert, F.K., Goulding, K.W.T., Whitmore, A.P. (2009): Is it possible to increase the sustainability of arable and ruminant agriculture by reducing inputs? *Agric. System*, 99: 117-125.
- [10.] Glick, B.R., Todorovic, B., Czarny, J., Cheng, Z., Duan, J., McConkey, B. (2007): Promotion of plant growth by bacterial ACC deaminase. *Crit. Rev. Plant Science*, 6: 227–242.
- [11.] Hariprasad, P., Niranjana, S.R. (2009): Isolation and characterization of phosphate solubilizing rhizobacteria to improve plant health of tomato. *Plant and Soil*, 316: 13-24.
- [12.] Hayat, R., Ali, S., Amara, U., Khalid, R., Ahmed, I. (2010): Soil beneficial bacteria and their role in plant growth promotion: a review. *Annals Microbiol.*, 60 (4): 579-598.
- [13.] Helyes L.(1999): A paradicsom és termesztése. SYCA Szakkönyvszolgálat, Budapest. pp. 233.
- [14.] Khan, A.A., Ghulam, J., Akhtar, M.A., Naqui, S.M.S., Rasheed, M. (2009): Phosphorus solubilizing bacteria: Occurrence, mechanisms and their role in Crop Production. In: *J. Agric. Biol. Science*. 1(1):48-58.
- [15.] Kotroczó, Zs., Veres, Zs., Fekete, I., Krakomperger, Zs., Tóth, J.A., Lajtha, K., Tóthmérész, B. (2014): Soil enzyme activity in response to long-term organic matter manipulation. *Soil Biol. Biochem.*, 70: 237-243.
- [16.] Ongena, M.; Jacques P. (2008): Bacillus lipopeptides: versatile weapons for plant disease biocontrol. *Trends in Microbiol.* 16(3): 115-125.
- [17.] Priest, F., Goodfellow, M., Shute, L., Berkeley, R. (1987): *Bacillus amyloliquefaciens* sp. nom., nom. rev. *Internat. J. Systematic Bacteriol.*, 37: 69-71.
- [18.] Rodriguez, H., Fraga, R. (1999): Phosphate solubilizing bacteria and their role in plant growth-promotion. *Biotechnol. advances*, 17.4: 319-339.
- [19.] Simpson, F.J. (1956): Microbial pentosanases: Some factors affecting the production of pentosanases by *Bacillus pumilus* and *Bacillus subtilis*. In: *Canadian J. Microbiology*, 2(1): 28-38.
- [20.] Terbe I., Hodossi S., Kovács A. (2005): Zöldségtermesztés termesztő-berendezésekben. *Mezőgazda Kiadó, Budapest*. p. 153-165.
- [21.] Tóth, J.A., Nagy, P.T., Krakomperger, Zs, Veres Zs., Kotroczó Zs., Kincses S., Fekete I., Papp, M., Mészáros, I., Viktor, O. (2013): The effects of climate change on element content and soil pH (Síkfőkút DIRT Project, Northern Hungary). In: J. Kozak et al. (eds.), *The Carpathians: Integrating Nature and Society Towards Sustainability*, Environmental Science and Engineering, Springer-Verlag Berlin Heidelberg pp. 77-88.
- [22.] Veres, Zs., Kotroczó, Zs., Magyaros, K., Tóth, J.A., Tóthmérész, B. (2013): Dehydrogenase activity in a litter manipulation experiment in temperate forest soil. *Acta Silv. Lign. Hung.*, 9:25-33.
- [23.] Yang, J., Kloepper, J.W., Ryu, C-H. (2009): Rhizosphere bacteria help plants tolerate abiotic stress. *Trends Plant Science*. 14(1): 1-4.