

Gáspár Tamás - Dudás Anita - Kotroczó Zsolt - Wass-Matics Heléna -
Trugly Bence - Győri Attila - Szalai Zita - Biró Borbála

Bioeffektor talajoltóanyagok alkalmazási módszerfejlesztése tenyészedény-kísérletben paradicsommal

Tamás Gáspár, Dudás Anita, Zsolt Kotroczó, Heléna Wass-Matics, Bence Trugly, Attila Győri, Zita Szalai, Borbála Biró: Application of bioeffector soil inoculation method development in a pot experiment with tomato

Summary

*Fertilizers, pesticides, soil disinfectants and other agrochemicals enormously have increased the agricultural productivity recently. Beside the well-accepted positive yield-effects, however, the structural soil-degradation, acidification, decrease of soil life and soil health is also known. Alternative technologies are urgently needed to develop for the sustainable agri-, horti-, viti- and silvicultural productions. The beneficial microorganisms, used as biofertilizers, biopesticides and/or soil-vitality products can reduce those disorders; therefore their use is increasing simultaneously. Bioeffector (BE) products, containing vital strains of the beneficial microorganisms might improve the qualitative and quantitative properties of the plants. The effects of BE1 - *Trichoderma harzianum* T-22; BE2 - *Pseudomonas* sp.; BE3 - *Bacillus amyloliquefaciens* Rhizovital 42 F1 were tested in large-pot experiment of using tomato (var. Mobil) in 4 replicates. The BE-s were applied according to the instructions of the producers, in 1 step with the sewing. Before the emergence of the tomato seedlings the BE products was enhancing primarily the growth of the weeds, which is known to develop much faster, than the host. Among the tested bioeffectors, the BE 3, known to enhance P-uptake proved to be the most efficient, both as single and as combined inoculums. Result was comparable with the fertilizer (triple-superphosphate) addition. Study has shown, that the application of BE products might be accompanied more seriously with the used agricultural technology and the physiological properties of the living biofertilizer strains. A second inoculation after the seed emergence and/or the plantation could be highly suggested mainly with BE 3, which might mobilize the hardly available phosphorous in the soil.*

Keywords: agricultural productivity, alternative technologies, bioeffector

ÖSSZEFOGLALÓ

Az elmúlt évtizedekben a műtrágyák, növényvédő szerek, talajfertőtlenítők és más vegyipari agrokémiai termékek látványosan növelték a mezőgazdaság termelékenységét. Napjainkra a sokszor gondatlan és túlzott használat – pozitív hatásai mellett – a talajok szerkezeti romlását, savanyodását, a talajélet nagyfokú csökkenését is magával hozta. A fenntartható szemléletű termesztéshez olyan mikrobiális oltóanyagok,

bioeffektor termékek nagyobb fokú felhasználására van szükség, amelyek képesek javítani a növény mennyiségi és minőségi tulajdonságait. Munkánk során Európában már bevezetett kereskedelmi oltóanyagok alkalmazásának hatásait vizsgáltuk tenyészedényes kísérletben, három bioeffektor (BE) termékkel: BE1 - *Trichoderma harzianum* T-22; BE2 - *Pseudomonas* sp.; BE3 - *Bacillus amyloliquefaciens* Rhizovital 42 F1. Tenyészedényes kísérletben kerestük a

termékek közti különbségeket, az alkalmazás módjától és idejétől, illetve a foszfor-formák felvehetőségétől függően is. A bioeffektorokat a gyártók által javasolt módon a vetéssel egy időben adagoltuk. Megállapítottuk, hogy azok a gyomok gyorsabb kelése miatt a gyomok biomasszáját növelték, megelőzve a paradicsomot. A leghatékonyabbnak, a P-felvételt javítani képes BE 3 oltóanyag bizonyult. A bioeffektorok alkalmazásánál ezért a növény és az alkalmazott törzsek élettani igényei, potenciálja mellett a technológiai alkalmazási lehetőségeket is javasolt figyelembe venni.

Kulcsszavak: mezőgazdasági termelékenység, bioeffektor

SZAKIRODALOMI ÁTTEKINTÉS

Az intenzív mezőgazdasági szemlélet a természetes adottságokat és erőforrásokat kiaknázva érte el a megcélzott előnyöket, az ebből eredő hátrányokat pedig az ipari anyagok és eszközök egyre nagyobb mérvű felhasználásával ellensúlyozza (Sántha 1993). Ennek a folyamatnak a részeként a mezőgazdaság kizárólag a talaj tápanyag-utánpótlására szorított (Sántha 1993; Kerekes 2007) és nem vette figyelembe a talajélet meghatározó szerepét. Az ember a termelési eredmények növelése érdekében kifejtett tevékenységével megbontotta az évezredek során kialakult egyensúlyt (Bezdicsek et al. 1996). Jelentősen megnőtt a talajok környezeti terhelése (Barna 2008; Nagy 2009; Horváth 2011).

A mikroorganizmusok a talajban számos folyamatban részt vesznek. A szerves anyagok bontását segítik elő (Kotroczó et al. 2014; Fekete et al. 2014; Fekete et al. 2011), az ásványi tápanyagok átalakításában vesznek részt, a különböző vegyületeket oldhatóvá teszik, fokozva a növények számára hozzáférhető tápanyagok mennyiségét (Tóth et al. 2013).

A növények által felvett tápanyagok utánpótlása nélkül a talaj tápanyagkészlete csökken, termékenysége romlik. A környezetkímélő tápanyag-gazdálkodás fontos feladatának tekintik az okszerű és jól megtervezett tápanyag-utánpótlás megvalósítását, a kemikáliák, mű-

trágyák ésszerű használatát (Jakab et al. 2011; Biró 2002).

Az utóbbi években a fentiek miatt elterjedt a különböző mikrobiológiai készítmények, baktériumtrágyák mezőgazdasági termesztésben történő felhasználása (Biró 2003). A mikrobiális oltóanyagok elvárt hatásai sokrétűek és azt számos tényező (az alkalmazás ideje, módja, mennyisége és nem utolsósorban az időjárási, környezeti körülmények) is befolyásolhatja (Trebicka et al. 2012; Akter et al. 2013). A termés mennyisége mellett fontosak a minőségi elvárások is, azaz az úgynevezett funkcionális élelmiszerek létrehozása (Canene-Adams et al. 2005). Számos esetben a talajokhoz felhasznált bioeffektor mikroorganizmusok nem a vizsgált növényekre vannak hatással, de egyéb indirekt szerepük is lehet. Az alkalmazás ideje, módja, főleg a talaj foszfor-formájától függően is lehet egy kritikus tényező (Schmidt et al. 2010). A kedvező hatású mikroorganizmusok által kiválasztott anyagok gátolhatja a fitopatogén mikroorganizmusok szaporodását is, azok a tápanyagokért folytatott versengésben alulmaradhatnak. Ez a folyamat különösen felértékelődik a rhizoszférában (Yang and Crowley 2000; Biró et al. 2012). A hasznos talajbaktériumok, vagy baktérium trágyák ideális körülmények között nélkülözhetetlen szerepet játszanak a talaj termőképességének fenntartásában. Megkötik és a növények számára felvehető állapotba hozzák a levegő nitrogénjét, elősegítik a talajban lévő P és K felvételét (Buzás 1987), valamint gondoskodnak a talajba került szerves anyagok lebontásáról is (Sundara et al. 2002; Kotroczó et al. 2012). A baktérium trágyák legfontosabb tulajdonságai a talajképzés, talajfertőtlenítés, cellulózbontás, humifikáció, melynek következtében beszélhetünk a dinamikusabban és egészségesebben fejlődő növényállományról (Solti 2004).

A paradicsom, napjaink egyik legjelentősebb a zöldség-növénye, nemcsak a világon, de Magyarországon is fontos szerepe van a zöldségtermesztésben, mind hajtásban, mind, pedig szabadföldön. Mindez a nagy biológiai értékének, sokoldalú felhasználhatóságának és viszonylag a nagy termésbiztonságának köszön-

hető. A paradicsom piros színanyagát a likopin adja, mely a karotinoidok családjába tartozó, aciklikus szerkezetű élelmiszeralkotó bioaktív vegyület. A paradicsomnak jelentős szerepe van ezért és vitamin-tartalma miatt is az egészséges táplálkozásban (Devi et al. 2008) is. A paradicsom (*Solanum lycopersicum* L.) fajok a *Solanacea* (Burgonyafélék) családba tartoznak (Borhidi 1995). A paradicsom növekedése kezdetén erős karógyökérrel rendelkezik, majd a tenyészidőszak folyamán azonos értékű oldalgyökereket fejleszt (Helyes 1999). A paradicsom bogyótermése változatos alakú, különböző méretű és színű. A bogyó minőségét erősen befolyásolja a talaj tápanyagainak a mennyisége. Környezeti igénye szerint a paradicsom a nagy párologtató lombfelület miatt vízigényes és nagy fényigénnyel is jellemezhető növény. Magasabb hőmérséklet mellett korábban beérik, de hozama kisebb lesz, mint mérsékeltebb hőmérsékleten (Koródi 2000; Farkas 1994). Piacképes előállítását leginkább a talaj tápanyagtartalma befolyásolja (Helyes 1999). A termesztés során alaptrágyázást és kiegészítő trágyázást is kell alkalmazni. Ezekben a kiegészítő trágyázási módszerekben egyre nagyobb hangsúlyt kapnak a környezet- és talajkímélő, fenntartható gazdálkodásokban is eredményesen alkalmazható mikrobiális oltóanyagok, baktérium trágyák. Az általunk használt kereskedelmi oltóanyagok a *Trichoderma harzianum* T-22 (BE1); *Pseudomonas* sp.(BE2) és *Bacillus amyloliquefaciens* 42 F1 (BE3) voltak.

Munkánk során arra keressük a választ, hogy hogyan befolyásolja a paradicsom hajtástömegének és növekedésének a fejlődését, terméshozamának mennyiségét a talajhoz adott bioeffektor mikroorganizmus készítmény? Milyen hatások várhatók el az egyes oltóanyag-típusok között azok élettani, fiziológiai tulajdonságai szerint? A három kereskedelmi oltóanyag összehasonlító hatásértékelését kontrollált fényszobai körülmények között ellenőriztük.

A VIZSGÁLATOK MÓDSZEREI

A kísérletekhez a *Solanum lycopersicon* Mill. 'Mobil' paradicsom fajtát alkalmaztuk. A növényeket 3 literes tenyészédekben neveltük. A

talajt harminckét hétig inkubáltuk, majd edényenként 3-3 db magot vetettünk. Kikelés után edényenként csak 1-1 növényt hagytunk meg. Minden kezelést 4-4 ismétlésben állítottunk be. A kísérlethez a BCE Soroksári Tangazdaság Ökológiai Ágazatából származó talajt használtuk. A területen a Duna hordalékából származó és többségében a szél által szállított humuszos homoktalaj található (Fekete et al. 1967), a humuszos réteg vastagsága 40 cm-nél kisebb, a humusztartalom 1% körüli. Az ilyen humuszos homoktalajok kiválóan alkalmasak zöldségtermesztésre és hagymás dísznövények szaporítására (Stefanovits 1999).

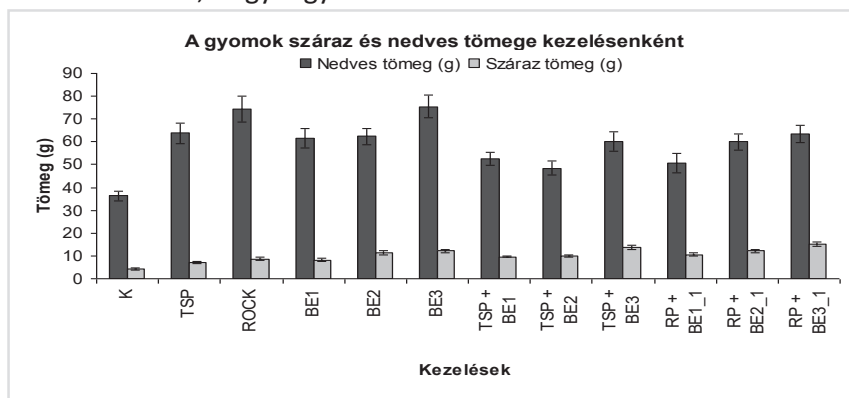
A kísérlethez a következő bioeffektor mikrobákat alkalmaztuk: BE1 - *Trichoderma harzianum* T-22; BE2 - *Pseudomonas* sp.; BE3 - *Bacillus amyloliquefaciens* Rhizovital 42 F1. A felhasznált oltóanyagokat a gyártók utasításai szerint alkalmaztuk a magvetéssel egy-időben és két lomblevelés állapotukban (BE1: $2,5 \times 10^4$; BE2: 2×10^6 ; BE3: 2×10^6). A Kontroll edényekben BE nélküli kezelés történt. A kezeléseket mellett és kombinációban foszfor-műtrágya kiegészítés is történt. A könnyen felvehető foszfor, triplaszuperfoszfát (TSP) adagja 0,62 g/tenyészedény volt. A nehezen felvehető Rock-foszfátot 1,59 g/tenyészedény dózisban adagoltuk. Mértük a paradicsom hajtáshosszát, gyökértömegét, hetente bonitáltuk a növények fejlettségét. A kikelt gyomnövények biomasszáját a főnövény 4 hetes korában vizsgáltuk. Az eredmények értékeléséhez egytényezős varianciaanalízist használtunk.

EREDMÉNYEK ÉS ÉRTÉKELÉSÜK

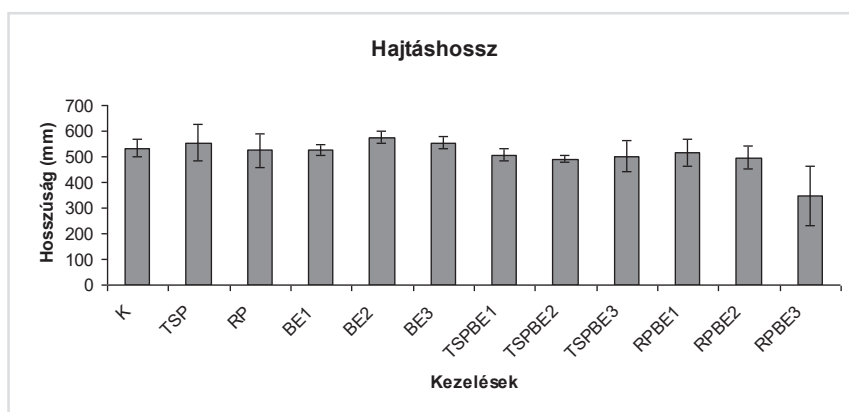
A paradicsom csírázását a gyomok kelése megelőzte. A BE-kezelések hatására így kezdetben a gyomok mennyiségének a növekedését érzékeljük mindhárom terméknél és a kombinációknál is az oltatlan kontrollhoz viszonyítva (1. ábra). A gyomnövények tömegében megfigyelhető, hogy a BE-kezelések hatására növekedett azok biomasszája a kezeletlen edények gyomnövény tömegéhez képest. A három bioeffektor terméket összehasonlítva, különösen a *Bacillus* spórás mikroszervezetet is tartalmazó BE 3 hatására kaptunk nagyobb gyom-tömeget.

A gyomok eltávolításával egy időben mértük a paradicsom különböző tulajdonságait. Megállapítottuk, hogy a növény hajtáshossza lényegében nem különbözött szignifikánsan az egyes kezelések hatására a kontrolltól, még a könnyen felvehető TSP foszforral kezelt edényeknél sem (2. ábra). Ennek oka lehet, hogy a gyorsab-

ban csírázó gyomnövények hamarabb képesek hasznosítani a már rendelkezésre álló tápanyagokat, így a foszfort is. A gyomoknak az edényekből történő eltávolítása után így egy második bioeffektorokkal való oltásra volt szükség, az előzővel azonos módon.



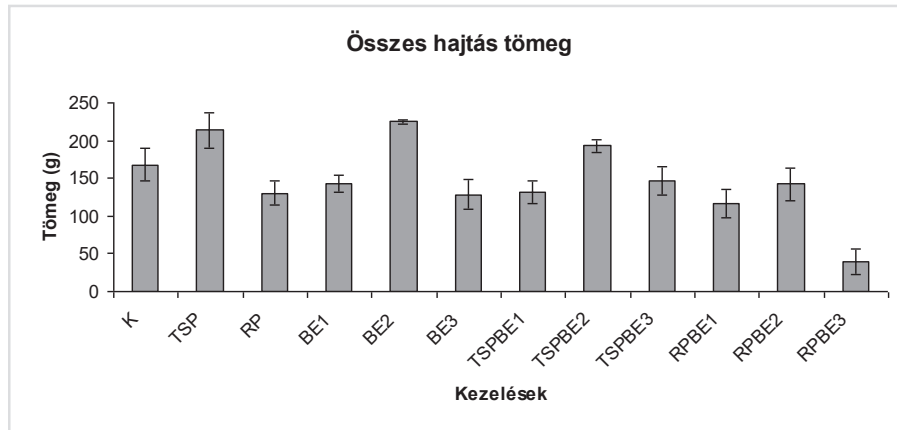
1. ábra: A gyomnövények mennyiségének alakulása három bioeffektor (BE) és könnyen (TSP), valamint nehezebben (Rock) feltáródó foszfor-kezelések hatására. *Tenyészedeny-kísérlet, BCE, 2014.*



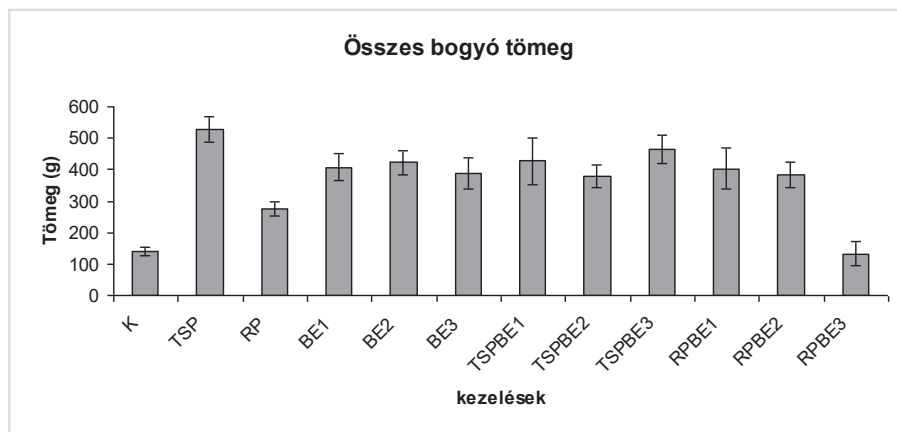
2. ábra: A paradicsom hajtáshosszának alakulása három bioeffektor (BE) és könnyen (TSP), valamint nehezebben (Rock) feltáródó foszfor-kezelések hatására. *Tenyészedeny kísérlet, BCE, 2014.*

A kezelések hatása a hajtástömeg különbségeiben mutatkozott meg (3. ábra). A TSP-vel, a BE2-vel, illetve a kettő kombinációjával kezelt tenyészedenyekben a paradicsom hajtástömege nagyobb volt mind a Kontrollhoz, mind a többi kezeléshez viszonyítva. Egyes talajmikroorganizmusok képesek különböző anyagok termelésével védelmet biztosítani a rizoszférában a magasabb rendű növényeknek. A mikrobiotikus védelem történhet szekunder anyagcseretermékek és/vagy természetes eredetű antibiotikumok termelésével. A baktériumok között ezt a túlélési stratégiát leginkább a különböző *Bacillus* és *Pseudomonas* fajoknál

figyelték meg (Landsberg 1949; Höflich et al. 1995). A növényi növekedés serkentésére bizonyos *Pseudomonas* fajok úgy is képesek, hogy növekedésszabályozó (PGR) anyagokat, auxinokat tudnak létrehozni. A BE-kezelések és a könnyen, illetve nehezen feltáródó foszforformák így egyaránt kedvező hatásúak a paradicsom bogyótömegének a mennyiségére (4. ábra). Mindezek mellett megállapítottuk, hogy a BE termékek különböző kombinációi is kedvező hatást gyakoroltak a paradicsom termésére. A nehezen feltáródó rock-foszfat kezelésnél azonban a BE3 kombináció (RPBE3) nem különbözött szignifikánsan a kezeletlen kontrolltól.



3. ábra: A paradicsom hajtástömegének változása három bioeffektor (BE) és könnyen (TSP), valamint nehezebben (Rock) feltáródó foszfor kezelések hatására. Tenyészedény-kísérlet, BCE, 2014.



4. ábra: A paradicsom átlagos bogyótömegének változása a három bioeffektor (BE) és könnyen (TSP), valamint nehezebben (Rock) feltáródó foszfor-kezelések hatására. Tenyészedény-kísérlet, BCE, 2014.

KÖVETKEZTETÉS ÉS JAVASLATOK

Kereskedelmi bioeffektor készítmények hatását vizsgáltuk egyedi, vagy kombinált alkalmazásban könnyen, vagy nehezebben feltáródó foszfor-trágyával, kezeletlen kontrollhoz viszonyítva. A paradicsom vontatott kelése miatt a bioeffektor készítmények a vetéssel egy időben alkalmazva a gyomok növekedését befolyásolták pozitívan. A három bioeffektor között a vizsgálatokban a BE3 készítménynek a pozitív

hatása nyilvánult meg a leginkább. A gyenge termőképességű, kis humusz-tartalmú talajon a foszfor feltáródását előmozdítani képes *Bacillus* tartalmú bioeffektor fejtett ki kedvező hatást. Megállapíthatjuk ezért, hogy az élő mikroorganizmust is tartalmazó bioeffektor termékek alkalmazását célszerű a növényi technológiai alkalmazással optimalizálni és figyelembe kell venni az alkalmazott mikroorganizmus fiziológiai tulajdonságait is a kedvező hatás eléréséhez.

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

A kísérleteket az Eu-Kp7 Biofactor (www.biofactor.info) (GA 312117) és a Piac-13-1-2013-0274 számú Biochar projektek támogatták.

IRODALOMJEGYZÉK

- [1.] Akter Z, Weinmann M, Neumann G, Römheld V (2013): An *in-vitro* screening method to study the activity potential of biofertilizers based on *Trichoderma* and *Bacillus* sp. J. Plant Nutrition, 36(9), 1439-1452.
- [2.] Barna Sz (2008): Növényekre adaptálható gyors bioteszt kidolgozása talajok nehézfém-tartalmának jellemzésére. Doktori értekezés, Szent István Egyetem Gödöllő
- [3.] Bezdicek DF, Papendick RI, Lal R (1996): Importance of soil quality to health and sustainable land management. In: J.W. Doran, A.J. Jones (Eds.), Methods for assessing soil quality. Soil Science Society of America, Madison, pp. 1-8.
- [4.] Biró B (2002): Talaj és rhizobiológiai eszközökkel a fenntartható növénytermesztés és környezetminőség szolgálatában. Acta Agronomica Hungarica, 50: 77-85.
- [5.] Biró B (2003): A növény–talaj–mikroba kölcsönhatások szerepe az elemfelvétel alakulásában. In: Mikroelemek a táplálékláncban. (Szerk.: Simon L., Szilágyi M.), p. 1-11. Bessenyei Gy. Könyvkiadó. Nyíregyháza.
- [6.] Biró B, Kádár I, Lampis S, Gullner G, Kőmíves T. (2012): Inside and outside rhizosphere parameters and dose-dependent stress alleviation at some chronic metal exposures. Acta Phytopathologica et Entomologica Hungarica, 47(2): 373–384.
- [7.] Borhidi A (1995): A zárwatermők fejlődéstörténeti rendszertana. Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest
- [8.] Buzás I (1987): Bevezetés a gyakorlati agrokémiába. Mezőgazdasági Kiadó. Budapest.
- [9.] Canene-Adams K, Campbell JK, Zaripheh S, Jeffery EH, Erdman JW (2005): The tomato as a functional food. J. Nutrition, 135(5): 1226-1230.
- [10.] Devi M, Dhaliwal MS, Kaur A, Gosal SS (2008): Effect of growth regulators on *in vitro* morphogenetic response of tomato. Indian J. Biotechnol., 7: 526-530.
- [11.] Farkas J (1994): Paradicsom. In: Balázs S (szerk): Zöldségtermesztők kézikönyve. Mezőgazda kiadó, Budapest, p.195-226.
- [12.] Fekete Z, Hargitai L, Zsoldos L (1967): Talajtan és agrokémia. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest.
- [13.] Fekete I, Kotroczó Zs, Varga Cs, Nagy PT, Várbíró G, Bowden RD, Tóth JA, 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.
- [14.] Fekete I, Kotroczó Zs, Varga Cs, Veres Zs, Krakomperger Zs, Tóth JA (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.
- [15.] Helyes L (1999): A paradicsom és termesztése. SYCA Szakkönyvszolgálat, Budapest
- [16.] Horváth E (2011): Talaj- és talajvízvédelem. Digitális Tankönyvtár, TÁMOP 4.2.5 Pályázat könyvei.
- [17.] Höflich G, Wiehe W, Hecht-Buchholz C (1995): Rhizosphere colonisation of different crops with growth promoting *Pseudomonas* and *Rhizobium* bacteria. Microbiol. Research, 150: 139-147.
- [18.] Jakab A, Kátai J, Tállai M, Balláné Kovács A (2011): Baktériumtrágyák hatása a mézlepédéses csernozjom talaj tulajdonságaira és az angolperje (*Lolium perenne* L.) biomasszájára. Agrokémia és Talajtan, 60(1): 219-232.
- [19.] Kerekes S, Fogarassy Cs (2007): Környezetgazdálkodás, fenntartható fejlődés. Debreceni Egyetem Agrár- és Műszaki Tudományok Centruma Agrárgazdasági és Vidékfejlesztési Kar, Debrecen 2007.

- [20.] Koródi L (2000): Paradicsom. In: Balázs S. (szerk): A zöldségajtatás kézikönyve. Mezőgazda kiadó, Budapest, p. 244-285.
- [21.] Kotroczó Zs, Veres Zs, Fekete I, Papp M, Tóth JA (2012): Effects of climate change on litter production in a quercetum petraeae-cerris forest in Hungary. *Acta Silvatica Lignaria Hungarica*, 8:31-38
- [22.] Kotroczó Zs, Veres Zs, Fekete I, Krakomperger Zs, Tóth JA, Lajtha K, Tóthmérész B (2014): Soil enzyme activity in response to long-term organic matter manipulation. *Soil Biol. Biochem.*, 70: 237-243.
- [23.] Landsberg H (1949): Prelude to the discovery of penicillin. *Isis* 40 (3): 225-227.
- [24.] Nagy A (2009): Természetes kármentesítési technológiák vizsgálata. Doktori értekezés Debreceni Egyetem, Kerpely Kálmán Doktori Iskola, Debrecen
- [25.] Sántha A (1993): Az agrártermelés fő irányai, agrármodellek kialakulása és környezeti hatásai. In II. Országos Agrár-környezetvédelmi Konferencia. "Együtt a fenntartható agrártermelésért". Földművelésügyi Minisztérium.
- [26.] Schippers B, Geels FR, Hoekstra O, Lamers JG, Maenhout CA, Scholte K (1985): Yield depressions in narrow rotations caused by unknown microbial factors and their suppression by selected pseudomonads In: Ecology and management of soilborne plant pathogens. St. Paul (MN): The American Phytological Society, 462: 127-130.
- [27.] Schmidt B, Domonkos M, Şumalan R, Biró B. 2010. Suppression of AMF development by high concentrations of phosphorous at *Tagetes patula* L. *Research J. Agricult. Sciences*, 44(4): 156-162.
- [28.] Solti G (2004): Talajoltó baktériumtrágyák. *Magyar Mezőgazdaság*. 59. (39) 19.
- [29.] Stefanovits P (1992): Talajtan. Mezőgazda Kiadó, Budapest
- [30.] Sundara B, Natarajan V, Hari K (2002): Influence of phosphorus solubilizing bacteria on the changes in soil available phosphorus and sugarcane and sugar yields. *Field Crops Research* 77(1), 43-49.
- [31.] Tóth JA, Nagy PT, 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.
- [32.] Trebicka A, Oelmüller RALF, Sherameti I, Nongbri PL, Johnson JM (2012): Utilization of root-colonizing fungi for improved performance of agricultural crops. *Albanian J. of Agricult. Sci.* 11(1), 9-16.
- [33.] Vtale A, Cirvilleri G, Castello I, Aiello D, Polizzi G (2012): Ecaluation of *Trichoderma harzianum* strain T22 as biological control agent of *Calonectria Pauciramosa*. *BioControl*, 57(5), 687-696.
- [34.] Yang Ching-Hong, Crowley, David E (2000): Rhizosphere microbial community structure in relation to root location and plant iron nutritional status. *Appl. environmental microbiol.*, 66 (1): 345-351.