

Napjaink talajbiológiai kihívásai

Káta János

Debreceni Egyetem Agrár- és Gazdálkodástudományok Centruma,
Mezőgazdaság-, Élelmiszertudományi és Környezetgazdálkodási Kar,
Agrokémiai és Talajtani Intézet, Debrecen
katai@agr.unideb.hu

ÖSSZEFOGLALÁS

A szerző szemle cikk formájában irodalmi hivatkozásokkal megkísérelte összefoglalni, hogy a talajbiológiai kutatások hogyan járulhatnak hozzá a megváltozott növénytermesztési stratégiához, a fenntartható, környezetkímélő gazdálkodáshoz. Hangsúlyozta, hogy a biodiverzitás, a talaj egyik legfontosabb ökológiai funkciója, értéke. A talajban élő szervezetek, közösségek, populációk meghatározó jelentőségűek a talajtermékenység megőrzésében. Bemutatta, hogy az elmúlt évtizedek milyen kutatási témákkal foglalkoztak a hazai kutatók és a következő években milyen aktuális talajbiológiai problémákkal kell szembenéznünk. Fel kell készülni az egyre szélesebb körben elterjedő bio-készítmények, baktérium preparátumok, bioregulátorok, hatékonyságának talajbiológiai vizsgálatára. Ennek előfeltételei a talajaink biológiai állapotának sokoldalúbb ismerete, valamint a talajokat ért különböző hatások (beleértve az említett készítményekét) nyomon követése, monitoring vizsgálata.

Kulcsszavak: fenntartható gazdálkodás, környezetkímélő technológiák, biodiverzitás, talajban élő szervezetek, baktériumkészítmények

SUMMARY

The paper deals with the soil biological research and its contribution to the changed cropping strategy and to the sustainable and environmentally friendly farming and management. The paper emphasizes the importance of biodiversity, as one of the most important ecological functions of soil. The organisms, populations and communities living in the soil play a key importance in the preservation of soil fertility. The most important research areas are presented dealing with in the last decades the national researchers and the challenges we face regarding the current soil biological problems. We have to prepare to examine the soil biological effectiveness of the more widely spread bio-preparations, bacterium preparations, and bioregulators. The prerequisites are the versatile knowledge of the biological state of soils and monitoring examination of the different effects soils had (including the mentioned preparations).

Keywords: sustainable management, environmentally friendly technologies, biodiversity, soil biota, bacterium preparations

BEVEZETÉS

A talaj Magyarországon a természeti erőforrások egy figyelemre méltó részét képviseli (Várallyay, 1997). A fenntartható gazdálkodás fontos eleme a talajjal történő megfelelő gazdálkodás és annak ésszerű használata, amely nemzetgazdasági és környezetvédelmi szempontból egyaránt különösen jelentős. A fenntartható fejlődés nagyon fontos eleme a talajban lejátszódó folyamatok követése, amely egyben nagy kihívás is a szakemberek számára.

A FENNTARTHATÓSÁG ÉS A KÖRNYEZETKÍMÉLŐ AGROTECHNIKA TALAJBIOLÓGIAI ÖSZEFÜGGÉSEI

A talaj minőségét a fizikai, a biológiai állapot és a termékenység összhangja határozza meg. Ha az összhang megszűnik, romlanak a növények életfeltételei is. A talaj minőségével kapcsolatos törekvések – javítás, kímélés, megtartás – egybeesnek a fenntartható gazdálkodás céljaival. A növénytermesztést a fenntartható gazdálkodásban olyan művelés alapozhatja meg, amely létrehozza, megkíméli és megtartja a talaj kedvező, fizikai és biológiai állapotát (Birkás, 2005). A talajművelés a talaj minőség védelmén keresztül hozzájárul a környezet és a termelési rendszerek harmóniájához.

A talaj-növény rendszerben előforduló talajbiota nélkül a talaj nem tölthetné be mezőgazdasági és környezetvédelmi szempontból is fontos szerepét (Bíró, 2005). A fenntarthatóság elsődleges célja az lehet, hogy jó állapotban megőrizzük, fenntartsuk és lehetőség szerint természeti és klimatikus tényezők által behatárolt módon fokozzuk a talaj minőségét és termékenységét. A talajok az élőszervezetek létfeltételeit és működő képességét a fizikai és kémiai tulajdonságok által biztosítják, és míg az ezen tulajdonságok többsége időben kisebb mértékben változik, addig a talajok biológiai állapota folyamatos átalakuláson megy keresztül dinamikus folyamatok eredményeként. Ebből következik, hogy a talajok környezeti állapotával szemben a talajbiológiai tulajdonságok fokozott érzékenységgel rendelkeznek.

A TALAJ FUNKCIÓI

Az elmúlt évtizedekben több szerző is összefoglalta a talajok multifunkcionális szerepét. A talajok a legjelentősebb természeti erőforrásnak tekinthetők (Várallyay, 1994, 2005). Főbb funkciói: a.) reaktor és transzformáló rendszer, b.) a biomassza termelés legjelentősebb közege, c.) a hő, a víz és a növényi tápelemek és egyéb elemek raktára, d.) természetes szűrő- és detoxikáló rendszer, e.) nagy pufferkapacitással rendelkezik, f.) a bioszféra egy jelentős gén megőrzője, valamint g.) az emberi tevékenységgel kapcsolatos funkciók. Blum és Aguilar Santelise (1994) a talajok három ökológiai és három technikai, ipari és szociális-ökonómiai funkciót különített el. A talaj sokoldalú funkcióinak megközelítése eltér a két szerző esetében, de tartalmát tekintve szinte teljesen megegyezik. Mindkét meghatározásban szerepel a talaj, mint élőhely, amely bioszféra egyik gén rezervoárja.

A TALAJBIOTÁK ÉS A TALAJTERMÉKENYSÉG

A talajokban élő mikroorganizmus csoportok és a többi élőszervezet mennyiségi előfordulása, faji összetétele egyaránt fontos. Több szerző szerint a tenyésztési eljárás során az adott élőlény csoport közel 1%-a tenyészhető ki az adott vizsgálati mintából. Szabó (1989) szerint még egyetlen víz- vagy talajminta esetén sem tudjuk meghatározni az adott szubsztrátum faji összetételét. Léteznek olyan mikroorganizmusok, amelyek jelenlétét elektronmikroszkóppal lehet ugyan észlelni, de semmilyen tápközegben nem tenyészhető ki, de a kitenyészhetők egy része sem határozható meg jelenleg. A mikroorganizmus populáció dinamikájának összetétele az év során is folyamatosan változik. Ez lehet az oka annak, hogy egy talajtípus baktérium populációját sem ismerjük maradéktalanul faji szinten.

A talajok biomassza termelő képessége a talajok fizikai, kémiai és biológiai tulajdonságainak állandó és bonyolult kölcsönhatásának az eredménye. Így a talaj-növény rendszer a talajtulajdonságok és a klimatikus viszonyok által folyamatosan változhat, mivel ezek multifaktorális tényezők által befolyásolt ökoszisztémák, amelyben az egyes komponensek részaránya változhat (Bíró, 2005).

A talaj élő szervezeteinek legfőbb környezeti tényezői a talaj fizikai tulajdonságai közül a talaj textúrája, pórus viszonyai, nedvességtartalma, a talaj szerkezete és hőmérséklete. A kémiai tulajdonságok közül kiemeljük a talajok kémhatását és a kémhatáshoz kapcsolódó talaj paramétereket, a redox viszonyokat, a különböző tápanyagok koncentrációját, valamint a talaj szervesanyag készletét és kolloid tartalmát. A talajban élő szervezetek összessége, a talajbióta, amely közösségi anyagcseréje jellegzetes időben lefutó változásával a talaj „biológiai dinamikáját” valósítja meg. Az egyes talajtípusok dinamikájában megmutatkozó különbségek a mineralizációs folyamatok, a szerves anyag degradáció, az elemek körforgalmának intenzitásában és jellegében térnek el egymástól.

Egy élőlénycsoport nagyobb mennyiségű előfordulása önmagában nem jelent feltétlenül nagyobb mikrobiológiai aktivitást. Ugyanakkor egy nagyobb biológiai aktivitás sem feltételezhető egy fokozott mértékű serkentő hatást a talajtermékenységre. Ezért eddig is kudarcra voltak ítélve azok a próbálkozások, amelyek egy-egy talaj biológiai paraméterhez (cellulóz-bontás intenzitás, a nitrogénkötés mértéke) kapcsolták a talajtermékenységet (Szabó, 1989).

A talaj-növény környezetben a hasznos mikroorganizmusok legfontosabb tevékenységeit az alábbiak szerint összegezhettük (Bíró, 2005):

- a szerves anyag átalakítás: a mineralizáció és a humifikáció,
- a növényi tápanyag-felvehetőség javítása nagyobb gyökérfelülettel és foszfor mobilizációval,
- a biológiai nitrogénkötés,
- mikroorganizmusok hormonképzése elősegíti a növényi növekedést (növényi növekedést szabályozó anyagok (PGR),
- szárazságtűrés fokozása nagyobb gyökértömeg aktívabb vízfelvétele által (mikorrhiza gombák, növényi növekedést serkentő anyagok (PGPR),

- biológiai növényvédelem – biosztatikus, biocid és vaskelát anyagok – antagonisták szervezetek,
- mikroszennyezők, xenobiotikumok részleges vagy teljes lebontása,
- bizonyos élőlény csoportok részt vesznek a kőzetek biológiai mállás folyamatában (algák, fonalas gombák, zuzmók),
- javítják a talaj szerkezetét (baktériumok, gombák, gyűrűsférgék),
- biztosítják az elemek folyamatos körforgalmát,
- nagyon jelentős, a szervezetek közötti szimbiózis, mutualizmus,
- szabályozzák, befolyásolják a légköri levegő összetételét.

A TALAJBIOLÓGIAI AKTIVITÁS FOKOZÁSÁNAK LEHETŐSÉGEI

A talajfizikai, kémiai tulajdonságok, valamint a mikrobiológiai aktivitás és a talajtermékenység között szoros összefüggéseket mutattak ki. A kiegyensúlyozott víz- és tápanyag-ellátottság mellett nőtt a talajok mikrobiális tevékenysége, biológiai aktivitása és a fajok közötti, valamint a fajon, populáción belüli sokfélesége.

Az optimális vízháztartású talajokban általában kedvező talajfolyamatok alakulnak ki, így a talajbiológiai aktivitás fokozásának alábbi módjai lehetségesek (Bíró, 2005):

- a talajbiológiai aktivitást csökkentő talaj-degradációs folyamatok felderítése, kontrollálása,
- a tápanyag visszapótlás irányított és tudatos legyen, figyelembe kell venni a mikroorganizmusok tápanyag feltáró képességét,
- a talajok térbeli és időben változatosságának ismeretében a precíziós szemlélet és környezetkímélő művelési módok alkalmazása,
- a talajok szerves anyag készletének növelése, a talaj szerkezetének javítása, alternatív mezőgazdasági növények alkalmazása,
- a monokultúrás mezőgazdasági művelési módok csökkentése, vetésváltással és integrált növénytermesztési gyakorlattal,
- a xenobiotikumok, peszticidek talajbiótákra gyakorolt káros hatásainak csökkentése, kivédése,
- a talaj vízkészlet szennyeződésének csökkentése,
- a környezeti monitoring és szaktanácsadási rendszer kiterjedtebb alkalmazása, amely figyelembe veszi a talajbiológiai paramétereket is.

MIKROBIOLÓGIAI INDIKÁCIÓ, VIZSGÁLATI MÓDSZEREK

A mikroorganizmusok érzékenyen reagálnak a környezeti változásokra, ezért a mikrobiális indikációs módszerek alkalmasak a talaj állapotának, minőségének követésére (Szili-Kovács et al., 2011). A kutatási céltól függően választjuk ki a vizsgálati módszereket. A talajtermékenység nyomon követésére a mikrobiális biomassza, a talajrespiráció és a potenciális nitrogén mineralizáció elegendő lehet. A monitoring rendszerekben általában a talajok fizikai, kémiai és biológiai tényezőit komplex módon kell értékelni (Káta, 1992).

AZ ELMÚLT ÉVTIZEDEK TALAJBIOLÓGIAI KUTATÁSI IRÁNYAI

Az Agrokémia és Talajtan című folyóiratban az elmúlt 60 évben publikált talajbiológiai dolgozatok alapján a kutatási témákkal kapcsolatosan az alábbi észrevételeket tehetjük (Káta, 2012) – hat évtizedet átívelő kutatási témák között találjuk az alábbiakat:

A talajban élő szervezetek (baktériumok, sugárgombák, mikroszkopikus gombák, *Trichodema*, állati egysejtűek, fonálférgek, *Collembola*) előfordulásának, ökológiai feltételrendszerének kutatása.

A talajba kerülő növényi maradványok, szerves anyagok (cellulóz, lignin) lebontásának és átalakulásának dinamikájával kapcsolatosak vizsgálatok, a mikroba csoportok mennyiségi dinamikájának követése, valamint enzimaktivitások mérése.

Előtérbe került a talajban élő szervezetek és a növényi gyökerek közötti kapcsolat vizsgálata.

Az 1950-es és '60-as években meghatározó volt az új módszerek bevezetése, kipróbálása, kezdettől fogva merültek fel elméleti (taxonómiai vizsgálatok, modellkísérletek) és gyakorlati (istállótrágya vizsgálat, talajoltás, szennyvíziszap elhelyezés) kérdések.

Az 1970-től egyre intenzívebbé váló kemizálás korszakában már nem csak a talaj természetes tápanyagtartalmát, hanem a műtrágyázás és a peszticidek hatásait is tanulmányozták a talajban élő szervezetekre és azok aktivitására.

1980-tól újabb irányok jelentkeztek a talajbiológiai kutatásokban.

Tanulmányozták a rizoszféra és a rhizoplán mikroszimbiontáinak faji összetételét, a gazdanövényvel fennálló kölcsönhatását, a talajtulajdonságok és az ökológiai paraméterek hatását, sótűrését, nehézfém-toleranciáját.

Elkezdődött a növények és az endomikorhiza gombák kölcsönhatásának vizsgálata is, valamint a mikorhiza kapcsolat és a nehézfém-terhelés hatásainak kutatása.

Külön figyelmet érdemelnek a szennyvíziszap-kezelés, szennyvíziszap-elhelyezés és annak talajbiológiai következményeivel foglalkozó kutatási témák.

Újabb módszereket dolgoznak ki a talaj mikrobiológiai állapotának mérésére (mikrobiális biomassza-C meghatározása különböző módszerekkel, szén-dioxid képződés, baktérium közösségek vizsgálata foszfolipid zsírsav módszerrel, mikrobiális összaktivitás meghatározása fluorescein-diacetát hidrolízisének mérésével). Összefüggéseket keresnek a talajtulajdonságok és a mikrobiológiai paraméterek között.

2000 után a fenntarthatóság, a környezetkímélő, alternatív tápanyag-utánpótlás kutatásának az igénye felélesztette a korábbi „talajoltás”-t. Megjelentek a biotrágyák, baktériumtrágyák és ezzel együtt a készítmények hatékonyságának vizsgálati igénye.

Megjelentek azok a kutatási eredmények is, amelyek molekuláris biológiai módszerekkel közelítik meg a talajbiológiai kérdéseket (baktérium közösségek vizsgálata foszfolipid zsírsav módszerrel, mikroszkopikus gombák azonosítása PCR fragmentumok alapján, Bt-endotoxint termelő, transzgenikus és izogénikus toxint nem termelő kukorica rizoszférájának talajbiológiai összehasonlító értékelése).

MIKROBIOLÓGIAI KÉSZÍTMÉNYEK HASZNÁLATA

Hazánkban már az 1960-as években megjelentek az ún. „baktériumtrágya” készítmények, melyeket a mezőgazdasági termelésben használtak. A főként az egy mikroorganizmus törzset (*Rhizobium sp.*, *Azotobacter sp.*) tartalmazó készítmények bizonyultak hatásosnak. Használatuk több országban is elterjedt (Manninger és Szegi, 1963). A baktériumkészítmények, melyek főként *Rhizobium*, majd *Azotobacter sp.* is tartalmaztak, környezetkímélő technológiáknak nevezték, amelyek optimális tápelem-ellátottság mellett pozitívan befolyásolták a talajoltás eredményességét (Köves-Péchy et al., 1989). Az utóbbi években elterjedt a különböző mikrobiológiai készítmények, baktériumtrágyák mezőgazdasági természetben történő felhasználása (Bíró, 2003). A termékek alkalmazásával célzottan különféle baktériumtörzseket juttattak a talajba. Bíró et al. (2000) a kombinált, több hasznos mikroorganizmus együttes alkalmazását javasolják. Bíró szerint (2002) az „új generációs” oltóanyagok megismerése szükséges a megfelelő talaj–növény–klíma rendszerek fenntarthatóságának, illetve kármentesítésének biztosításához. A baktériumtrágyák forgalmazói a készítmények használatával a talaj mikrobiológiai aktivitásának fokozódását, a talajszerkezet javulását, a tápelemek felvehetőségének módosulását ígérik (Solti, 2004). Napjainkban egyre több mikrobiológiai készítmény kapható kereskedelmi forgalomban. A különböző összetételű mikrobiológiai oltóanyagok igazolt, kedvező hatásait támasztják alá Hegde et al. (1999), El-Kramany et al. (2001), El-Sirafy et al. (2006), Elkoca et al. (2008), Káta et al. (2008), Kincses et al. (2008), Tállai et al. (2008), Hegedüs et al. (2008), Schweinsberg-Mickan és Müller (2009), Leungvutiviroj et al. (2010), Tállai (2010) és Dardia et al. (2010) kutatási eredményei.

Hazánkban 2012-ben felhasználási területük alapján a következő terméknövelő anyagok közül választhatnak, illetve választanak a gyakorló szakemberek:

- tápanyagpótló anyagok (szerves és ásványi trágyák, levéltrágyák, komposztok, gilisztahumusz, növény kondicionálók): 86,
- termeszto közeg: 8,
- talajjavító anyagok: 44,
- talajkondicionáló anyagok: 6,
- mikroorganizmust tartalmazó készítmények: 34 (Erdős és Molnár, 2012).

Magyarországon csak olyan növényvédő szereket és terméknövelő anyagokat lehet forgalomba hozni, amelyre az engedélyező hatóság (Nemzeti Élelmiszerlánc-biztonsági Hivatal, Növény-, Talaj- és Agrárkörnyezet-védelmi Igazgatóság) engedélyokiratot adott ki. A hatóság megfelelő vizsgálatok alapján engedélyezi a készítmények kereskedelmi forgalomba kerülését. A növénytermesztés terméseredményei, annak mennyisége és minősége visszaigazolja a felhasználók helyes választását és így egyre szélesebb körben terjedhetnek a mikroorganizmusokat tartalmazó készítmények is.

Kevés információval rendelkezünk a talajba kerülő mikroorganizmusok hatásmechanizmusáról. Szabó (1989) véleménye szerint a mikroorganizmusok „eredményes betelepülését” számos tényező befolyásolja. Először is a mikroorganizmusoknak megfelelő helyen

és megfelelő időben kell jelen lennie, és rövidebb-hosszabb időt inaktív állapotban kell túlélnie. Szaporodása csak akkor indulhat meg, ha számára valamennyi nélkülözhetetlen tápanyag felvehető formában rendelkezésre áll. Nagy ökológiai toleranciával kell rendelkeznie ahhoz, hogy a fizikokémiai extrém tényezőket elviselhesse. A gyors növekedés és szaporodás képes-

ség segíthet a környezet biotikus ellenhatásainak legyőzésében. A mikrobaközösségek struktúra változása gyorsan bekövetkezik. A talajokban a heterotrófok degradációs táplálkozási láncot alkotnak, így a holt szerves anyag mellett az elpusztult mikrobák test anyagai is átalakulnak a mineralizáció során.

IRODALOM

- Blum, W. F. H. – Aguilar Santelise, A. (1994): A concept of sustainability and resilience based on soil functions. [In: Greenland, D. J.–Szabolcs, I. (eds.) Soil Resilience and Sustainable Land Use.] CAB Int. Wallingford. England. Chapter 30. 535–542.
- Birkás M. (2005): A talaj minőségének javítása, fenntartása. [In: Stefanovits P.–Micheli E. (szerk.) Magyarország az ezredfordulón. Stratégiai tanulmányok a Magyar Tudományos Akadémián. II. Az agrárium helyzete és jövője. A talajok jelentősége a 21. században.] Társadalomkutató Központ. Budapest. 245–266.
- Bíró B. (2005): A talaj mint a mikroszervezetek élettere. [In: Stefanovits P.–Micheli E. (szerk.) Magyarország az ezredfordulón. Stratégiai tanulmányok a Magyar Tudományos Akadémián. II. Az agrárium helyzete és jövője. A talajok jelentősége a 21. században.] Társadalomkutató Központ. Budapest. 141–169.
- Bíró B. (2002): Talaj és rhizobiológiai eszközökkel a fenntartható növénytermesztés és környezetminőség szolgálatában. *Acta Agronomica Hungarica*. 50: 77–85.
- Bíró B. (2003): A növény–talaj–mikroba kölcsönhatások szerepe az elemfelvétel alakulásában. [In: Simon L.–Szilágyi M. (szerk.) Mikroelemek a táplálékláncban.] Bessenyei Gy. Könyvkiadó. Nyíregyháza. 1–11.
- Bíró, B.–Köves-Péchy, K.–Vörös, I.–Takács, T.–Eggenberg, G. P.–Strasser, R. J. (2000): Interrelation between *Azospirillum* and *Rhizobium* nitrogen-fixers and arbuscular mycorrhizal fungi in the rhizosphere of alfalfa at sterile, AMF-free or normal soil conditions. *J. Appl. Soil Ecol.* 15: 159–168.
- Dadnia, M. R.–Asgharzaden, A.–Poor, S. L. (2010): Effect of organomineral fertilizer (*Pseudomonas*, *Azospirillum* and *Azotobacter*) on nutrient uptake by wheat (*Triticum aestivum* L.) crop. *Research on Crops*. 11. 3: 620–623.
- Elkoca, E.–Kantar, F.–Sahin, F. (2008): Influence of nitrogen fixing and phosphorus solubilizing bacteria on the nodulation, plant growth, and yield of chickpea. *Journal of Plant Nutrition*. 31. 1: 157–171.
- El-Kramany, M. F.–Bahr, A. A.–Gomaa, A. M. (2001): Response of a local and some exotic mungbean varieties to bio- and mineral fertilization. *Acta Agronomica Hungarica*. 49: 251–259.
- El-Sirafy, Z. M.–Woodard, H. J.–El-Norjar, E. M. (2006): Contribution of biofertilizer and fertilizer nitrogen to nutrition uptake and yield of Egyptian winter wheat. *Journal of Plant Nutrition*. 29: 587–599.
- Erdős Gy.–Molnár J. (2012): Termésnövelő anyagok és felhasználási területük. [In: Ocskó Z. (szerk.) Növényvédő szerek, termésnövelő anyagok az ökológiai termesztésben.] Reálszisztéma Dabasi Nyomda Zrt. Budapest. 229–234.
- Hedge, D. M.–Dwivedi, B. S.–Babu, S. N. S. (1999): Biofertilizers for cereal production in India – A review. *Indian Journal of Agricultural Sciences*. 69. 2: 73–83.
- Hegedűs, S.–Kristo, I.–Litkei, C.–Vojnich, V. (2008): Impact of bacterial fertilizer on the component of industrial Poppy varieties. *Cereal Res. Commun.* 36: 1719–1722.
- Jakab A.–Kátai J.–Tállai M.–Balláné Kovács A. (2011): Baktériumtrágyák hatása a mézlepdedékes csernozjom talaj tulajdonságaira és az angolperje (*Lolium perenne* L.) biomasszájára. *Agrokémia és Talajtan*. 60. 1: 219–232.
- Kátai J. (1992): Kölcsönhatások a talajtulajdonságok, néhány agro-technikai eljárás és a mikrobiológiai aktivitás között. Kandidátusi értekezés. 125.
- Kátai J. (2012): Talajbiológia. *Agrokémia és Talajtan on line Supplementum*.
- Kátai, J.–Sándor, Z.–Tállai, M. (2008): The effect of an artificial and a bacterium fertilizer on some soil characteristics and on the biomass of the rye-grass (*Lolium perenne* L.). *Cereal Res. Commun.* 36: 1171–1174.
- Kincses, I.–Filep, T.–Kremper, R. (2008): Effect of Nitrogen Fertilization and biofertilization on element content of parsley. *Cereal Res. Commun.* 36: 571–574.
- Köves-Péchy K.–Bakondi-Zámory É.–Szegei J.–Szili-Kovács T. (1989): A Rhizobiumos oltás, mint környezetkímélő technológiai eljárás. *Agrokémia és Talajtan*. 38. 1–2: 235–238.
- Leaungvutiviroj, C.–Ruangphisarn, P.–Hansanimitkul, P.–Shinkawa, H.–Sasaki, K. (2010): Development of a New Biofertilizer with high Capacity for N₂-fixation, Phosphate and Potassium Solubilization and Auxin Production. *Bioscience Biotechnology and Biochemistry*. 74. 5: 1098–1101.
- Manninger E.–Szegei J. (1963): A „baktériumtrágyák” alkalmazásáról tartott nemzetközi koordinációs konferencia Leningrádban. *Agrokémia és Talajtan*. 12. 1: 171–174.
- Schweinsber-Mickan, M. Sz.–Muller, T. (2009): Impact of effective microorganisms and other biofertilizers on soil microbial characteristics, organic matter decomposition, and plant growth. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*. 172. 5: 704–712.
- Solti G. (2004): Talajoltó baktériumtrágyák. *Magyar Mezőgazdaság*. 59. 39: 19.
- Szabó I. M. (1989): A bioszféra mikrobiológiája II. Akadémiai Kiadó. Budapest. 791–804, 988–991, 1302–1368.
- Szili-Kovács T.–Kátai J.–Takács T. (2011): Mikrobiológiai indikátorok alkalmazása a talajminőség értékelésében. I. Módszerek. *Agrokémia és Talajtan*. 60. 1: 273–286.
- Tállai, M. (2010): Comparative examination of a bacterium preparation (BACTOFILA10) and an artificial fertilizer (Ca(NO₃)₂) on calcareous chernozem soil. *Acta Agraria Debreceniensis*. Debrecen. 38: 75–80.
- Tállai M.–Sándor Zs.–Vágó I.–Kátai J. (2008): A tápanyagutánpótlás különböző módjainak hatása a talaj néhány mikrobiológiai tulajdonságára. *Agrártudományi Közlemények*. 32: 119–126.
- Várallyay Gy. (1994): Soil databases for sustainable land use: Hungarian case study. [In: Greenland, D. J.–Szabolcs, I. (eds.) Soil Resilience and Sustainable Land Use.] CAB Int. Wallingford. UK. Chapter 26. 469–495.
- Várallyay Gy. (1997): A talaj és funkciói. *Magyar Tudomány*. XLII. 12: 1414–1430.
- Várallyay Gy. (2005): A talaj és a víz. [In: Stefanovits P.–Micheli E. (szerk.) Magyarország az ezredfordulón. Stratégiai tanulmányok a Magyar Tudományos Akadémián. II. Az agrárium helyzete és jövője. A talajok jelentősége a 21. században.] Társadalomkutató Központ. Budapest. 61–76.