

Vizes komposztkivonat hatása a zöldborsó gyökérgümőire

¹Fehér Bernadett – ²Demeter Ibolya – ²Aranyos Tibor – ²Tomócsik Attila – ²Makádi Marianna

Debreceni Egyetem

¹Kerpely Kálmán Doktori Iskola, Debrecen

²Agrár Kutatóintézet és Tangazdaság, Nyíregyházi Kutatóintézet, Nyíregyháza
feherbeti88@gmail.com

ÖSSZEFOGLALÁS

A növények életében kiemelkedő szerepet tölt be a nitrogén, növekedésük fő limitáló tényezője lehet. A környezetkímélő növénytaplálást előtérbe helyezve fontos a növények nitrogén igényének műtrágya nélküli kielégítése, melyre lehetőséget teremthet a légköri nitrogén hasznosítása. Az elemi nitrogén megkötésére képes szervezeteknek nagy jelentőségük van a növény nitrogénnel történő ellátásában, ugyanis a pillangósvirágúakkal szimbiózist kialakító N₂-kötő baktériumok jelentős mennyiségű nitrogént képesek megkötni.

A szennyvíziszap komposztból készült kivonatoknak sokféle hatása ismert az irodalomban. Kísérletünkben kommunális szennyvíziszap komposztból készített vizes kivonat hatását vizsgáltuk laboratóriumban a zöldborsó gyökéréől izolált Rhizobium baktériumokra, valamint a zöldborsó Rhizobium baktériummal kialakított szimbiózisára szántóföldi körülmények között. A kivonatot aerob módon állítottuk elő. A szántóföldi vizsgálatok során a kivonatot vetés előtt és/vagy után juttattuk ki a talajra. A laboratóriumi kísérletben a kivonat steril változatának különböző dózisait alkalmaztuk.

Munkánkban a kivonat hatását mutatjuk be a zöldborsó gyökerein képződött gümők számára, a növény száraz tömegére, valamint a Rhizobium baktériumok szaporodására.

Kulcsszavak: komposzt kivonat, gyökérgümő, nitrogénkötő baktérium, homoktalaj

SUMMARY

Nitrogen plays significant role in the life of plants, it could be the main limiting factor of plant growth. Sustainable plant nutrition pays attention to satisfy the plants' nutrient demand without chemical fertilizers, e.g. by bounding the atmospheric nitrogen. The nitrogen fixing organizations play important role in supplying plants with nitrogen because the N₂-fixing bacteria can fix high amounts of nitrogen.

Many effects of the sewage sludge compost extracts is known in the literature. We studied the effect of sewage sludge compost water extract in laboratory conditions on the growth of Rhizobium spp. isolated from green pea, while in a small plot experiment the pea-Rhizobium symbiosis were studied on sandy soil in the Nyírség region. The extract was produced under aerobic conditions. The compost extract was applied before and/or after sowing. In the laboratory experiments we used the sterile version of extract, in different doses.

In our work we present the effect of compost water extract on the number of green pea roots nodules, dry weight of the plant and reproduction of the Rhizobium bacteria.

Keywords: compost extract, root nodule, nitrogen fixing bacterium, sandy soil

BEVEZETÉS

A talajok fokozódó, intenzívebb használata egyre indokoltabbá teszi a tápanyag-visszapótlást, figyelmet fordítva a környezetkímélő növénytaplálásra (Várallyay 1984). A homoktalajok egyik fő problémája a rossz tápanyag-gazdálkodás, ezen belül is említést érdemel a nitrogén (N) hiánya. A talajban található tápelemek közül a nitrogén mennyisége jelentős a talajtermékenység szempontjából, a termesztett növények termésmennyiségét nagymértékben befolyásolja (Sárdi 2011) és a növény növekedését is leggyakrabban ez limitálja (Vance és Graham 1995). A szerves kötésben lévő nitrogén hamar ásványosodik, az ásványi nitrogén pedig a homoktalaj gyenge szerkezete és rossz vízgazdálkodási tulajdonságai miatt gyorsan kimosódik a talajból (Lazányi 1994).

Az elmúlt évtizedekben ezt a megnövekedett nitrogénigényt a mezőgazdaságban műtrágyával pótolták, azonban ez a költséges előállítás mellett a környezet-szennyezéshez is nagymértékben hozzájárult. Emiatt érthető, hogy napjainkban egyre több alternatív megoldás lát napvilágot, mivel az intenzív növénytermesztés igényli a növények nitrogénnel való ellátását. Az egyik lehetőség erre a biológiai nitrogénfixálás hasznosítása.

A légköri nitrogén óriási mennyiségben áll a rendelkezésünkre, viszont a növények önmagukban nem képesek az elemi nitrogén hasznosítására. Ezért a nitrogén megkötésére képes szervezetek fontos szerepet játszanak a növények nitrogénigényének biztosításában.

A biológiai úton történő nitrogénkötés több mint felét a növényekkel szimbiózist kialakító baktériumok végzik, így jelentős szerepük van a nitrogén körforgásában. A baktériumok által fixált nitrogén, melyet a növények közvetlenül hasznosítanak, kedvezően hat a növény fejlődésére és életképességére. A nitrogénkötő baktériumok felhasználása hozzájárulhat a fenntartható mezőgazdaság kialakításához is (Capela et al. 2001). A pillangósok gyökérgümőiben élő baktériumok nitrogénnel gazdagítják a talajt, hiszen a szimbiózis segítségével a légköri nitrogénforrásból elégitik ki igényük nagy részét (Murray et al. 1997).

A szennyvíztisztításból kikerülő komposztált szennyvíziszap magas szervesanyag-tartalma, valamint makro-, mezo- és mikrotápanyagai által kiválóan alkalmas a talaj tápanyag-utánpótlására, javítására, valamint kedvező hatással van a talajra és a termesztett növényekre (Brady és Weil 1999). Vízben oldott formája a talajba juttatott szervesanyagokkal, tápanyagokkal javítja a

homoktalaj kedvezőtlen tulajdonságait és puffertoló képességét, ezáltal feltételezhetően kedvezőbb közeget létrehozva a baktériumok számára. A korábbi eredmények alapján kutatásunk célja annak vizsgálata, hogy a szennyvíziszap komposzt vizes kivonata alkalmas-e a nitrogénkötő szimbiota baktériumok számának növelésére, aktivitásuk fokozására, ezen keresztül később a termés növelésére.

ANYAG ÉS MÓDSZER

Kísérleteinkben kommunális szennyvíziszapból készített vizes kivonat hatását vizsgáltuk zöldborsó teszt-növény *Rhizobium* baktériummal alkotott szimbiózisára szántóföldi és laboratóriumi körülmények között. A kivonatot a következő összetevőket tartalmazó komposztból készítettük: 40% víztelenített kommunális iszap, 25% szalma, 5% bentonit és 30% riolit. A komposzt vizes oldatát aerob körülmények között, 24 órás folyamatos levegőáramoltatás biztosítása mellett állítottuk elő, 400 g komposzt/liter desztillált víz töménységben. A kivonat jellemző paramétereit az 1. táblázatban mutatjuk be.

1. táblázat

A szennyvíziszap komposzt kivonat jellemzői

Paraméter(24)	Mértékegység(25)	Érték(26)
pH	pH egység	5,99
Összes szárazanyag(1)	mg/dm ³	7300
Összes oldott anyag(2)	mg/dm ³	7120
Összes nitrogén (Kjeldahl)(3)	mg/dm ³	16,20
Összes foszfor(4)	mg/dm ³	48,13
Ammónium-nitrogén(7)	mg/dm ³	9,81
Nitrát-nitrogén(8)	mg/dm ³	339,33
Kálium(5)	mg/dm ³	232,67
Nátrium(6)	mg/dm ³	87,50
Kalcium(9)	mg/dm ³	876,33
Magnézium(10)	mg/dm ³	178,33
Vas(11)	mg/dm ³	0,24
Alumínium(12)	mg/dm ³	0,14
Mangán(13)	mg/dm ³	0,66
Bór(14)	mg/dm ³	0,64
Ólom(15)	mg/dm ³	0,10
Kadmium(16)	mg/dm ³	<0,005
Kobalt(17)	mg/dm ³	<0,01
Összes króm(18)	mg/dm ³	<0,01
Réz(19)	mg/dm ³	0,07
Molibdén(20)	mg/dm ³	0,02
Nikkel(21)	mg/dm ³	0,02
Cink(22)	mg/dm ³	0,25
Arzén(23)	mg/dm ³	0,16

Table 1: Parameters of the sewage sludge compost extract
Total drymatter(1), Total solute(2), Nitrogen(3), Total phosphorus(4), Potassium(5), Sodium(6), ammonium(7), Nitrate-nitrogen(8), Calcium(9), Magnesium(10), Iron(11), Aluminium(12), Manganese(13), Boron(14), Lead(15), Cadmium(16), Cobalt(17), Total chromium(18), Copper(19), Molybdenum(20), Nickel(21), Zinc(22), Arsenic(23), Parameter(24), Unit(25), Value(26)

A kivonat enyhén savas pH-val, magas makroelem- és alacsony mikroelem-tartalommal rendelkezik.

A szántóföldi kisparcellás kísérletet nyírségi homoktalajon (pH_{KCl} 7,14) állítottuk be 2016 tavaszán,

ahol a parcellák mérete 1 m×1 m volt. Teszt-növényként zöldborsót (*Pisum sativum* L. cv. Avola) alkalmaztunk. A kísérlet során hat kezelésben négy ismétlésben vizsgáltuk a komposzt kivonat és a kivonat baktériummal dúsított keverékének a hatását. A baktérium még nem azonosított, a komposztból kizselektált mikroorganizmus, mely laboratóriumi körülmények között gátolja a *Fusarium solani* növekedését.

Az alkalmazott kezelések a következők voltak:

- komposzt kivonat vetés előtt,
- komposzt kivonat vetés után,
- komposzt kivonat vetés előtt és után,
- komposzt kivonat+baktérium vetés előtt,
- komposzt kivonat+baktérium vetés után,
- komposzt kivonat+baktérium vetés előtt és után.

A kijuttatás során 50 l/ha mennyiségnek megfelelő komposztlével kezeltük a parcellákat. A teszt-növényeket minden parcellában azonos időpontban (2016. április 27.) vetettük el, parcellánként öt sorban, soronként 25 magot. A vizsgálatokhoz a zöldborsó virágzását követően vettünk parcellánként 10–10 db gyökerező növénymintát. A gyökerek elkülönítése után megszámloltuk a rajta képződött gyökérgümők számát, majd 60 °C-on történő szárítás után mértük a hajtás száraztömegét.

A laboratóriumi kísérlet célja a komposzt kivonat *Rhizobium* baktériumtenyésztetre gyakorolt közvetlen hatásának meghatározása volt. A komposzt kivonatot (200 g komposzt/literdesztillált víz) steril baktériumszűrőn (2 µm) történő szűrés után használtuk fel a vizsgálatához. A kísérlet során *Rhizobium* baktériumokat izoláltunk a zöldborsó gyökérgümőiből kongóvörös festéket tartalmazó élesztőkivonat mannit agaron (Yeast Mannit Agar), majd folyékony élesztő kivonat tápoldatban szaporítottuk fel. 150 µl, 5,3*10⁷ sejtszámú *Rhizobium* szuszpenzióhoz 0,5 ml, 1 ml, 2 ml, és 5 ml steril komposzt kivonatot adtunk. Mindegyik mintát élesztőkivonat tápoldattal (élesztőkivonat mannit tápoldat agar nélküli változata) kiegészítettük 10 ml-re. A mintákat 24 órán keresztül 28 °C-on inkubáltuk. A baktériumok szaporodását Helber számláló kamrával, Nikon Eclipse 80i mikroszkóppal határoztuk meg.

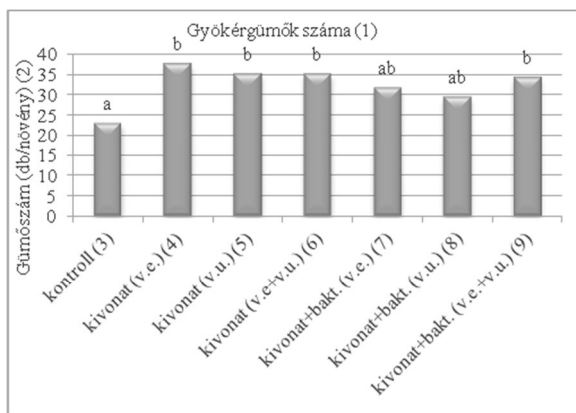
Az eredmények értékelését egytényezős varianciaanalízist követően Tukey-teszttel, p≤0,05 szignifikancia szinten SPSS 21.0 és Excel 2010 programcsomaggal végeztük el.

EREDMÉNYEK

A növényekkel szimbiotikus kapcsolatban élő N₂-kötő baktériumok évente 50–300 kg/ha N megkötésére képesek (Murray 1997), ezáltal hozzájárulnak mind a gazdanövény, mind az utóvetemény tápanyag-ellátásának javításához. Kísérleteink jelenlegi fázisában a gyökérgümők és a *Rhizobium* baktériumok mennyiségi vizsgálatára szorítkoztunk, azonban ismert, hogy a gyökérgümők aktivitását is több külső tényező befolyásolja (Ködöböcz 2007). Az 1. ábrán bemutatjuk a kisparcellás kísérletben vizsgált kezelések hatását a zöldborsó gyökérgümőinek számára.

A kontroll és a kezelt területek között jól látható különbség figyelhető meg. Mindegyik kezelt területen magasabb lett a gyökérgümők száma a kontrollhoz képest, átlagosan 30%-os növekedést figyelhetünk meg.

1. ábra: Gyökérgümők száma (db/növény) a kezelésekben



Megjegyzés: v.e.: vetés előtt; v.u.: vetés után; v.e.+v.u.: vetés előtt és után. Az oszlopok fölötti különböző betűk a kezeléscsoportok közötti különbséget jelzik (Tukey teszt, $p \leq 0,05$).

Figure 1: Number of root nodules (piece plant⁻¹) in the treatments Number of root nodules(1), Nodules (number per plant)(2), Control(3), Extract before sowing(4), Extract after sowing(5), Extract before and after sowing(6), Extract+bacterium before sowing(7), Extract+bacterium after sowing(8), Extract+bacterium before and after sowing(9), Note: v.e.: before sowing; v.u.: after sowing; v.e.+v.u.: before and after sowing. Different letters above the columns indicate significant differences of means of the treatments (Tukey's test, $p < 0.05$)

A kezeléseket összehasonlítva a baktérium nélküli komposzt kivonattal kezelt területek magasabb gümőszámot eredményeztek, a különbség azonban nem volt statisztikailag igazolható. Szignifikáns gümőszám növekedés csak a kontroll és a kezelt parcellák egy része között volt. A gyökérgümő kialakulása azonban nem mindig vezet eredményes nitrogénkötéshez, ugyanis a kialakult gümő nitrogénfixálás szempontjából inaktív is lehet (Szabó 1986).

A kísérlet területéről gyűjtött növényminták száraz tömegének eredményei alapján nem tapasztaltunk szignifikáns különbséget a kontrollhoz képest (2. ábra).

Ezek az eredmények nincsenek összhangban a gyökerek gümőszámával. Szintén erre a következtetésre jutott munkája során Kődöböcz (2007), miszerint a növény száraztömege és gümőtömege között nem volt kimutatható összefüggés. Ez azért is lehetséges, mert a gümők térfogata jobban mutatja a nitrogénkötés intenzitását, mint a gümők száma (László 1957), így nem mindig tapasztalható összefüggés a megkötött nitrogén mennyisége és a képződött gümőszám között.

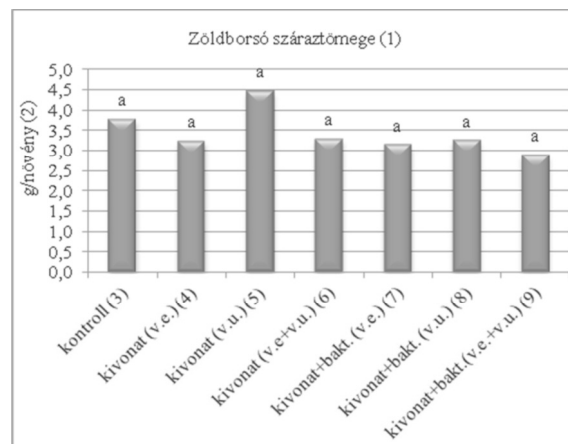
Ezzel ellentétben Ferreira és Castro (1995) a komposztált szennyvíziszap hatásáról pozitív eredményeket közölt. Munkájuk során különböző *Rhizobium* törzsek-re nézve vizsgálták a komposzt hatását. A különböző arányú talaj-komposzt keverékeket *Rhizobium* törzsszel oltották be és így a növények gyökerén található gümők számának, valamint a növény száraztömegének szignifikáns növekedéséről számoltak be.

Laboratóriumi körülmények között, steril tápoldatban vizsgáltuk a steril kivonat *Rhizobium* tenyésztetre gyakorolt hatását is (3. ábra).

A laboratóriumi kísérlet eredményei alapján elmondható, hogy a különböző mennyiségű kivonatos kezelések mindegyikében jelentősen szaporodtak a *Rhizobium* baktériumok. Az 5 ml steril kivonatot tartal-

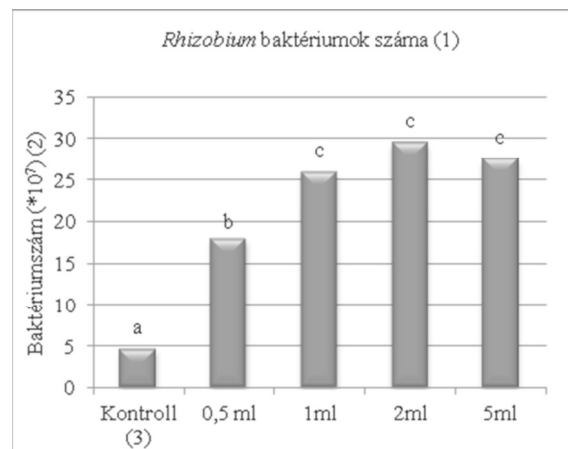
mazó kezelés már enyhe csökkenést eredményezett a baktérium növekedésében a 2 ml-es kezeléshez képest, ami a nagyobb koncentrációjú komposzt kivonat gátló hatását valószínűsíti.

2. ábra: A zöldborsó száraztömege (g/növény) a kezelésekben



Megjegyzés: v.e.: vetés előtt; v.u.: vetés után; v.e.+v.u.: vetés előtt és után. Az oszlopok fölötti különböző betűk a kezeléscsoportok közötti különbséget jelzik (Tukey teszt, $p \leq 0,05$).

Figure 2: Dry weights (g plant⁻¹) of green pea in the treatments Number of root nodules(1), Nodules (number per plant)(2), Control(3), Extract before sowing(4), Extract after sowing(5), Extract before and after sowing(6), Extract+bacterium before sowing(7), Extract+bacterium after sowing(8), Extract+bacterium before and after sowing(9), Note: v.e.: before sowing; v.u.: after sowing; v.e.+v.u.: before and after sowing. Different letters above the columns indicate significant differences of means of the treatments (Tukey's test, $p < 0.05$)

3. ábra: A vizes szennyvíziszap komposzt kivonat hatása a *Rhizobium* baktériumok számára (db) a tápközegben

Megjegyzés: az oszlopok fölötti különböző betűk a kezeléscsoportok közötti különbséget jelzik (Tukey teszt, $p \leq 0,05$).

Figure 3: Effect of compost extract on the number of *Rhizobium* bacteria

Number of *Rhizobium* bacteria(1), Number of bacterium(2), Control(3), Note: different letters above the columns indicate significant differences of means of the treatments (Tukey's test, $p < 0.05$)

A kivonat mennyiségével arányosan nőtt a baktériumok száma. Mindegyik kezelés szignifikánsan igazolható különbséget mutatott a kontrollhoz képest. A baktériumoknak bizonyos tápanyagokra: makro- és mikro-

elemekre kifejezetten szükségük van a szaporodáshoz, ilyen pl. a foszfor, kalcium, vas, mangán, molibdén, cink (Szabó 1986, Derylo és Skorupska 1991, Bayoumi et al. 1996). A különböző makro- és mikroelemek elősegíthetik a baktériumok szaporodását, ezáltal pedig a gyökér fertőzését is (Bíró et al. 1993). Ezzel szemben a nagyobb koncentrációk csökkenthetik a szaporodás intenzitását. Makroelemek közül említendő a nitrogén, amely esetlegesen csökkentheti a *Rhizobiumok* megta padását és behatolását a gazdanövény gyökérszöreibé (Diaz et al. 1984), így a sikeres szimbiózis kialakulására is veszélyes lehet. Emellett a kivonat enyhén savas pH-ja is gyakorolhat negatív hatást, habár a *Rhizobium* baktériumtörzsek döntő többsége jó savtűrő képességgel rendelkezik. Életképességük csak 5 pH érték alatt romlik (Bayoumi et al. 1995).

KÖVETKEZTETÉSEK

A talajaink szervesanyag-tartalmának folyamatos csökkenése, a körkörös gazdálkodás elveinek való megfelelés, valamint a kedvezőtlen tulajdonságokkal rendelkező talajok megkövetelik a rajta termesztett növények alternatív tápanyagellátását. Erre egy jó lehetőség a komposztált szennyvíziszap és különböző formáinak (pl. oldat) termőterületen való alkalmazása.

A komposztlé – hasonlóan más hulladékok vagy melléktermékek újrafeldolgozásából származó tápanyag-utánpótló anyaghoz – összetett hatással rendelkezik, melyek közül sokról még nincs információnk. Így a vizes komposztkivonat nem csak tápanyag-utánpótlásra alkalmas készítmény, de olyan „mellékhatá-

sai” vannak vagy lehetnek, melyek további vizsgálatával értékes hatású készítmények állíthatók elő. Kísérletünkben vizes komposzt kivonat hatását vizsgáltuk a zöldborsó *Rhizobium* baktériummal kialakított szimbiózisának különböző paramétereire nyírségi homoktalajon. Alkalmazása során szignifikánsan nőtt a növény gyökerein képződött gümők száma, azonban a tesztnövény száraztömege nem mutatott sem szignifikáns, sem arányos növekedést a gümőszámmal párhuzamosan. A megnövekedett gümőszám nem minden esetben függ össze a nitrogénkötés eredményességével, előfordulhat ugyanis, hogy a képződött gümő nem működik aktívan a nitrogénkötés szempontjából. A baktériumok szaporodását illetően a kivonat számottevő, szignifikáns növekedést eredményezett a laboratóriumi vizsgálataink során is. Eredményeink azonban arra is rávilágítanak, hogy a túl nagy koncentráció már nem segíti a baktériumok szaporodását.

Összességében elmondhatjuk, hogy a komposzt kivonattal talajba juttatott szerves anyagok, valamint tápanyagok kedvezően befolyásolták a *Rhizobium* baktériumok számát mind szántóföldi, mind laboratóriumi körülmények között. További feladat a gyökérgümők működésének vizsgálata a nitrogénkötés hatékonyságának megállapítására, illetve a hatékonyság fokozására alkalmas módszerek kidolgozása és ellenőrzése.

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

Köszönjük a Nyírségvíz Zrt.-nek a kísérletekhez szükséges szennyvíziszap komposzt rendszeres, szűkség szerinti biztosítását.

IRODALOM

- Bayoumi Hamuda, H. A. E. F.–Kucsma N.–Várady Gy.–Kiss Z.–Kecskés M. (1996): Nehézfémek és kombinációk hatása különböző *Rhizobium leguminosarum* törzsek szaporodására. *Agrokémia és Talajtan*. 45. 1–2: 153–168.
- Bayoumi Hamuda, H. E. A. F.–Kecskés M.–Kiss Z.–Várady Gy.–Balázs S. Kucsma N. (1995): Különböző talajtényezők hatása a *Rhizobium leguminosarum* törzsek szaporodására és túlélésére. *Agrokémia és Talajtan*. 44. 4: 463–472.
- Bíró, B.–Köves-Péchy, K.–Szili-Kovács, T.–Szegi, J. (1993): Effect of Fertilizer on Spontaneous *Rhizobium* Infection in Hungarian Soils. *Agrokémia és Talajtan*. 42. 1–2: 207–211.
- Brady, N. C.–Weil, R. R. (2003): The nature and properties of soils. *Agriculture Ecosystems and Environment* 95. 1: 393–394.
- Capela, D. F.–Barloy-Hubler, J.–Gouzy, G.–Bothe, F.–Ampe, J.–Batut, P.–Boistard, A.–Becker, M.–Boutry, E.–Cadieu, S.–Dreano, S.–Gloux, T.–Godrie, A.–Goffeau, D.–Kahn, E.–Kiss, V.–Lelaure, D.–Masu, T.–Pohl, D.–Portetelle, A.–Puhler, B.–Purnelle, U.–Ramsperger, C.–Renard, P.–Thebault, M.–Vandenbol, S.–Weidner-Galibert, F. (2001): Analysis of the chromosome sequence of the legume symbiont *Sinorhizobium meliloti* strain. *Proceedings of the National Academy of Sciences USA*. 98: 9877–9882.
- Derylo, M.–Skorupska, A. (1991): Biological activity of rhizobial side rophore. *Acta Microbiologica Polonica*. 40: 265–268.
- Diaz, C. L.–Lems Van Kan, P.–Van Der Schaal, L. A. M.–Kijne, J. W. (1984): Determination of pea (*Pisum sativum* L.) root lectin using an enzyme-linked immunoassay. *Planta*. 161: 302–307.
- Ferreira, E. M.–Castro I, V. (1995): Nodulation and growth of subterranean clover (*Trifolium subterraneum* L.) in soils previously treated with sewage sludge. *Soil Biol. Biochem*. 27: 1177–1183.
- Ködöböcz L. (2007): Szimbiota nitrogénkötő baktériumok összehasonlító ökofiziológiai vizsgálata különböző talajművelési rendszerekben. Doktori (PhD) értekezés. Gödöllő.
- László Gy. (1957): A borsó és bükköny *Rhizobium* törzseinek nitrogénkötő képessége és virulenciája a gazdanövény különböző növekedési fázisaiban. *Agrokémia és Talajtan*. 6: 177–188.
- Lázányi J. (1994): A homokjavító vetésforgókkal végzett kísérletek eredményei. *Debreceni Egyetem Agrártudományi Kutató Központ. Nyíregyháza*. 238.
- Murray, J.–Unkovich, J.–Pate, S.–Sanford, P. (1997): Nitrogen fixation by annual legumes in Australian mediterranean agriculture. *Aust. Agric. Res*. 48: 167–293.
- Sárdi K. (2011): Tápanyag-gazdálkodás. TÁMOP 4.2.5. Pályázati könyv. 88.
- Szabó I. M. (1986): Az általános talajtan biológiai alapjai. *Mezőgazdasági Kiadó*. Budapest. 406.
- Vance, C. P.–Graham, P. H. (1995): Nitrogen fixation in agriculture: application and perspectives. [In: Tikhonovich, A. et al. (eds.) *Nitrogen fixation: Fundamentals and applications*.] Kluwer Academic Publishers. The Netherlands. 77–86.
- Várallyay Gy. (1984): Magyarországi homoktalajok vízgazdálkodási problémái. *Agrokémia és Talajtan*. 33. 1–2: 159–169.