

PSEUDOMONAS SP. ÉS LAMINARIA SP. HATÁSA A KUKORICA NÖVEKEDÉSÉRE

EFFECT OF PSEUDOMONAS SP. AND LAMINARIA SP. ON THE GROWTH OF MAIZE

Tóth Brigitta ¹, Győri Zoltán ², Günter Neumann ³

¹ Táplálkozástudományi Intézet, Debreceni Egyetem, Magyarország

² Táplálkozástudományi Intézet, Debreceni Egyetem, Magyarország

³ Növénytudományi Intézet, Növényi Táplálkozás-Élettani Tanszék, Hohenheim Egyetem, Németország

Kulcsszavak:

Barna alga
Kukorica
Növekedés
Gyökérhossz

Keywords:

Brown alga
Maize
Plant growth
Root length

Cikktörténet:

Beérkezett: 2017. augusztus 7.
Átdolgozva: 2017. szeptember 1
Elfogadva: 2017. október 19.

Összefoglalás

A növények produktivitásának meghatározó tényezője a talajok foszfor-tartalma, melynek nagy része nem hozzáférhető a növények számára. Mobilizálásában segíthetnek a P-mobilizáló baktériumok. Kísérletünket szennyvíziszappal, szennyvíziszap-komposztal és szerves trágyával kezelt, alacsony felvehető P-tartalommal (P-CAL 25 mg kg⁻¹) rendelkező talajjal végeztük kukorica tesztnövényvel. A talajt *Pseudomonas sp.*-vel (DSMZ 13134) inokuláltuk (1*10⁹ CFU/kg talaj) és *Laminaria* barna algával kezeltük, mely elősegíti a gyökérnövekedést. A kísérlet során mértük a növénymagasságot, a szár átmérőjét, a relatív klorofill tartalmat, a gyökér és hajtás száraz tömegét és a gyökérhosszt. A *Pseudomonas* kedvező hatását a szennyvíziszap kezelésnél, míg a barna alga kedvező hatását a gyökérnövekedésre csak a szerves trágya kezelésnél tudtuk kimutatni. A kukorica gyökérnek teljes hossza 35%-kal nőtt barna alga kezelés hatására.

Abstract

The most important factor for plant growth is the phosphorous content of the soils. But, not all the phosphorous contents are available for plants. P-mobilizing bacteria could help to plants to uptake P. Our experiment was conducted in low-P content soil (P-CAL 25 mg kg⁻¹) with sewages sludge, sewage sludge compost and manure with maize as a test plant. The soil was inoculated with *Pseudomonas sp.* (DSMZ 13134) (1*10⁹ CFU/kg soil) and treated with *Laminaria*, which has positive effect on root growth. The plant height, stem base diameter, relative chlorophyll content, dry weight of shoot and root and root length were measured. Positive effect of *Pseudomonas* was showed at sewage sludge treatment and *Laminaria*'s effect was advantageous at manure treatment. The total root length of maize was 35% longer at *Laminaria* treatment, respectively.

1. Bevezetés

A növények produktivitásának meghatározó tényezője a talajok foszfor-tartalma [14], amely egy része nem hozzáférhető a növények számára. A növekvő népesség miatt egyre nagyobb az igény a mezőgazdasági termékek iránt így a talajok foszfor-tartalmának pótlására egyre több foszfát-tartalmú műtrágyát használunk fel. A különféle mikroorganizmusok vizsgálata a talajok foszfor-tartalmának mobilizálására az 1940-50-es években kezdődött és új fajok bevonásával azóta is tart [4, 7]. Az évtizedek során számos baktérium és gombafajról bizonyították be, hogy szerepet játszik a talaj növények számára nem felvehető foszfor mobilizálásában, pl. *Pseudomonas striata*, *Aspergillus awamori*, *Bacillus polymyxa*, *Bacillus megaterium*, *Penicillium sp.*

A műtrágyák alapanyagainak bányászata, a műtrágyák gyártása és a kontinensek közötti szállítása rendkívül költséges és üvegházhatású gázok kibocsátásával jár. Mindezek figyelembevételével időszerű és indokolt alternatív növénytáplálási megoldások keresése. Ennek egyik ígéretes perspektívája lehet az újrahasznosított ipari vagy városi (közösségi) hulladékok/melléktermékek használata. Azonban, ezeknek az ipari hulladékok és melléktermékek tápanyag „hasznosíthatósága” és mobilizációja korlátozott [9]. A fent említett „újrahasznosított” műtrágyák tápanyag tartalmának mobilizálásának egyik módja az ún. „bioeffektorok” (BE) alkalmazása, melyek különféle gomba és baktérium izolátumokat tartalmaznak. A bioeffektorok alkalmazásának alapötlete abból adódik, hogy a gombák és baktériumok segítik a növények növekedését [5, 15], és az ipari melléktermékekben/hulladékokban található nehezen felvehető tápelemek felvételét.

Kísérletünkben a *Pseudomonas sp.* (DSMZ 13134), mint foszformobilizáló baktérium és a *Laminaria* barna alga gyökérnövekedésre kifejtett hatását vizsgáltuk, alacsony felvehető foszfortartalmú talajon szennyvíziszap, szennyvíziszap-komposzt és szerves trágya kezelés mellett, kontrollált körülmények között üvegházban.

1. Anyag és módszer

Kísérleti növényként a kukorica Colisee (KWS) hibridjét használtuk. A nem csávázott magokból 3-3-at vetettünk a kísérleti edényekbe, majd 1 hét eltelte után a 1-re csökkentettük a növények számát edényenként. A kísérleti edények 0,95 liter űrtartalmúak voltak. A talajt 2:1 arányban (talaj:kvarc) 0,6-1,2 mm átmérőjű kvarccal kevertük a jobb talajszerkezet érdekében.

A kísérletben használt *Pseudomonas sp.* (DSMZ13134) törzset tartalmazó készítményt használtunk (Proradix WG), a talajba jutott baktériumszám $1 \cdot 10^9$ CFU/ kg talaj. Jelölése: BE. A barna algakészítményt (BioAtlantis Nematec®), mely *Laminaria*-t tartalmazott, 4 ml/edény koncentrációban alkalmaztuk a levélre permetezve. Jelölése: SWE.

Az összes kezelésnél 100 mg N kg^{-1} nitrogén-kiegészítést alkalmaztunk $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ formájában, a nitrogénhiány elkerülésére. A pozitív kontroll 150 mg P kg^{-1} kezelést kapott $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$ formában, a foszforhiány elkerülésére.

A melléktermékekkel végzett kísérletben a szennyvíziszap-komposzt (Komp.) és a szennyvíz (Szennyv.) alkalmazott mennyiségét azok foszfor tartalma alapján határoztuk meg (szennyvíziszap-komposzt: 10063 mg kg^{-1} , szennyvíziszap: 21289 mg kg^{-1}). A szennyvíziszap-komposztból 10 g kg^{-1} talaj, a szennyvíziszapból 5 g kg^{-1} talaj mennyiséget alkalmaztunk. A szerves trágyából (SzT) 5 g kg^{-1} talaj mennyiséget alkalmaztunk. A növények magasságát centiméterrel, a növények klorofill tartalmát SPAD-502Plus (Minolta, Japán) készülékkel, a kukorica gyökerének hosszát WinRhizo Softwer-rel határoztuk meg.

A gyökér és a hajtás száraz tömegének meghatározását termogravimetriás módszerrel végeztük el.

2. Eredmények és kiértékelésük

Az 1. Táblázat a kísérlet 34. napján mért főbb növényfiziológiai paramétereket tartalmazza. A negatív kontroll, amikor a talaj nem kapott semmiféle kezelést, míg a pozitív kontrollnál 150 mg P kg^{-1} kezelést alkalmaztunk $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$ formájában.

A foszforhiányos (kontroll -) növények magassága szignifikánsan alacsonyabb volt, mint a foszforral megfelelően ellátott (kontroll +) növényeké.

1. Táblázat. A 34 napos kukorica magassága (mm) $n=5 \pm S.D.$, hajtás átmérője (mm) $n=5 \pm S.D.$, az ötödik levél relatív klorofill tartalma (SPAD-index) $n=30 \pm S.D.$, hajtásának és gyökerének száraz tömeg (g növény⁻¹) $n=5 \pm S.D.$, Szignifikáns különbség a negatív kontrollhoz viszonyítva: * $p<0,05$; ** $p<0,01$; *** $p<0,001$. Szignifikáns különbség a pozitív kontrollhoz viszonyítva: ^a $p<0,05$; ^b $p<0,01$

Kezelések	Magasság (mm)	Hajtás átmérő (mm)	SPAD	HAJTÁS (g növény ⁻¹)	GYÖKÉR (g növény ⁻¹)
Kontroll (-)	1093,4±25,76 ^a	8,72±0,58 ^a	34,74±3,63 ^a	3,75±0,77 ^a	0,72±0,29
Kontroll (+)	1220,4±74,17 [*]	10,81±0,83 [*]	42,72±4,22 [*]	6,77±1,81 [*]	0,77±0,23
Komp	1215,4±78,92	10,32±0,65	43,26±3,07	5,43±1,66	0,85±0,27
Komp+BE	1226,6±61,33	10,93±0,65 [*]	43,78±4,14 [*]	6,70±2,04	0,94±0,26
Komp+BE+SWE	1186,8±18,77 [*]	10,32±0,76	46,06±1,23	5,01±1,21	0,83±0,28
Szennyv.	1264,0±49,87 ^{**}	11,31±0,90 ^{**}	42,68±6,67 ^{***}	8,45±2,80	1,15±0,44
Szennyv.+BE	1297,4±49,87 ^{***}	11,93±0,42 ^{***a}	44,00±2,13 ^{**}	8,31±2,09	1,30±0,31 ^a
Szennyv.+BE+SWE	1286,0±22,39 ^{***}	11,92±1,08 ^{***a}	46,10±4,52 ^{**}	8,49±1,33	1,40±0,31 ^{ab}
SzT	1138,8±73,66 ^a	10,62±0,75 ^a	45,06±4,10 [*]	4,70±1,03	0,65±0,08
SzT+BE	1095,8±93,81 ^a	9,72±1,49 ^a	46,14±4,84	3,95±1,23 ^a	0,56±0,16
SzT+BE+SWE	1153,8±73,79	10,42±1,63	46,44±1,10 [*]	5,15±1,79	0,86±0,27

A foszforhiány negatívan befolyásolja a növekedést és fejlődést [1]. Lyon és Garcia [9] eredményei szerint a foszforhiány csökkenti a kukoricaszár átmérőjét. Kísérletünkben a 34 napos kukoricaszár átmérője megközelítőleg 20%-kal csökkent foszforhiányos körülmények között a megfelelő foszfor-ellátottsági szinten nevelt növényekéhez képest. Ez a csökkenés szignifikáns. Minden kezelés hatására nőtt a kukoricaszár átmérője a foszforhiányos körülményekhez képest. A növekedés több esetben szignifikáns. A növényi tápelemek közül a foszfor szerepe a legsokrétűbb a növény életfolyamataiban. Részt vesz a fotoszintézisben, a légzésben, építőeleme számos sejtalkotó vegyületnek. Foszforhiányban károsodik a fotokémiai rendszer, csökken a fotoszintézis hatékonysága, csökken a fotoszintetikus pigmentek mennyisége. A relatív klorofill tartalmat az utolsó teljesen kifejlett levelén mértük (5. levél). A relatív klorofill tartalom szignifikánsan csökkent foszforhiányos körülmények között. A kezelések hatása a relatív klorofill tartalom elérése, vagy meghaladta a megfelelő foszfor-ellátottsági körülmények között nevelt növények levelén mértértéket. A kukorica hajtásának száraz tömegében szignifikáns különbség mutatható ki, a két kontroll kezelés között. A kukorica hajtásának száraz tömege a szennyvíziszapot tartalmazó kezeléseknél több a legnagyobb. A gyökér száraz tömegében nincs szignifikáns különbség a két kontroll kezelés között. A gyökér száraz tömege a szennyv.+BE és szennyv.+BE+SWE kezelésekre hatására szignifikánsan nőtt, mind a két kontroll értékhez viszonyítva. Mosimann et al. [10] kísérletükben bizonyították, hogy a *Pseudomonas* DSMZ13134-val történt inokulálás szignifikánsan növeli a kukorica biomasszáját a nem inokulált növényekhez képest.

A kísérlet 34. napján mértük a kukorica teljes gyökérhosszát és a gyökérátmérő szerint csoportosított gyökérfrakciók hosszát (2. Táblázat). A kukorica nagyon érzékeny a növekedés kezdeti szakaszában a foszforhiányra, mely csökkent gyökérnövekedésben mutatkozik meg [13]. A kutatási eredmények azonban ellentmondásosak a foszforhiány és a gyökérnövekedés közötti összefüggés tekintetében. A kutatók többsége szerint a foszforhiány hatására nő a gyökér:hajtás arány [3, 6]. Khamis et al. [8] szerint a foszfor hiánynak nincs hatása a kukorica gyökerének biomasszájára. Atkinson [2], Hajabbasi és Schumacher [5], valamint Rosolem et al. [12] kísérletükben azt tapasztalták, hogy a megfelelő foszforellátás hatására nő a gyökér hossza és tömege a foszforhiányos körülményhez képest.

A kukorica teljes gyökérhossza megközelítőleg 20%-kal volt hosszabb megfelelő foszfor-ellátottsági körülmények között, mint a foszfor hiányos körülmények között. Komposzt kezelésnél a teljes gyökérhossz 46%-kal nőtt a foszfor hiányos növényéhez képest és 33%-kal a megfelelő

foszfor-ellátottsági körülmények között nevelt növényéhez képest. A *Pseudomonas* és a *Laminaria* kezelés hatására csökkent a gyökér teljes hossza a csak komposztot kapott növényekéhez viszonyítva. Ezzel ellentétben a szennyvíziszap-kezelésnél a *Pseudomonas* és a *Laminaria* gyökérnövekedésre kifejtett kedvező hatása figyelhető meg.

Szennyvíziszap-kezelésnél, amikor *Pseudomonas* baktériummal inokuláltuk a talajt a gyökér teljes hossza 10%-kal nőtt, *Pseudomonas* + *Laminaria* kezelés hatására ez a növekedés 22%. A szerves trágya kezelésnél csak a baktérium és alga kezelés együttesen alkalmazva hatott pozitívan a gyökérnövekedésre, mely 20%-kal nőtt a szerves trágya kezeléshez képest.

2. Táblázat. A 34 napos kukorica teljes gyökerének és a gyökérátmérő szerinti gyökérfrakciók hossza (m), $n=5 \pm S.D.$

Kezelések	Teljes hossz (m)	<0,2mm	0,2-0,4mm	0,4-0,6mm	0,6-0,8mm	>0,8mm
Kontroll (-)	28,63 ±8,63	13,66 ±4,20	5,09 ±1,05	2,70 ±0,88	1,88 ±0,43	4,33 ±1,16
Kontroll (+)	35,56 ±9,44	14,00 ±5,01	8,38 ±2,31	2,99 ±0,85	1,93 ±0,51	4,99 ±1,10
Komp	53,36 ±5,09	23,89 ±7,12	12,19 ±2,09	3,87 ±1,16	2,51 ±0,47	6,39 ±1,57
Komp+BE	48,86 ±9,34	22,54 ±4,45	10,58 ±2,60	3,83 ±0,96	2,49 ±0,47	6,31 ±1,12
Komp+BE+SWE	37,97 ±9,43	18,61 ±4,27	11,55 ±2,39	3,31 ±1,23	1,95 ±0,62	5,69 ±1,28
Szennyv.	37,88 ±8,69	18,12 ±4,27	7,89 ±2,31	3,29 ±0,70	2,32 ±0,41	6,25 ±1,45
Szennyv.+BE	42,30 ±5,51	21,41 ±2,25	10,37 ±1,66	4,29 ±1,11	2,41 ±0,41	6,81 ±1,37
Szennyv.+BE+SWE	48,45 ±8,80	22,65 ±3,85	11,55 ±2,39	4,45 ±1,04	2,53 ±0,12	7,34 ±0,56
SzT	30,91 ±4,60	13,09 ±2,33	8,12 ±1,26	2,53 ±0,40	1,82 ±0,43	5,34 ±0,56
SzT+BE	25,43 ±6,53	10,16 ±2,48	6,43 ±2,05	2,14 ±0,89	1,64 ±0,45	5,05 ±0,96
SzT+BE+SWE	38,70 ±7,93	15,63 ±3,24	10,32 ±2,34	3,65 ±1,12	2,42 ±0,32	6,67 ±1,21

Gyökérátmérő szerint 5 gyökérfrakciót különítettünk el (<0,2; 0,2-0,4; 0,4-0,6; 0,6-0,8 és >0,8 mm gyökérátmérő). Minden gyökérfrakció hosszabb nagyobb volt a megfelelő foszfor-ellátottsági körülmények között nevelt növényeknél, mint a foszforhiányos növényeknél. Mivel a tápanyagok és víz felvételében a <0,4 mm átmérőjű gyökerek játszanak jelentős szerepet, ezért ezeket az eredményeket részletezzük.

Komposzt-kezelésnél megközelítőleg 41%-kal nőtt a <0,2 mm átmérőjű gyökerek hossza a pozitív kontroll kezeléshez képest. Ez a növekedés *Pseudomonas* hatására 38%, míg a baktérium és barna alga kezelés együttes alkalmazásakor 25%. A szennyvíziszap-kezelésnél a ez a növekedés 23%, 35% és 38% volt. A szerves trágya kezelésnél a <0,2 mm átmérőjű gyökerek hossza a kontroll érték körül volt, és a *Pseudomonas*+*Laminaria* kezelés hatására se változott, míg a csak baktérium-kezelés hatására 27%-kal csökkent.

A 0,2-0,4 mm átmérőjű gyökerek hossza 21%-kal nőtt a komposzt+*Pseudomonas* és 20%-kal a szennyvíziszap+*Pseudomonas* kezelésnél. Barna alga kezelés hatására a növekedés mind a két ipari mellékterméknél 27% volt. Szerves trágya kezelésnél hasonló eredményt kaptunk, mint a <0,2 mm átmérőjű gyökérfrakciónál.

4. Következtetések

Eredményeink alapján a szennyvíziszap, a szennyvíziszap-komposzt és a szerves trágya kezelésekre nem alakultak ki foszforhiányos körülmények. Minden mért paraméter meghaladta a foszfor-hiányos növényeken mért értéket. Elsősorban a *Pseudomonas* kezelés hatott pozitívan a gyökernövekedésre, a *Laminaria* kedvező hatását nem tudtuk minden kezeléskor kimutatni.

Köszönetnyilvánítás

Köszönet a támogatásért a Tempus Közalapítványnak és a BIOFEKTOR projektnek.

Irodalomjegyzék

- [1] Alsaedi A. H., Elprince A. M. (2000): Critical phosphorous level for Salicornia growth. *Agron J* 92, pp. 336-345.
- [2] Atkinson D. (1973): Some general effects of phosphorus deficiency on growth and development. *New Phytologist* 72, pp. 101-111.
- [3] Cakmak I., Hengeler C., Marchner H. (1994): Partitioning of shoot and root dry matter and carbohydrates in bean plants suffering from phosphorus, potassium and magnesium deficiency. *J Exp Bot* 45, pp. 1245-1250.
- [4] Halpern M., Bar-Tal A., Ofeky M., Minz D., Müller T., Yermiyahn U. (2015): The use of biostimulants for enhancing nutrient uptake. *Advances in Agronomy*, pp. 130-141
- [5] Hojabbasi M. A., Schumacher T. E. (1994): Phosphorus effects on root growth and development in two maize genotypes. *Plant and Soil* 158, pp. 39-46.
- [6] Horst W. J., Abdou M., Wiesler F. (1996): Difference between wheat cultivars in acquisition and utilization of phosphorus. *Zeitschrift für Pflanzenernährung und Bodenkunde* 159, pp. 155-161.
- [7] Gerretsen, F. C. (1948): The influence of microorganisms on the phosphate intake by the plant. *Plant Soil* 1, pp. 51–81.
- [8] Khamis S., Chaillou S., Lamaze T. (1990): CO₂ assimilation and partitioning of carbon in maize plants deprived of orthophosphate. *J Exp Bot* 41, pp. 1619-1625.
- [9] Lyon C. B., Garcia C. R. (1944): Anatomical responses of tomato stems to variation on the macronutrient anion supply. *Bot. Gaz.* 105, pp. 394-405.
- [10] Mosimann C., Oberhansli T., Ziegler D., Nassal D., Kandelet E., Boller T., Mader P., Thonar C. (2016): Tracing of two *Pseudomonas* strains in the root and rhizosphere of maize, as related their plant growth-promoting effect in contrasting soils. *Front Microbiol* 7, pp. 2150-2164.
- [11] Mtshali J., Tiruneh A. T., Fadiran A. O. (2014): Characterization of sewage sludge generated from wastewater treatment plants in Swaziland in relation to agricultural uses. *Resources and Environment* 4 (4), pp. 190-199.
- [12] Rosolem C. A., Assis J. S., Santiago A. D. (1994): Root growth and mineral nutrition of corn hybrids as affected by phosphorus and line. *Comm Soil Sci Plant Anal* 25, pp. 2491-2499.
- [13] Silverbush M., Barber S.A. (1983): Sensitivity of simulated phosphorus uptake to parameters used by a mechanistic-mathematical model. *Plant and Soil* 74, pp. 93-100.
- [14] Simpson, R. et al. (2011): Strategies and agronomic inventions to improve the phosphorus-use efficiency of farming systems. *Plant Soil* 349, pp. 89–120.
- [15] Vessey J. K. (2003): Plant growth-promoting rhizobacteria as biofertilizer. *Plant Soil* 255, pp. 571-586.