

## Növekedést serkentő baktériumok (PGPR) hatása paradicsom fejlődésére és termőképességére vízhiányban

HORVÁTH KITTI ZSUZSANNA, BULGAN ANDRYEI

Magyar Agrár és Élettudományi Egyetem, Kertészeti Intézet, Gödöllő

E-mail: horvath.kitti.zsuzsanna@gmail.com

### Összefoglalás

Rhizobaktériumok hatását vizsgáltuk H-1015 F<sub>1</sub> ipari paradicsom élettani tulajdonságaira, termés megoszlására, vízdoldható szárazanyag tartalmára (Brix<sup>o</sup>) és C-vitamin tartalmára szabadföldi kísérletekben, száraz és csapadékos évben. A kutatás célja különböző rhizobaktérium törzskeverékekkel (B1, B2, B3) kezelt és kezeletlen (B0) növények levelében a klorofill tartalom (SPAD), a klorofill fluoreszcencia, a levélfelület hőmérséklet változás, valamint a termőképesség értékelése eltérő mértékű vízhiány stressz alatt. A rendszeres öntözés (I100=ETc100%) képviselte a kontrollt, a deficit öntözés (I50=ETc50%) a mérsékelt vízhiány stresszt és az öntözetlen kezelések (I0) az erős vízhiány stresszt képviselték. A baktériumos kezelések hatása száraz évjáratban intenzívebb, mint csapadékosabb évben. Csapadékos évben a klorofill fluoreszcencia magas, és a baktériumkezelések nem befolyásolták. Száraz évben a klorofill fluoreszcencia alacsonyabb volt, és mérsékelt vízhiányban, csak a B3 kezelés csökkentette a klorofill fluoreszcenciát a kezeletlen (B0) kontrollhoz képest. Száraz évben, mérsékelt és súlyos vízhiányban, a B2 és B3 kezelések növelték a piacképes és zöld termés mennyiségét, azonban csapadékos évben csak a beteg nem piacképes termésre voltak pozitív hatással. A B1 baktériumkezeléssel az ipari paradicsom termés Brix értéke és kismértékben a C-vitamin tartalma javítható öntözés nélküli körülmények alatt.

**Kulcsszavak:** paradicsom, vízhiány, rhizobaktérium, klorofill fluoreszcencia, termés minőség

### Bevezetés és irodalmi áttekintés

A paradicsom, mint az egyik legintenzívebben termesztett kertészeti kultúra egyaránt elterjedt a mérsékelt égövi és a szubtropikus, tropikus területen. Kedvező tulajdonságai, mint nagy ásványi anyag-, vitamin- és antioxidáns tartalma miatt nyersen és feldolgozott termékként egyaránt fogyasztják. Az ipari feldolgozás szempontjából a fajták iránt fokozódik a követelmény a kiegyenlített termés, a bogyók nagy szárazanyag-, valamint fitonutriens tartalma iránt (Helyes et al. 2006; Szuvandzsiev et al. 2014a).

Jelenleg a szabadföldi zöldségtermesztésben, az abiotikus stressz tényezők, különösen az aszály nagy kihívást jelent a termesztőknek. A csíranövények fejlődését a talaj hőmérséklete, és nedvesség tartalma jelentősen befolyásolja (Nemeskéri 2004; Rezayian et al. 2018), a növények fejlődése során az aszály meghatározó tényező a termés mennyiségére és minőségére (Nemeskéri 2006; Deák és Égei 2020). Vízhányban a növények tápanyag- és vízfelvétele a talajból gátolt, ennek következtében számos élettani folyamat, mint a fotoszintézis intenzitása csökken, kiváltva a növények fejlődésének csökkenését. A fotoszintézis intenzitását a levelek klorofill tartalma, a fotokémiai rendszerek zavartalan működését jelző klorofill fluoreszcencia értéke befolyásolja. Környezeti stresszek alatt, a levelek fotokémiai reakciójának csökkenése miatt csökkenhet a klorofill fluoreszcencia (Fv/Fm) (Maxwell és Johnson 2000). A klorofill tartalom és a fluoreszcencia csökkenés mértéke függ a stressz erősségétől, a növény genotípusától (Estrada et al. 2015) és egyes növényfajoknál befolyásolja a termést (Nemeskéri et al. 2018a; Horváth et al. 2020). Vízhányban a növény intenzív sztóma működéssel korlátozza a vízvesztéséget (Nemeskéri et al. 2018b), de hosszan tartó szárazságban a talajnedvesség tartalmának csökkenésével a felvehető víz mennyisége és ennek következtében a transzspiráció is csökken, ami kiváltja a levélhőmérséklet emelkedését, végső soron a termés csökkenését (Helyes et al. 2010). A szárazság káros hatása megfelelő öntözési technológiával mérsékelhető (Helyes et al. 2018), azonban az öntözés hatékonyságát a fajták vízhasznosítása (Nemeskéri et al. 2018b), termesztési és időjárási tényezők (Nemeskéri és Nagy 2003; Pék et al. 2019) befolyásolják.

A talaj nedvességtartalmának csökkenése hatással van a talaj ökoszisztéma életére is (Jaleel et al. 2009; Geng et al. 2016). A hosszú ideig tartó szárazság különböző fitohormonok és ozmolitok, antioxidáns anyagok kiválasztására serkentik a rizoszféra baktériumokat, ezáltal kiváltják a gyökér morfológiai változását és egy emelt szintű szárazság toleranciát (Yang et al. 2009; Goswami és Deka 2020). Az utóbbi években az érdeklődés olyan módszerek kifejlesztésére irányult, amelyekkel biztosítható a fenntartható, stabil mezőgazdasági termelés. Ebben szerepet kapott a talaj beoltása kedvező rhizoszféra mikroorganizmusokkal, amelyek mint hatékony biotrágyák, növelik a növények produktivitását (Singh et al. 2018; Bakr et al. 2017a, 2017b; Le et al. 2018a). Kimutatták, hogy néhány növény fejlődését segítő baktérium (plant growth promoting rhizobacteria = PGPR) érzékeny az abiotikus stresszekre, de a többség elviseli ezeket, és biztosítják a növény állóképességét és a talaj egészségi állapotát (Vimal et al. 2017). A talajban élő mikroorganizmusok és a növények közötti kölcsönhatás a növényfajtatól, a gyökér és egyes mikroba törzs közötti kölcsönhatástól függ, és befolyásolhatják a növények szárazságtűrését (Goswami és Deka 2020; Duc et al. 2017; Bakr et al. 2018), azonban több törzs együttes alkalmazásáról szántóföldi zöldségtermesztésben hiányosak az ismereteink. A vizsgálataink célja különböző PGPR törzskeverék hatásának kimutatása ipari paradicsom élettani folyamataira, termésére és minőségére vízhiányban.

### **Anyag és módszer**

2018 és 2020-ban a szántóföldi kísérleteket a Magyar Agrár és Élettudományi Egyetem Kertészeti Intézetének tanüzemében, Gödöllőn végeztük, ahol a H-1015 F1 (H. J. Heinz Company, Pittsburgh, USA) korai (114 nap) érésű ipari paradicsom vízhiány reakcióját és termőképességét

vizsgáltuk. A palántákat kiültetés előtt különböző baktérium törzseket tartalmazó készítménnyel kezeltük a Bulgan et al. (2021) által leírtak szerint és a kezetlen növények (B0) képezték a kontrollt. Az 1. táblázatban bemutatott baktérium készítményeket a BAY-BIO Intézet (Szeged) bocsátotta a rendelkezésünkre.

### 1. táblázat. Baktériumkezeléseket alkotó törzsek

B1	B2	B3
<i>Pseudomonas putida</i> B5,	<i>Alcaligenes</i> sp. 3573, ,	<i>Pseudomonas</i> sp. MUS04,
<i>Chryseobacterium</i> sp. B8/1,	<i>Bacillus</i> sp. BAR16	<i>Rhodococcus</i> sp. BAR03,
<i>Acinetobacter</i> sp. PR7/2,	<i>Bacillus</i> sp. PAR11	<i>Variovorax</i> sp. BAR04
<i>Aeromonas salmonicida</i> PR10,		
<i>Variovorax</i> sp. BAR04		

Table 1. Strains of bacterial treatments

A kezelt és nem kezelt (kontroll) növények mindkét évben közel azonos időpontban, május 14. és 17-én, véletlen blokk elrendezésben, négy ismétlésben kerültek kiültetésre. 2018-ban a sor hosszúság 70 m, 2020-ban 10 m volt, a sor- és tőtávolság 150x18,6 cm, az állománysűrűség 3,58 tő/m<sup>2</sup> volt. Két öntözési kezelést alkalmaztunk: rendszeres öntözéssel (I100) biztosítottuk a növények optimális vízigényét (evapotranszpiráció ET 100%), és deficit öntözéssel (I50) mérsékelt vízhiány stresszt idéztünk elő, ahol az I100 öntözővíz adag felét jutattuk ki (2. táblázat). A növények által elpárologtatott víz mennyiségét a potenciális evapotranszpiráció (ETc) és terméskoefficiens (Kc) alapján, a Cropwat 8.0 szoftver segítségével határoztuk meg (Pék et al. 2017). Súlyos vízhiány modellezéséhez a növényeket nem öntöztük (I0), természetes csapadék mellett csak a tápoldat kijuttatáshoz szükséges vízellátásban (45 mm öntözővíz) részesültek. A kísérletben csepegtető öntözérendszert használtunk.

### 2. táblázat. Vízellátás a H-1015 ipari paradicsom tenyészedje alatt

Évek <sup>1</sup>	Csapadék <sup>2</sup> mm	Öntözés mm <sup>3</sup>			Összes kijuttatott víz <sup>4</sup> (csapadék+öntözővíz) mm	
		I50	I100	I0	I50	I100
2018	304,6	80,2	160,3	304,6	384,8	464,9
2020	357,0	54,8	102,7	357,0	411,8	459,7

Table 2. Water supply is during the growing season of H-1015 processing tomato. 1 years, 2 precipitations, 3 irrigation, 4 total water (precipitations + irrigated water)

Minden parcellában, a kijelölt 10-10 növényen az élettani tulajdonságok mérése virágzástól (ST1) a bogyóérésig (ST4), 10 és 14 óra között történt. A levél klorofill tartalmat, SPAD 500 hordozható klorofillmérővel (Konica Minolta, Warrington, UK), a klorofill fluoreszcencia mértékét PAM-2500 fluorométerrel (Heinz Walz GmbH, Effeltrich, Germany) és a levélfelület hőmérsékletet Raytek MX4 infravörös távhőmérővel (Raytek Corporation, Santa Cruz, CA, USA) mértük.

Mindkét évben, a parcellákból 10-10 növény termése került betakarításra és osztályozásra. Az I csoportba az érett, piros piacképes termést, II csoportba a zöld egészséges és III csoportba a piacképtelen, beteg termést soroltuk. Az érett termésből az oldható szárazanyag tartalmat Krüss DR201-95 kézi refraktométerrel (A. Krüss Optronics GmbH, Hamburg, Germany) mértük és Brix értékkel adtuk meg. A C-vitamin tartalom meghatározását magas nyomású folyadék kromatográf (HPLC) készüléken (Hitachi High Technologies Europe GmbH, Budapest) Daood et al. (1994) által leírtak szerint végeztük.

Az adatok értékelése kéttényezős varianciaanalízissel (vízellátás x baktériumkezelés), SPSS Windows 20. statisztikai programmal történt. A kezeléscsoportok összehasonlítását Duncan test felhasználásával,  $P < 0,05$  szignifikancia szinten végeztük.

### Eredmények és megvitatásuk

A 2018 évben 52,4 mm-el kevesebb csapadék esett a tenyészidő alatt, mint 2020-ban (2. táblázat), de a csapadékeloszlás különösen a virágzás, illetve virágzás és terméskötés alatt jelentősen különbözött. A paradicsom virágzás és bogyó kötés ideje alatt érzékeny a vízhiányra, ez idő alatt a fotoszintézist befolyásoló tulajdonságok hatással vannak a piacképes termés mennyiségére (Bulgan et al. 2019). A szárazabb évben (2018), virágzás alatt és bogyókötés alatt kevés volt a csapadék (5, illetve 28,3 mm), és az öntözés ellenére is kevés víz (29-48 mm) állt a rendszeresen öntözött növények rendelkezésére. Ebben a fejlődési szakaszban, jelentősen több (35 mm) csapadék hullott 2020-ban.

A növényi növekedést serkentő baktériumokról (PGPR) kimutatták, hogy jelentősen javítják a növény fejlődését, termőképességét és fokozzák a növények szárazságtűrését (Aponte et al. 2017). A növények fejlődésében döntő szerepe van a fotoszintézis intenzitásának, amit a levelek klorofill tartalma és a fotoszintetikus fény hasznosulása, azaz a klorofill fluoreszcencia (Fv/Fm) befolyásol. Nemeskéri et al. (2018a) zöldbarnál kimutatták, hogy vízhiányban a levél klorofill tartalma csökkent, ennek következtében a kisebb mértékű a fotoszintetikusan aktív fény abszorpció, és jelentős visszaverődés, magasabb SPAD értékben nyilvánult meg. Hasonló eredményre jutottunk paradicsomnál, ahol szárazabb (2018) évben nagyobb SPAD értéket (49-50), csapadékosabb évben (2020) alacsonyabb értéket (25-26) mértünk. Függetlenül az évektől és vízellátástól, a baktériumkezeléseknek nem volt hatása a SPAD értékekre (1. ábra).

1. ábra. Baktérium kezelések hatása H-1015 F<sub>1</sub> paradicsom levél klorofill tartalmára (SPAD) eltérő vízellátásban száraz (2018) és csapadékos (2020) évben

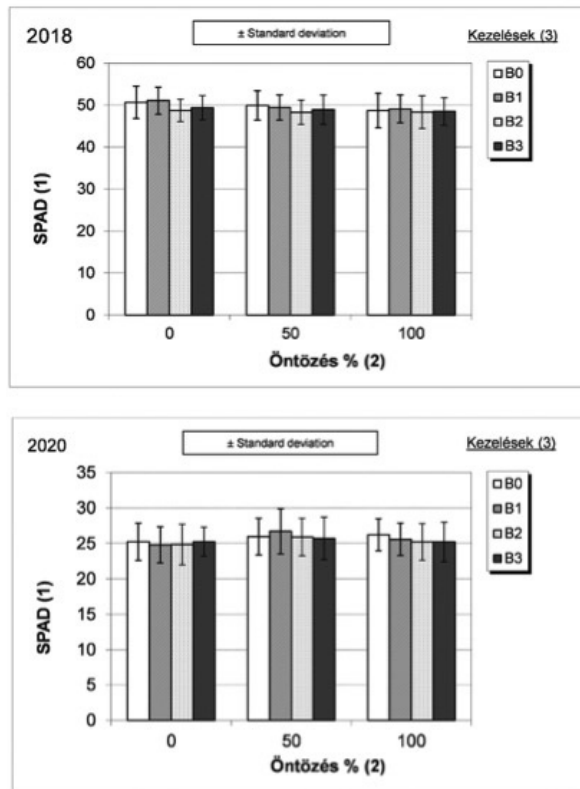


Figure 1. Effect of bacterial treatments on leaf chlorophyll content of H-1015 F<sub>1</sub> tomato under different water supply conditions in dry (2018) and wet (2020) years.

(1) chlorophyll content (SPAD), (2) irrigation, (3) bacterial treatments, 0= non-irrigation, 50= deficit irrigation, 100= regular irrigation

A csapadékos évben, a fotoszintézis és a növények fejlődése zavartalan, ekkor magas a klorofill fluoreszcencia (Fv/Fm), míg száraz évben (2018) az alacsonyabb klorofill fluoreszcencia (0,75-0,76 Fv/Fm) mellett jobban érvényesült a baktériumkezelések hatása (2. ábra). A baktériumkezelések, a B3 kezelés kivételével, kiegyenlített, de mérsékelt intenzitású fotoszintézist biztosítottak. Mérsékelt vízhiányban, deficités öntözést alkalmazva, a B3 kezelés jelentősen csökkentette a klorofill fluoreszcenciát a kezeletlen (B0) kontrollhoz képest (2. ábra).

2. ábra. Baktérium kezelések hatása a klorofill fluoreszcenciára (Fv/Fm) H-1015 F<sub>1</sub> paradicsomnál eltérő vízellátásban száraz (2018) és csapadékos (2020) évben

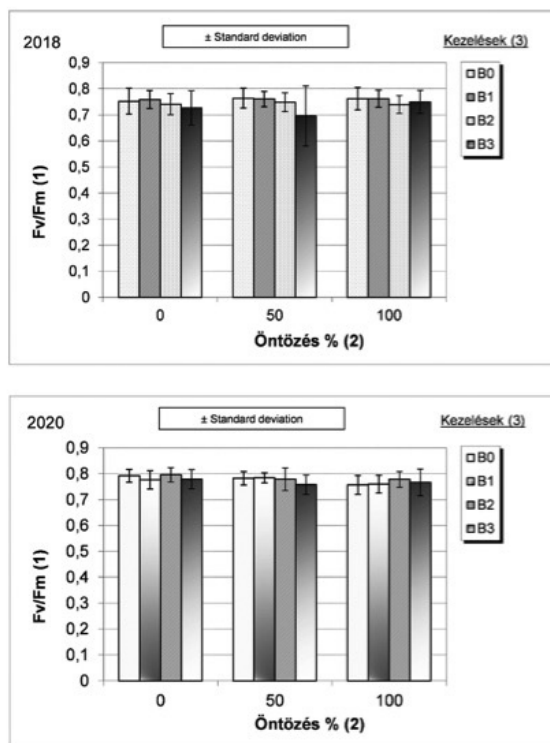


Figure 2. Effect of bacterial treatments on chlorophyll fluorescence (Fv/Fm) of H-1015 F<sub>1</sub> tomato under different water supply conditions in dry (2018) and wet (2020) years. chlorophyll fluorescence, (2) irrigation, (3) bacterial treatments, 0= non-irrigation, 50= deficit irrigation, 100= regular irrigation

A talaj vízhiánya kiváltja a sztómák záródását, ami csökkenti a transzspirációt, ezáltal emelkedik a levélfelület hőmérséklete. Csapadékos évben, a levélfelület hőmérséklet relatíve alacsony (25-26 °C) és nem érzékelhető a baktériumkezelések hatása. Ettől eltérően, száraz (2018) évben a vízellátás és baktériumkezelések hatása jelentős. Öntözés nélkül a levélfelület hőmérséklete csaknem eléri a 30 °C-t a kezeletlen kontroll (B0) növényeknél, míg az öntözött növényeknél relatíve alacsony (27 °C) (3. ábra). A várakozástól eltérően, a deficités öntözés mellett B3 baktériumkezelések hatására jelentősen (10,1%), a rendszeres öntözésnél kisebb mértékben (6,1%) emelkedik a levélhőmérséklet a kezeletlen (B0) növényekhez képest (3. ábra). Ez összefügg azzal a megállapítással, hogy a PGPR fokozza az abszcizinsav (ABA) termelődését a gyökér zónában (Forni et al. 2017), ami a levelekbe áramolva sztómák záródását eredményezi, ezáltal csökken a transzspiráció (Bresson et al. 2013) és mint az eredményeink mutatják, emelkedik a levélfelület hőmérséklete (Le et al. 2018b). A B2

és B3 kezelések jelentősen befolyásolják a piacképes és a zöld egészséges termés arányát öntözés nélkül és deficités öntözés mellett termesztett növényeknél 2018-ban (3. táblázat). Ez azt igazolja, hogy ezek a baktériumkezelések mérséklék a transzspirációt, korlátozzák a klorofill fluoreszcencia csökkenését, kiegyensúlyozott lesz a fotoszintézis, ennek következtében a kissé elhúzódo érés miatt nagyobb a zöld színű termés aránya, mint a kezeletlen növényeknél. Csapadékos (2020) évben B2 és B3 kezelésnek nincs jelentős hatása sem a piacképes, sem a zöldtermés mennyiségére, azonban nő a beteg, nem piacképes termés aránya (3. táblázat).

3. ábra. Baktérium kezelések hatása H-1015 F<sub>1</sub> paradicsom levélfelület hőmérsékletére eltérő vízellátásban száraz (2018) és csapadékos (2020) évben

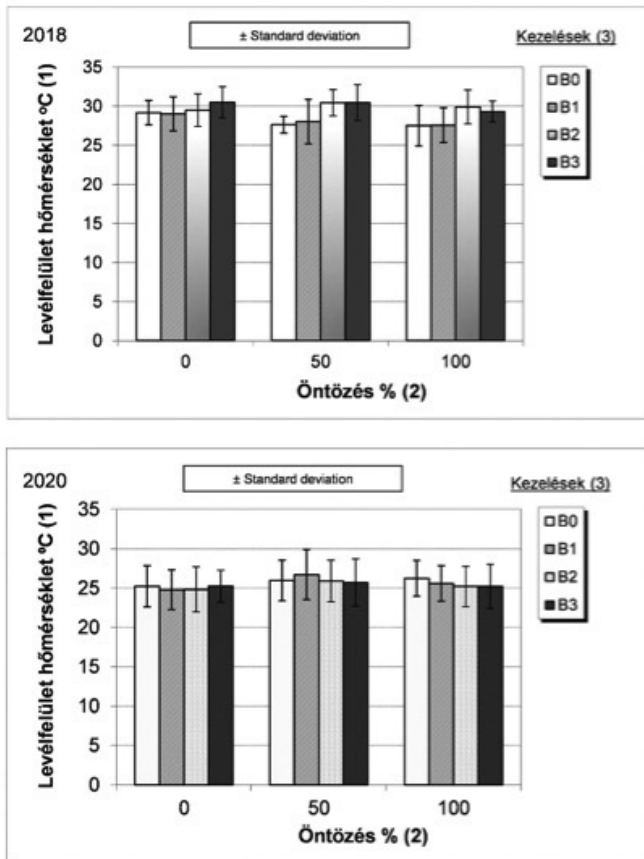


Figure 3. Effect of bacterial treatments on canopy temperature (°C) of H-1015 F<sub>1</sub> tomato under different water supply conditions in dry (2018) and wet (2020) years.

(1) canopy temperature, (2) irrigation, (3) bacterial treatments, 0= non-irrigation, 50= deficit irrigation, 100= regular irrigation

## 3. táblázat. Vízellátás és baktériumkezelések hatása a paradicsom termésére és minőségére száraz (2018) és csapadékos (2020) évben

Vízellátás <sup>1</sup>	PGPR <sup>‡2</sup>	2018				
		Piacképes <sup>3</sup> t/ha	Zöld <sup>4</sup> t/ha	Beteg <sup>5</sup> t/ha	Brix <sup>o6</sup>	C vitamin <sup>7</sup> µg/g
I0	B0	47,45b	4,40c	0,86	4.25 b	51.84 a
	B1	46,71b	2,89d	1,36	5.07 a	56.02 a
	B2	57,46a	11,05a	1,70	4.36 b	50.72 a
	B3	58,27a	8,32b	2,25	4.39 b	50.62 a
<i>I0</i>		<i>51,97B</i>	<i>6,66B</i>	<i>1,54</i>	<i>4.52A</i>	<i>52.30A</i>
I50	B0	59,26c	4,65d	1,06	3.65 c	43.34 b
	B1	67,49b	8,42c	1,50	3.51 c	40.97 b
	B2	65,30b	15,36a	2,89	3.61 c	45.36 b
	B3	82,56a	10,28b	2,36	3.69 c	44.93 b
<i>I50</i>		<i>68,65A</i>	<i>9,68A</i>	<i>1,95</i>	<i>3.62B</i>	<i>43.65B</i>
I100	B0	59,75b	9,92b	2,71	3.37 c	39.64 b
	B1	51,45b	7,87c	2,30	3.46 c	43.66 b
	B2	62,89a	10,41b	2,99	3.33 c	42.51 b
	B3	69,72a	13,16a	2,14	3.22 c	42.57 b
<i>I100</i>		<i>60,98A</i>	<i>10,34A</i>	<i>2,54</i>	<i>3.35C</i>	<i>42.10B</i>
PGPR	B0	54,82b	6,32b	1,54	3,76b	44,92
	B1	55,22b	6,39b	1,71	4,02a	46,88
	B2	61,91ab	12,27a	2,53	3,77b	46,20
	B3	70,18a	10,58a	2,25	3,77b	46,04
Szignifikancia	WS	**	*	ns	***	***
	PGPR	*	*	ns	*	ns
	WS x PGPR	ns	ns	ns	**	ns

‡ növekedést serkentő baktériumok, B0 kezeletlen növények, I0= öntözés nélkül, I50= deficit öntözés, I100= rendszeres öntözés † P<0,10, \* P<0,05, \*\*P<0,01, \*\*\*P<0,001, ns= nem szignifikáns. A nagybetű a vízellátás közötti különbséget, a kisbetű a baktériumkezelések különbségét jelöli Duncan test szerint P<0,05 szignifikancia szinten.

*Table 3.* Effect of water supply and bacterial treatments on the yield and quality of tomato in dry (2018) and wet (2020) years.

B0= non treated plants, I0= non-irrigation, I50= deficit irrigation, I100= regular irrigation, ns= non-significant, Capital letter = significant difference of water supplies, smaller letter = significant difference of the bacterial treatments at P < 0.05 level using Duncan test. 1 water supply, 2 ‡plant growth promoting bacteria=PGPR, 3 marketable yield t ha<sup>-1</sup>, 4 green yield t ha<sup>-1</sup>, 5 diseased yield t ha<sup>-1</sup>, 6 Brix<sup>o</sup>, 7 vitamin C µg g<sup>-1</sup>



2020

Piacképes t/ha	Zöld t/ha	Beteg t/ha	Brix°	C vitamin µg/g
40,13	2,52	7,08b	4.64 a	35.85 a
41,57	6,43	6,84b	4.72 a	35.83 a
39,92	4,43	12,40a	4.55 a	32.18 b
38,71	3,51	9,28a	4.20 b	31.05 b
<i>40,08A</i>	<i>4,22A</i>	<i>8,9B</i>	<i>4.53A</i>	<i>33.73A</i>
40,33	2,05	8,71c	4.00 b	37.68 a
39,01	1,76	10,52b	3.62 b	31.03 b
39,11	2,57	14,03a	3.80 b	33.13 b
31,71	1,70	13,62a	3.88 b	31.45 b
<i>37,54AB</i>	<i>2,02B</i>	<i>11,72A</i>	<i>3.82B</i>	<i>33.32A</i>
34,51	1,71	12,21c	3.40 c	33.15 b
33,15	2,88	14,04b	3.24 c	28.25 c
35,71	2,23	18,22a	3.42 c	26.93 c
29,36	2,83	11,34c	3.04 c	28.58 c
<i>33,18B</i>	<i>2,41B</i>	<i>13,96A</i>	<i>3.27C</i>	<i>29.23B</i>
38,32a	2,09	9,33b	4,01a	35,56a
37,91a	3,69	10,47ab	3,86ab	31,70b
38,24a	3,08	14,88a	3,92a	30,74b
33,26b	2,68	11,41a	3,70b	30,36b
**	**	**	***	**
†	ns	**	*	**
ns	ns	ns	*	ns

Vízhiányban csökken a paradicsom termése, de nagy a termés szárazanyag tartalma (Szuvandzsiev et al. 2014b; Pék et al. 2017). Az eredményeink azt mutatták, hogy évjárártól függően, kielégítő vízellátás alatt alacsony a bogyók Brix° és C-vitamin tartalma (3. táblázat). Száraz természeti viszonyok alatt (száraz év+öntözés nélkül) B1 baktérium kezelés hatására jelentősen nagyobb a termés vízben oldható szárazanyag tartalma, azaz a Brix értéke, és mérsékelt növekedés mutatható ki csapadékosabb évben is (3. táblázat). Mindkét évben, az öntözés nélkül termesztett növényeknél érvényesül a B1 baktériumkezelés hatása a termés C-vitamin tartalmára. Csapadékos évben, deficités öntözés alatt a PGPR kezelés negatívan hatott a C-vitamin tartalomra és nincs jelentős különbség a baktériumkezelések között.

### Következtetés

A szabadföldi zöldségtermesztésben az abiotikus stressz tényezők káros hatásának kivédése, a termés mennyiségének és minőségének megőrzése aktuális feladat a termesztők számára. Száraz természeti viszonyok alatt, csepegtető öntözési rendszerekkel, deficités öntözéssel, és a gyökérzónában élő baktérium törzsekkel az ipari paradicsom termőképessége, és a termés vízdoldható szárazanyag tartalma (Brix°) fenntartható. A baktériumos kezelések hatása száraz évjáratban intenzívebb, mint csapadékosabb évben. A vizsgált baktérium törzsek közül a B1 kezeléssel a H-1015 ipari paradicsom termés Brix értéke és kismértékben a C-vitamin tartalma javítható öntözés nélküli körülmények alatt. A B2 és B3 baktériumtörzsek kezelésével mérséklődik a transzspiráció, korlátozódik a klorofill fluoreszcencia csökkenése, és a kiegyensúlyozott fotoszintézis következtében a piacképes piros és zöld színű termés mennyisége nő. Ez a kedvező hatás elsősorban szárazabb évben érvényesült.

### Köszönetnyilvánítás

A kutatást az Innovációs és Technológiai Minisztérium támogatta a Felsőoktatási Intézményi Kiválósági Program (NKFIH-1159-6/2019; GINOP\_2.2.1\_15\_2016\_00003; és az EFOP-3.6.3-VEKOP-16-2017-00008), a Szent István Egyetem vízzel kapcsolatos kutatások programja keretében.

### Irodalomjegyzék

1. Aponte, A., Castillo, O., Cabrera, G., Pernia, M. and Hernandez, Y. 2017. Rhizobacteria *Pseudomonas fluorescens* and *Azospirillum* sp. association enhances growth of *Lactuca sativa* L. under tropical conditions. J. Cent. Eur. Agric. 18(2): 424-440.
2. Bakr, J. Daood, H.G. Pék, Z. Helyes, L. and Posta, K. 2017a. Yield and quality of mycorrhized processing tomato under water scarcity. Applied Ecology and Environmental Research, 15(1): 401-413.
3. Bakr, J., Daood, J.H., Helyes, L. and Posta, K. 2017b. Water deficit irrigation strategy and arbuscular mycorrhizae application in field crop production. Columella 4. (1): suppl. 265-270.
4. Bakr, J., Pék, Z., Helyes, L. and Posta, K. 2018. Mycorrhizal Inoculation Alleviates Water Deficit Impact on Field-Grown Processing Tomato. Pol. J. Environ. Stud. 27 (5): 1949-1958.
5. Bulgan, A. Horváth, K.Zs. and Nemeskéri, E. 2019. The effects of water supply on the physiological traits and yield of tomato. Acta Agraria Debreceniensis, 2: 25-30.
6. Bulgan, A., Horváth, K.Zs., Agyemang Duah, S., Takács, S., Égei, M., Szuvandzsiev, P. and Neményi,

- A. 2021. Use of plant growth promoting rhizobacteria (PGPRs) in the mitigation of water deficiency of tomato plants (*Solanum lycopersicum* L.). J. Cent. Eur. Agric. 22(1): 167-177.
7. Bresson, J., Varoquaux, F., Bontpart, T., Touraine, B. and Vile, D. 2013. The PGPR strain *Phyllobacterium brassicacearum* STM196 induces a reproductive delay and physiological changes that result in improved drought tolerance in *Arabidopsis*. New Phytol. 200: 558-569.
  8. Daood, H.G., Biacs, P.A., Dakar, M.A. and Hajdu, F. 1994. Ion-pair chromatography and photodiode-array detection of vitamin C and organic acids. J. Chromatogr. Sci. 32(11): 481-487.
  9. Deák K.J. és Égei M. 2020. Vízellátás hatása ipari cseresznye paradicsom termésképzésére és a fontosabb fitonutrienseire. Kertgazdaság, 52(3): 17-26.
  10. Duc, N.H., Mayer, Z., Pék, Z., Helyes, L. and Posta, K. 2017. Combined inoculation of arbuscular mycorrhizal fungi, *Pseudomonas Fluorescens* and *Trichoderma* spp. For enhancing defense enzymes and yield of three pepper cultivars, Applied Ecology and Environmental Research, 15(3): 1825-1829.
  11. Estrada, F., Escobar, A., Romero-Bravo, S., González-Talice, J., Poblete-Echeverría, C., Caligari, P.D.S. and Lobos, G.A. 2015. Fluorescence phenotyping in blueberry breeding for genotype selection under drought conditions, with or without heat stress. Sci. Hortic. 181: 147-161.
  12. Furni, C., Duca, D. and Glick, B.R. 2017. Mechanisms of plant response to salt and drought stress and their alteration by rhizobacteria. Plant Soil. 410: 335-356.
  13. Geng, G.P., Wu, J.J., Wang, Q.F., Lei, T.J., He, B., Li, X.H., Mo, X.Y., Luo, H.Y., Zhou, H.K. and Liu, D.C. 2016. Agricultural drought hazard analysis during 1980–2008: A global perspective. Int. J. Climatol. 36: 389-399.
  14. Goswami, M. and Deka, S. 2020. Plant growth-promoting rhizobacteria-alleviators of abiotic stresses in soil: A review. Pedosphere, 30(1): 40-61.
  15. Helyes, L., Dimény, J., Pék, Z. and Lugasi, A. 2006. Effect of the variety and growing methods as well as cultivation conditions on ingredient of tomato fruit. Acta Hort. 712: 511-516.
  16. Helyes, L., Böcs, A. and Pék, Z. 2010. Effect of water supply on canopy temperature, stomatal conductance and yield quantity of processing tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.). Int. J. Hortic. Sci. 16: 13-15.
  17. Helyes L., Böcs A. és Nemeskéri E. 2018. Víztakarékos öntözés hatása az ipari paradicsom termésmennyiségére és minőségére. Kertgazdaság, 50(4): 3-9.
  18. Horváth, K.Zs., Bulgan, A., Helyes, L., Pek, Z., Nemenyi, A. and Nemeskeri, E. 2020. Effect of mycorrhizal inoculations on physiological traits and bioactive compounds of tomato under water scarcity in field conditions. Not. Bot. Horti. Agrobot. Cluj-Napoca, 48(3): 1233-1247.
  19. Jaleel, C.A., Manivannan, P., Wahid, A., Farooq, M., Al-Juburi, H.J., Somasundaram, R. and Panneerselvam, R. 2009. Drought stress in plants: A review on morphological characteristics and pigments composition. Int. J. Agric. Biol. 11: 100-105.
  20. Le, A.T., Pék, Z., Takács, S., Neményi, A., Daood, H.G. and Helyes, L. 2018a. The Effect of Plant Growth Promoting Rhizobacteria (PGPR) on the Water-Yield Relationship and Carotenoid Production of Processing Tomatoes. HortScience, 53: (6): 816-822.
  21. Le, A. T., Pék, Z., Takács, S., Neményi, A. and Helyes, L. 2018b. The effect of plant growth-promoting rhizobacteria on yield, water use efficiency and Brix Degree of processing tomato. Plant Soil Environ. 64(11): 523-529.
  22. Maxwell, K. and Johnson, G.N. 2000. Chlorophyll fluorescence—a practical guide. J. Exp. Bot. 51(345): 659-668.
  23. Nemeskéri, E. 2004. Heat tolerance in grain legumes. Bodenkultur, Die 55. Band /Heft 1: 3-11.
  24. Nemeskéri, E. and Nagy, L. 2003. Influence of growth factors on yield and quality of dry beans. Acta Agron. Hung. 51(3): 307-314.
  25. Nemeskéri, E. 2006. Breeding strategy for improvement of colour quality and carotenoid levels in dry pea seeds. Commun. Biometry Crop Sci. 1(1): 49-55.

26. Nemeskéri, E., Molnár, K. and Helyes, L. 2018a. Relationships of spectral traits with yield and nutritional quality of snap beans (*Phaseolus vulgaris* L.) in dry seasons. Arch. Agron. Soil Sci. 64(9): 1222-1239.
27. Nemeskéri, E., Molnár, K., Pék, Z. and Helyes, L. 2018b. Effect of water supply on water use related physiological traits and yield of snap beans in dry seasons. Irrig. Sci. 36(3): 143-158.
28. Pék, Z., Szuvandzsiev, P., Neményi, A., Tuan, L.A., Bakr, J., Nemeskéri, E. and Helyes, L. 2019. Comparison of a water supply model with six seasons of cherry type processing tomato. Acta Hort. 1233(1): 41-46.
29. Pék, Z., Daood, H.G.H.G., Neményi, A., Helyes, L. and Szuvandzsiev, P. 2017. Seasonal and irrigation effect on yield parameters and soluble solids content of processing cherry tomato. Acta Hort. 1159: 45-49.
30. Rezaian, M., Niknam, V. and Ebrahimzadeh, H. 2018. Effects of drought stress on the seedling growth, development, and metabolic activity in different cultivars of canola. Soil Sci. Plant Nutr. 64(3): 360-369.
31. Singh, V.K., Singh, A.K., Singh, P.P. and Kumar, A. 2018. Interaction of plant growth promoting bacteria with tomato under abiotic stress: A review. Agric. Ecosyst. Environ. 267: 129-140.
32. Vimal, S.R., Singh, J.S., Arora, N.K. and Singh, S. 2017. Soil-plantmicrobe interactions in stressed agriculture management: A review. Pedosphere. 27: 177-192.
33. Yang, J., Kloepper, J.W. and Ryu, C.M. 2009. Rhizosphere bacteria help plants tolerate abiotic stress. Trends Plant Sci. 14: 1-4.
34. Szuvandzsiev, P., Helyes, L., Lugasi, A., Szántó, Cs., Baranowski, P. and Pék Z. 2014a. Estimation of antioxidant components of tomato using VIS-NIR reflectance data by handheld portable spectrometer. International Agrophysics, 28: 521-527.
35. Szuvandzsiev, P., Helyes, L., Neményi, A. and Pék, Z. 2014b. Effect of water supply on yield characteristics of processing cherry tomato. Acta Hort. 1038: 587-592.

## **Effect of plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) on the growth and productivity of tomato under water deficiency**

HORVÁTH, K.ZS., BULGAN, A.

Hungarian University of Agriculture and Life Science, Institute of Horticulture

E-mail: Horvath.kitti.zsuzsanna@gmail.com

### **Summary**

Effect of rhizobacteria on physiological traits, distribution of yield, water soluble solid (Brix°) and vitamin C contents of H-1015 F<sub>1</sub> processing tomato were examined in open field conditions in dry and wet years. The aim was to evaluate the change in chlorophyll content (SPAD), chlorophyll fluorescence, canopy temperature and productivity of the plants treated with rhizobacteria strains' mixture (B1, B2, B3) in comparison with untreated plants (B0) under different water stress conditions. The regular irrigation (I100=ETc100%) represented the control, the deficit irrigation (I50=ETc50%) provided the moderate water stress and the non-irrigated treatments (I0) ensured

the serious water stress. The influence of bacteria treatments was more intensive in dry year than wet year. In wet year the chlorophyll fluorescence was high and the effect of bacteria treatments was not detected. In dry year chlorophyll fluorescence was lower and the only B3 treatment decreased the chlorophyll fluorescence under moderate water stress in comparison with the untreated (B0) plants. In dry year, under moderate and serious water stress, B2 and B3 treatments increased the marketable and green yield but they had only positively affected the diseases unmarketable yield in wet year. The Brix value and vitamin C content of fruit of processing tomato can be improved by B1 bacteria treatment under non-irrigated conditions.

**Keywords:** tomato, water deficiency, rhizobacteria, chlorophyll fluorescence, yield quality

### **Szerzők**

Horváth Kitti Zsuzsanna (kapcsolattartó szerző) – PhD hallgató, Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, Kertészeti Intézet, 2100 Gödöllő, Páter Károly u.1.

Bulgan Andryei – PhD hallgató, Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, Kertészeti Intézet, 2100 Gödöllő, Páter Károly u.1.