



MAGYAR AGRÁR- ÉS
ÉLETTUDOMÁNYI EGYETEM

**NÖVÉNYI NÖVEKEDÉST SERKENTŐ
BAKTÉRIUMOK ÉS ÖNTÖZÉS
HATÁSA AZ IPARI PARADICSOM
TERMESZTÉSÉBEN**

Doktori értekezés tézisei

DOI: 10.54598/002160

HORVÁTH KITTI ZSUZSANNA

GÖDÖLLŐ

2022

A doktori iskola

Megnevezése: MATE Növénytudományi Doktori Iskola

Tudományága: Növénytermesztési és kertészeti tudományok

Vezetője: Dr. Helyes Lajos
Egyetemi tanár, az MTA doktora
Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem
Kertészettudományi Intézet

Témavezető(k): Dr. Helyes Lajos
Egyetemi tanár, az MTA doktora
Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem
Kertészettudományi Intézet

Dr. Nemeskéri Eszter
Címzetes egyetemi tanár
Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem
Kertészettudományi Intézet

.....
Témavezető jóváhagyása

.....
Témavezető jóváhagyása

.....
Az iskolavezető jóváhagyása

A munka előzményei, célkitűzések

Napjainkban alapvető cél, hogy fenntartható termesztéssel versenyképes termékeket hozzunk létre. Az éghajlatváltozás és a népesség növekedése miatt egyre inkább kiéleződik a víz iránti verseny. Ennek érdekében fontos a megfelelő öntözés kialakítása, a vízfelhasználás hatékonyságának növelése, valamint a növény- és talaj vízháztartás-szabályozása. Az eddigi tapasztalatok alapján az öntözés jelentős mértékben befolyásolja a kötődött bogyók számát és a bogyók átlagtömegét, s bár magasabb hozamot eredményez, de ezzel együtt csökkenti a bogyók vízdoldható szárazanyag tartalmát.

A paradicsom nagy vízigényű növény, így mindenképp öntözést igényel, legfőképp a fél-száraz és száraz területeken, amit jelentősen megkönnyíthetnek a hiányos öntözési stratégiák, mint pl. a deficit öntözés (DI). Vízellátásának kritikus időszaka a tömeges termés kötődés kezdetétől a termésnövekedés végéig, azaz június közepétől augusztus elejéig tart. Az ekkor előforduló vízhiány jelentős termésvesztéseget okozhat.

A vízhiány káros hatásának mérséklésére egyre elterjedtebbé vált az olyan növekedést segítő és minőséget javító eszközök felhasználása is, mint a mikorrhiza gombák, vagy baktériumok. A növény növekedését elősegítő rhizobaktériumok (PGPR) a talajban szabadon élő mikroorganizmusok, amelyek kölcsönhatásba lépnek a növény gyökereivel, és jótékony hatásokat váltanak ki a növényekben az ásványi táplálkozás javításával és a növénybetegségek elnyomásában részt vevő antibiotikumok szintetizálásával.

Hároméves, ipari paradicsomokkal végzett szabadföldi kísérletünk célja, hogy értékeljük a növények fejlődése alatt előforduló környezeti stresszek, elsősorban a vízellátás és a hőmérséklet hatását, továbbá

figyelemmel kísérjük az alkalmazott baktériumok hatását a termés minőségi, mennyiségi és beltartalmi tulajdonságaira eltérő vízellátás alatt.

ANYAG ÉS MÓDSZER

A kísérleteket három év alatt végeztük: 2018-ban és 2020-ban a H-1015 (H. J. Heinz Company, Pittsburgh, USA) míg 2019-ben az UG812J (United Genetics Italia, Parma, Olaszország) ipari paradicsom hibrideket vizsgáltuk. A kísérletek kivitelezése szabadföldön, a MATE GAK Kft. Kertészeti tanüzemének kísérleti telepén (Szárítópusztza) történt, amelyekben elsősorban a paradicsomok termőképességét és termésminőségét vizsgáltuk.

A palántákat kiültetés előtt 3 baktériumos kezelésnek vetettük alá, amelyeket a Bay Zoltán Kutató Intézet (BAY-BIO Szeged) bocsátott a rendelkezésünkre B1, B2 és B3 elnevezéssel. A kezelések split-plot rendszerben, véletlen blokk elrendezésben, négy ismétlésben kerültek kivitelezésre.

A növények vízigényének meghatározása AquaCrop v5.0 szoftverrel (Land and Water Division, Food and Agriculture Organisation of the United Nations, Róma, Olaszország) történt. $ET_c = ET_0 \times K_c$ egyenlet segítségével két öntözési kezelést alkalmaztunk: az optimális vízellátottságot az öntözött parcellákon (I100) a számított evapotranszpiráció 100%-os pótlása történt, míg deficitöntözésnél (I50) az öntözővíz adag az optimális kezelésnek a fele volt.

A műszeres méréseket hetente egyszer, általában délelőtt 10 és 14 óra között végeztük. A relatív klorofill méréséhez a SPAD 502 (Konica Minolta, Warrington, Egyesült Királyság) eszközt használtuk, a levélhőmérsékletet a Raytek MX4-el (Raytek Corporation, Santa Cruz, CA, USA) infravörös hőmérővel, míg a klorofill fluoreszcenciát a PAM-2500 (Heinz Walz GmGH, Effeltrich, Németország) eszközzel mértük. A talajnedvesség mérése PT-1 digitális dárdával (Kapacitív KKT., Budapest) történt.

Mindhárom évben minden parcellából, a kijelölt 4 soron belül random 10-10 növényt takarítottunk be, amelyek termését 3 csoportba - érett, zöld és piacképtelen – soroltuk. Az érett termésekből kiválasztott mintákat mindhárom évben a Regionális Egyetemi Tudásközpontjának Élelmiszeranalitikai Laboratóriumában vízdíszható szárazanyag tartalom és C-vitamin mérésnek vetettük alá.

Az adatok elemzése SPSS Windows 20.0 statisztikai programmal történt. A baktériummal kezelt növények élettani tulajdonságai és a termés közötti kapcsolat feltárására regresszióanalízist végeztünk.

A meteorológiai adatok szerint az éveket három csoportba soroltuk: 2018 mérsékelt száraz, 2019 száraz, 2020 pedig nedves év volt.

EREDMÉNYEK ÉS MEGVITATÁSUK

Vízellátás és baktériumok kezelések hatása az élettani tulajdonságokra

A jó vízellátás csökkentette a levélhőmérsékletet mérsékelten száraz (2018) és száraz évben (2019). A levél relatív klorofill tartalma (SPAD érték) jelentősen csökkent deficit és rendszeres öntözés mellett igen száraz (2019) és csapadékos (2020) évben az öntözetlen növényekhez (I0) képest.

Mérsékelten száraz évben (2018) a B2 és B3 baktérium kezelések jelentősen csökkentették a klorofill fluoreszcenciát (Fv/Fm), és növelték a levélfelület hőmérsékletét. Száraz évben (2019) a B2 és a B3 kezelések hatására jelentősen nőtt a SPAD érték. A csapadékos 2020-as évben a B2 és a B3 kezelések fenntartották a fotoszintézist (Fv/Fm és SPAD azonos a kezeletlen kontrollal), de a B1 baktérium csökkentette a klorofill fluoreszcenciát (Fv/Fm).

Vízellátás és baktérium kezelések hatása a bogyó darabszáma

A három évből 2019-ben volt a legtöbb piacképes bogyó, és 2020-ban a legkevesebb. 2018-ban volt a legtöbb zöld bogyó, és 2020-ban a legkevesebb, míg a beteg terméseknél ez pont fordítva történt.

2018-ban a piacképes és zöld bogyók darabszámára csak az öntözés volt szignifikáns hatással, míg a beteg bogyóknál nem tudtunk hatást kimutatni.

2019-ben minden bogyócsoporra a vízellátás volt a legnagyobb hatással, kivéve a beteg bogyóknál, ahol a baktérium kezelések összességében jelentősen csökkentették a beteg bogyók számát.

2020-ban a zöld bogyóknál csak az öntözésnél mutatható ki kismértékű szignifikáns különbség, ahol is az öntözetlen kezeléseknél képződött a legtöbb tövenkénti zöld bogyó, és a rendszeresen öntözött növényeken a legkevesebb. Az előző évhez hasonlóan a beteg termésnél is kimutatható statisztikai különbség az öntözések és a baktériumkezelések között is, azonban a piacképes termésre sem a baktérium kezelésnek, sem az öntözésnek nincs jelentős hatása.

Vízellátás és baktérium kezelések hatása a paradicsom bogyók tömegére

Az öntözés hatását vizsgálva, a három évből csak 2018-ban tudunk szignifikáns hatást kimutatni a zöld bogyók tömegére. Ekkor nemcsak az öntözés, de a baktérium kezelések hatása is kimutatható a zöld bogyók és piacképes bogyók tömegére.

2019-ben szignifikáns különbség csak a vízellátás és baktérium kölcsönhatása között mutatható ki a piacképes termésnél, míg a zöld bogyóknál csak a baktériumkezelések között.

2020 csapadékos évben a baktérium kezelések hatására csökkent a piacképes és a zöld bogyók tömege a kezeletlen (B0) kontrollhoz képest, de a csökkenés mértéke statisztikailag nem volt szignifikáns.

Baktériumok és vízellátás hatása a terméshozamra

2018-ban a B3 pozitív hatása a piacképes termésekre öntözés nélkül és deficit öntözés mellett is érvényesült: 28%-kal több termett öntözés nélkül a kezeletlen (B0) növényekhez képest. Vízhányban (I0, I50) a B2-vel és a B3-al kezelt paradicsomoknál több volt a zöld és a beteg termés mennyisége, mint a kezeletlen (B0) növényeknél. A B2 kezelés hatására jelentősen emelkedett a

beteg termés mennyisége a jó vízellátásban részesült növényeknél. Megfigyeléseink szerint a rendszeres öntözés (I100) minden esetben jobban növeli a beteg és sérült bogyók számát, mint a deficit öntözés vagy az öntözés nélküli kontroll.

2019-ben statisztikailag az érett terméséknél kimutattuk, hogy szignifikáns hatása volt az öntözés, a baktérium, valamint e két tényező kölcsönhatásának is a piacképes termésátlag alakulására. Legnagyobb piacképes termést a B1 kezeléssel és deficit öntözéssel értünk el. Öntözés nélkül (I0), a B2 és a B3 kezelést alkalmazva jelentősen csökkent a zöld termésátlag, és kevesebb volt a beteg termés mennyisége is.

2020-ban az I0B1 kezelésnél volt a legmagasabb az érett terméshozam. B3 kezelések ebben az évben is csökkentették a piacképes termések számát minden öntözéses kezelésben, mint 2019-ben. Az öntözések csökkentették a zöld bogyótermés mennyiségét, ami statisztikailag is kimutatható, ellentétben a baktériumkezelésekkel, amelyek szignifikánsan nem befolyásolták. Az öntözések növelték a beteg termések mennyiségét, míg a baktérium kezelések közül ez főleg a B2 kezelésnél figyelhető meg.

Az élettani tulajdonságok befolyása a generatív szakaszok alatt

A mérsékelt száraz 2018-ban a baktériumkezelések virágzástól bogyókötésig befolyásolják az élettani tulajdonságokat, Ez idő alatt, öntözés nélkül (I0) és deficitöntözés (I50) mellett a levélfelület hőmérséklet és a termés között szignifikáns kapcsolat ($r=-0,5188$, $r=0,8178$) mutatható ki. Deficitöntözés (I50) mellett a baktériummal kezelt növényeknél a klorofill fluoreszcencia (Fv/Fm), relatív klorofill tartalom (SPAD) jelentősen befolyásolta a termést ($r=-0,5363$, $r=-0,6029$), azonban jó vízellátásban (I100) nem volt hatásuk a termésre.

A 2019-es száraz évben a baktérium kezelt növényeknél nincs jelentős kapcsolat a generatív szakasz alatt mért élettani tulajdonságok és a termés mennyisége között.

A csapadékos 2020-as évben csak az öntözés nélküli, baktériummal kezelt növényeknél mutatható ki az Fv/Fm és a termés között jelentős kapcsolat ($r=0,5318$).

Vízellátás és baktériumok hatása a minőségi tulajdonságokra

A vízdoldható szárazanyag tartalmat ($^{\circ}$ BRIX) nagyban befolyásolja az öntözés. Mindhárom évben az öntözetlen (I0) állományoknál volt a legnagyobb szárazanyag tartalom. 2018-ban és 2020-ban is a legnagyobb oldható szárazanyag tartalmat a B1 kezelés biztosította az öntözetlen kezelésben. 2019-ben öntözés nélkül és rendszeres öntözés mellett a B3 kezelés alkalmazásával érhető el a legmagasabb a szárazanyag tartalom.

A jó vízellátás növelte a C-vitamin tartalmat száraz évben. 2018-ban az öntözetlen kezeléseknél volt a legnagyobb a termés C-vitamin tartalma, míg a csapadékos 2020-ban a C-vitamin tartalom alacsony, és jelentős különbség nem mutatható ki a vízellátási kezelések között.

2018-ban és 2020-ban is bebizonyosodott, hogy az öntözött növényeknél nem érvényesült a baktérium kezeléseket pozitív hatása. 2019-ben a B3 kezelés volt a legnagyobb pozitív hatással a termés C-vitamin tartalmára.

KÖVETKEZTETÉSEK ÉS JAVASLATOK

Eredményeink alapján kijelenthetjük, hogy az élettani tulajdonságok – klorofill fluoreszcencia, relatív klorofill tartalom és levélhőmérséklet – mérésével eredményesen tudjuk az ipari paradicsom fajták stressz tűrésének mértékét tesztelni.

Kísérletünkben bizonyítottuk, hogy a jó vízellátás csökkenti a levélhőmérsékletet a szárazabb években. A SPAD értékek is jelentősen csökkentek öntözés hatására, még a csapadékos évben is. A mérsékelt száraz évben a B2 és B3 baktérium kezelések csökkentették a klorofill fluoreszcenciát, azonban növelték a levélfelület hőmérsékletét. Száraz évben a B2 és B3 kezelések hatására jelentősen nőtt a SPAD érték. A csapadékos évben a B2 és B3 kezelések fenntartották a fotoszintézist, de a B1 baktérium csökkentette a klorofill fluoreszcenciát (Fv/Fm).

A H-1015 ipari paradicsom hibridnél a piacképes terméseket a B3 kezelések növelték öntözetlen és mérsékelt öntözésnél a mérsékelt száraz évben (2018). Csapadékos évben (2020) már a B1 növelte jobban öntözetlen körülmények között, míg a B3 kezelés inkább csökkentette a piacképes terméshozamot (t/ha). Ez a fajta öntözetlen és mérsékelt öntözésnél is nagyobb BRIX tartalommal rendelkezett, évjárattól függetlenül, amit a B1 kezelés növelt a legjobban. Száraz évben a baktérium kezelések közül B3 kezelés használatával öntözés nélkül és rendszeres öntözés mellett jó szárazanyag tartalom érhető el.

Száraz évben B3 kezelés volt a legnagyobb pozitív hatással a termés C-vitamin tartalmára, azonban ez a kezelés csökkentette a piacképes terméshozamot (t/ha). A csapadékosabb években a nagyobb vízellátás már nem növelte, hanem inkább csökkentette a C-vitamin tartalmát. A

baktériumok hatása nem, inkább az öntözés hatása érvényesült jobban a C-vitamin tartalomra.

2018-ban deficitöntözésnél, baktérium kezeléseket alkalmazva tudtuk legjobban kimutatni a klorofill fluoreszcencia és a SPAD jelentős befolyását a termésre.

Az eredmények azt mutatták, hogy baktérium kezelése hatása nagyban függ a fajtától és a környezeti tényezőktől, ami további vizsgálatokat igényelnek a jövőben. A vizsgált baktérium készítmények többféle törzset tartalmaztak. Nem mindegyik baktérium léphet, vagy léphetett szimbiotikus kölcsönhatásba a növényvel, ezáltal eltérő lehet a hatásuk a növény fotoszintézisére, termésképzésére. Javaslatom, hogy szabályozott körülmények között kell ezeket a baktérium készítményeket a fajtákon tesztelni, és csak utána, a legtöbb fajtánál pozitívan fellépő baktériumot kiválasztva tovább kísérletezni szabadföldön.

ÚJ TUDOMÁNYOS EREDMÉNYEK

1. Megállapítottam, hogy a relatív klorofill tartalom (SPAD) érték jelentősen csökkent nem kielégítő (deficit) és rendszeres öntözés mellett száraz és csapadékos években ipari paradicsomnál.
2. Mérsékelt száraz évben B2 és B3 kezelés jelentősen csökkentette a klorofill fluoreszcenciát (Fv/Fm), növelte a levélfelület hőmérsékletét és pozitív hatással volt a piacképes termésre.
3. Kimutattam, hogy a csapadékos évben a B2 és B3 kezelés kedvező volt a klorofill fluoreszcenciára (Fv/Fm), de B1 kezelés csökkentette.
4. Kimutattam, hogy mérsékelt száraz évben deficitöntözés mellett szignifikáns kapcsolat van a klorofill fluoreszcencia ($r=-0,5363$), a SPAD ($r=-0,6029$), a levélfelület hőmérséklet ($r=0,8187$) és a termés között a baktériummal kezelt növényeknél.
5. Kimutattam, hogy a mérsékelt száraz évben deficitöntözés mellett a B2 és B3 baktériumkezelések szignifikánsan növelték a piacképes és zöld terméshozamot.
6. Száraz évben, deficitöntözés mellett a B3 baktérium kezelés jobban csökkentette a piacképes és zöld bogyók terméshozamát a B2 kezeléshez képest, de növelte a beteg termés arányát.
7. Megállapítottam, hogy nedves évben deficitöntözés mellett a B3 baktériumkezelés csökkentette a piacképes terméshozamot, de növelte a zöld bogyók terméshozamát a B2 baktérium kezeléshez képest.
8. Száraz évben a B1 baktérium kezelés kedvezően hatott az ipari paradicsom vízben oldható szárazanyag tartalmára (BRIX). A C-vitamin tartalomra évtől függetlenül a baktérium kezelések nem voltak jelentős hatással.

Az értekezés témaköréhez kapcsolódó publikációk

Nemzetközi, Impakt faktoros folyóiratban megjelent:

1. Andrei B., **Horváth K. Zs.**, Agyemang Duah S., Takács S., Égei M., Szuvandzsiev P., Neményi A. (2021): Use of plant growth promoting rhizobacteria (PGPRs) in the mitigation of water deficiency of tomato plants (*Solanum lycopersicum* L.). Journal of Central European Agriculture, 2021, 22 (1): 167-177 p. IF=0,60 Q4
2. **Horváth K. Zs.**, Andrei B., Helyes L., Pék Z., Neményi A., Nemeskéri E. (2020): Effect of mycorrhizal inoculations on physiological traits and bioactive compounds of tomato under water scarcity in field conditions. Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca 48 (3): 1233-1247 p. IF=1,144 Q3

Idegen nyelvű, nem Impakt faktoros folyóiratban megjelent:

1. Andrei B., **Horváth K. Zs.**, Ráth Sz., Nemeskéri E., Neményi A., Pék Z., Helyes L. (2020): Effect of plant growth promoting Rhizobacteria (PGPRS) on yield and quality of processing tomato under water deficiency. Acta Agraria Debreceniensis 2020 (2):19-22 p.
2. Andryei B., **Horváth K. Zs.**, Nemeskéri E. (2019): The effects of water supply on the physiological traits and yield of tomato. Acta Agraria Debreceniensis 2019 (2): 25-30 p.
3. Nemeskéri E., **Horváth K. Zs.**, Pék Z., Helyes L. (2019): Effect of mycorrhizal and bacterial products on the traits related to photosynthesis and fruit quality of tomato under water deficiency conditions. Acta Hort. 1233 (1), 61-66 p. IF=0,23 Q3

Magyar nyelvű, nem Impakt faktoros folyóiratban megjelent:

1. **Horváth K. Zs.**, Andrei B., Ráth S., Égei M. (2020): Vízellátás és a növekedést serkentő baktériumok hatása az ipari paradicsom termésére és minőségére. *Kertgazdaság* 52 (2) 59-67 p.
2. **Horváth K. Zs.**, Andryei B. (2021): Növekedést serkentő baktériumok (PGPR) hatása paradicsom fejlődésére és termőképességére vízhiányban. *Kertgazdaság* 2021 (3): 53-65 p.
3. **Horváth K. Zs.**, Andryei B. (2021): Szárazság elleni védekezés lehetőségei a jelentősebb zöldség kultúrákban. *Agrofórum*, 8 (32): 114-117 p.
4. Ráth Sz., Égei M., **Horváth K. Zs.**, Daood H. (2019): Különböző termőhelyen és évjáratban termesztett ipari paradicsom fontosabb karotinoid vegyületeinek mennyiségi összehasonlítása. *Kertgazdaság* 51. (3): 56-65 p.

Konferencia kiadvány:

1. Andrei B., **Horváth K. Zs.**, Pék Z., Nemeskéri E., Helyes L. (2018): Effects of irrigation and plant growth promoting rhizobacteria on processing tomato – 7th International Scientific Conference – Sustainable Development of Agriculture and Economy. *Scientific Journal – Agricultural Economics* vol.09. Published by School of Economics and Business Mongolian University of Life Science. ISSN 2519-2000. 203-206 p.
2. **Horváth K. Zs.**, Helyes L., Nemeskéri E.(2019): Növekedést segítő baktériumok hatása ipari paradicsom fotoszintézisére és termésére vízhiányban. In: *Növénynevelés a 21. század elején: kihívások és válaszok szerk. Karsai Ildikó. XXV. Növénynevelési Tudományos Nap* Kiadó: MTA Agrártudományok Osztályának Növénynevelési

Tudományos Bizottsága, Magyar Tudományos Akadémia, Budapest. 86-89 p.

3. **Horváth K. Zs.**, Nemeskéri E. (2018): Mikorrhiza kezelés hatása ipari paradicsom fotoszintézisére, termésére vízhiányban. XXIV Növénynemesítési Tudományos Napok Összefoglalók. szerk.: Karsai Ildikó, Polgár Zsolt. 2018. Március 6. Magyar Tudományos Akadémia, Budapest 91-92 p.
4. **Horváth K. Zs.**, Nemeskéri E. (2020): Növekedést serkentő baktériumok használata paradicsom vízhiányának enyhítésében. XXVI. Növénynemesítési Tudományos Napok összefoglaló kötet. Szerk. Dr. Karsai Ildikó, Dr. Bóna Lajos. Szeged, Sigillum 2000 Bt. 87 p.
5. Nemeskéri E., **Horváth K. Zs.**, Pék Z., Helyes L. (2018): Effect of mycorrhizal and bacterial products on the traits related to photosynthesis and fruit quality of tomato under water deficiency conditions. ISHS International Society for Horticultural Science, XV ISHS Symposium on the Processing Tomato, M/V Celestyal Crystal Greece, Abstract Book, P1-10, 38 p.