



MAGYAR AGRÁR- ÉS  
ÉLETTUDOMÁNYI EGYETEM

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

**Doktori értekezés**

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

# TARTALOMJEGYZÉK

<b><u>TARTALOMJEGYZÉK.....</u></b>	<b><u>1</u></b>
<b><u>1. BEVEZETÉS.....</u></b>	<b><u>4</u></b>
<b><u>2. CÉLKITŰZÉS .....</u></b>	<b><u>5</u></b>
<b><u>3. IRODALMI ÁTTEKINTÉS .....</u></b>	<b><u>6</u></b>
3. 1. A PARADICSOM TERMESZTÉSE .....	6
3. 2. A PARADICSOM TÁPLÁLKOZÁSTANI JELENTŐSÉGE .....	9
3. 3. VÍZELLÁTÁS ÉS TÁPANYAG .....	10
3. 4. KÖRNYEZETI STRESSZEK ÉS HATÁSAIK.....	12
3. 4. 1. HŐMÉRSÉKLET STRESSZ HATÁSA .....	13
3. 4. 2. VÍZ-STRESSZ HATÁSA .....	15
3. 5. NÖVEKEDÉST SERKENTŐ BAKTÉRIUMOK .....	16
3. 5. 1. BAKTÉRIUM KÉSZÍTMÉNYEK, BIOTRÁGYÁK ALKALMAZÁSA .....	16
3. 6. ABIOTIKUS STRESSZ HATÁSA AZ ÉLETTANI TULAJDONSÁGOKRA .....	18
3. 6. 1. KLOROFILL FLUORESCENCIA .....	19
3. 6. 2. SPAD.....	20
3. 6. 3. LEVÉLHŐMÉRSÉKLET .....	20
<b><u>4. ANYAG ÉS MÓDSZER.....</u></b>	<b><u>22</u></b>

<b>4. 1. KÍSÉRLETEK TERVEZÉSE .....</b>	<b>22</b>
<b>4. 2. BAKTÉRIUMOS KEZELÉSEK .....</b>	<b>22</b>
<b>4. 3. ÖNTÖZÉS.....</b>	<b>24</b>
<b>4. 4. SZÁNTÓFÖLDI MÉRÉSEK.....</b>	<b>27</b>
<b>4. 5. BETAKARÍTÁS, TERMÉS ANALÍZIS.....</b>	<b>28</b>
4. 5. 1. KÉMIAI ANALÍZIS.....	29
4. 5. 2. STATISZTIKAI ÉRTÉKELÉS.....	30
<b>4. 6. METEOROLÓGIA ADATOK A PARADICSOM FEJLŐDÉSE ALATT .....</b>	<b>31</b>
<b><u>5. EREDMÉNYEK ÉS MEGVITATÁSUK.....</u></b>	<b><u>34</u></b>
<b>5. 1. ABIOTIKUS TÉNYEZŐK HATÁSA A PARADICSOM FEJLŐDÉSE ALATT.....</b>	<b>34</b>
5. 1. 1. TALAJ VÍZELLÁTÁSA .....	34
<b>5. 2. VÍZELLÁTÁS ÉS BAKTÉRIUMOK HATÁSA AZ ÉLETTANI TULAJDONSÁGOKRA ..</b>	<b>36</b>
5. 2. 1. VÍZELLÁTÁS HATÁSA A LEVÉLHŐMÉRSÉKLETRE .....	36
5. 2. 2. BAKTÉRIUM KEZELÉSEK HATÁSA A LEVÉLHŐMÉRSÉKLETRE.....	40
5. 2. 3. VÍZELLÁTÁS HATÁSA A SPAD ÉRTÉKRE.....	44
5. 2. 4. BAKTÉRIUM KEZELÉSEK HATÁSA A SPAD ÉRTÉKRE.....	48
5. 2. 5. VÍZELLÁTÁS HATÁSA A KLOOROFILL FLUORESCENCIÁRA.....	51
5. 2. 6. BAKTÉRIUM KEZELÉSEK HATÁSA A KLOOROFILL FLUORESCENCIÁRA.....	54
<b>5. 3. BAKTÉRIUM KEZELÉSEK HATÁSA A BOGYÓ DARABSZÁMÁRA.....</b>	<b>56</b>

5. 4. VÍZELLÁTÁS ÉS BAKTÉRIUM KEZELÉSEK HATÁSA A PARADICSOM BOGYÓK TÖMEGÉRE .....	60
5. 5. VÍZELLÁTÁS ÉS BAKTÉRIUMOK HATÁSA AZ ÖSSZES FÖLD FELETTI NÖVÉNYTÖMEGRE .....	62
5. 6. BAKTÉRIUMOK ÉS VÍZELLÁTÁS HATÁSA A TERMÉSHOZAMRA .....	64
5. 7. AZ ÉLETTANI TULAJDONSÁGOK BEFOLYÁSA A GENERATÍV SZAKASZOK ALATT	72
5. 8. VÍZELLÁTÁS HATÁSA A MINŐSÉGI TULAJDONSÁGOKRA .....	74
<b><u>6. KÖVETKEZTETÉSEK ÉS JAVASLATOK.....</u></b>	<b><u>80</u></b>
<b><u>ÚJ TUDOMÁNYOS EREDMÉNYEK.....</u></b>	<b><u>82</u></b>
<b><u>7. ÖSSZEFOGLALÁS .....</u></b>	<b><u>83</u></b>
<b><u>8. SUMMARY .....</u></b>	<b><u>87</u></b>
<b><u>9. IRODALOMJEGYZÉK .....</u></b>	<b><u>90</u></b>
<b><u>AZ ÉRTEKEZÉS TEMAKÖRÉHEZ KAPCSOLÓDÓ PUBLIKÁCIÓK.....</u></b>	<b><u>103</u></b>
<b><u>TÁBLÁZAT ÉS ÁBRAJEGYZÉK.....</u></b>	<b><u>108</u></b>
<b><u>KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS .....</u></b>	<b><u>110</u></b>

# 1. BEVEZETÉS

A paradicsom 16. századi felfedezése után mára már az egész világon elterjedt, s nem véletlenül kapta az olaszoktól a „*pomodoro*” nevet, amely „*aranyalmát*” jelent. Egészségvédő hatása és magas antioxidáns tartalma miatt nem csak a friss paradicsom, de a különböző paradicsom alapú termékek iránti kereslet is folyamatosan növekszik, így a mezőgazdaságnak lépést kell tartania az elvárásokkal.

A megtermelt paradicsomok mennyisége évről évre folyamatosan emelkedik, amelynek hozzávetőlegesen háromnegyed részét teszi ki a friss fogyasztásra termelt paradicsom. Az ipari paradicsom előállítása kizárólag szabadföldön folyik, így jobban befolyásolja az időjárás: ez is az egyik oka annak, hogy a világon előállított mennyiség – bár folyamatosan emelkedik - körülbelül négyévente hullámzást mutat.

A Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem (volt Gödöllői Szent István Egyetem) Kertészeti Intézete több mint ötven éve kutatja az ipari paradicsom termésképzésére ható abiotikus tényezők hatását a termés minőségi és mennyiségi összetevőire. Ezek fontossága ma is mérvadó, ezért továbbra is folyamatos megfigyelések és vizsgálatok szükségesek.

Napjainkban alapvető cél, hogy fenntartható termesztéssel versenyképes termékeket hozzunk létre. Ennek érdekében fontos a megfelelő öntözés kialakítása, a vízfelhasználás hatékonyságának növelése, valamint a növény- és talaj vízháztartás-szabályozása. Ezeket folyamatosan nyomon kell követni, így megfelelő mérési módszereket is ki kell dolgozni, amelyek korszerűek és sérülésmentesek.

A vízhiány káros hatásának mérséklésre egyre elterjedtebbé válik az olyan növekedést segítő és minőséget javító eszközök felhasználása is, mint a mikorrhiza gombák, vagy a növekedést segítő baktériumok (PGPR). Kísérletekkel már bizonyítottuk, hogy a mikorrhiza gombák öntözetlen körülmények között jelentősen csökkentették a lombkorona hőmérsékletét, javították a terméskötődést, valamint szignifikánsan növelték a gyümölcsök összes karotinoid és likopin tartalmát.

## 2. CÉLKITŰZÉS

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.

Mivel tapasztalataink szerint Magyarországon annak ökológiai adottságai mellett nem lehet öntözés nélkül gazdaságosan paradicsomot termesztetni, az öntözési kísérletek vizsgálata az egyik legfontosabb feladatunk. 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.

Kísérletünkben arra is kerestük a választ, hogy a felhasznált baktériumkészítmények az öntözési kezelések mellett mennyire tudják kifejteni hatásukat, és ellensúlyozzák-e a fellépő stresszeket, akár az öntözés nélküli kezelésekből is javítva terméseik hozamát és minőségét.

### 3. IRODALMI ÁTTEKINTÉS

#### 3. 1. A PARADICSOM TERMESZTÉSE

*Solanum lycopersicum* a paradicsom latin neve, s a Burgonyavirágúak (*Solanales*) rendjébe és a Burgonyafélék (*Solanaceae*) családjába tartozik. 1753-ban Carl von Linné svéd természettudós, orvos és botanikus a paradicsomot először a *Solanum* nemzetségbe helyezte, de 1754-ben Philip Miller angol botanikus a *Lycopersicon* nemzetségbe sorolta (Peralta 2001).

A paradicsom Közép- és Dél-Amerikában őshonos, ahol nagyon népszerű és rendkívül sokoldalú étel. Ehető része csak a gyümölcs (bogyó), mivel a levele, szára és gyökere mérgező alkaloidokat tartalmaz. (Kumar et al. 2020). A termesztett paradicsomfajták alakjukban, színükben és méretükben is jelentősen különböznek egymástól, a vörös gyümölcsök mellett vannak narancssárga, sárga, barna és zöld színűek is. A bogyók alakja is változatos: lehet hengeres, gömbölyű vagy szilva. Mérete szerint lehet cseresznyeparadicsom, normál és húsparadicsom. A paradicsom piaci értékét az alakja, mérete és színe határozza meg (Parveen et al. 2020).

A paradicsom a világon az egyik legnagyobb mennyiségben termesztett zöldség, rangsorban világmásodik a burgonya után. Kína a legnagyobb paradicsom termeszto a világon a 2019-es FAO adatok szerint, míg India a második, és Törökország a harmadik. Ebből csak az ipari paradicsom termesztési adatait véve figyelembe, az Egyesült Államok (Kalifornia) a legnagyobb termesztő.

Ha a világ össztermelését nézzük, 5 millió hektáron összesen 180 millió tonna paradicsomot termesztettek a 2019-es évben, ami egy millió hektárral és 800 ezer tonnával több, mint 2018-ban volt. Európában Olaszország és Spanyolország foglalja el az első két helyet, míg Magyarország a 14. helyen áll a FAO listáján több mint 2 ezer hektárral és 180 ezer tonnával (FAO 2019). A FruitVeB (2021) adatai szerint 2020-ban az Európai Unióban a zöldségtermés mennyisége 59,53 millió tonna volt, ami közel 1%-os csökkenés az előző évhez képest. 16,5 millió tonnával a paradicsom a legnagyobb volumenben termesztett zöldség az EU-ban, amiből az ipari paradicsom 5,2 millió tonnát ad ki. A FruitVeB (2021) szerint továbbra is várható a paradicsomtermelés csökkenése az EU-ban, mivel nehéz felvenni a versenyt a marokkói importtal, valamint a paradicsom munkaigénye nagyobb, mint pl. a paprikáé, ezért sok termelő

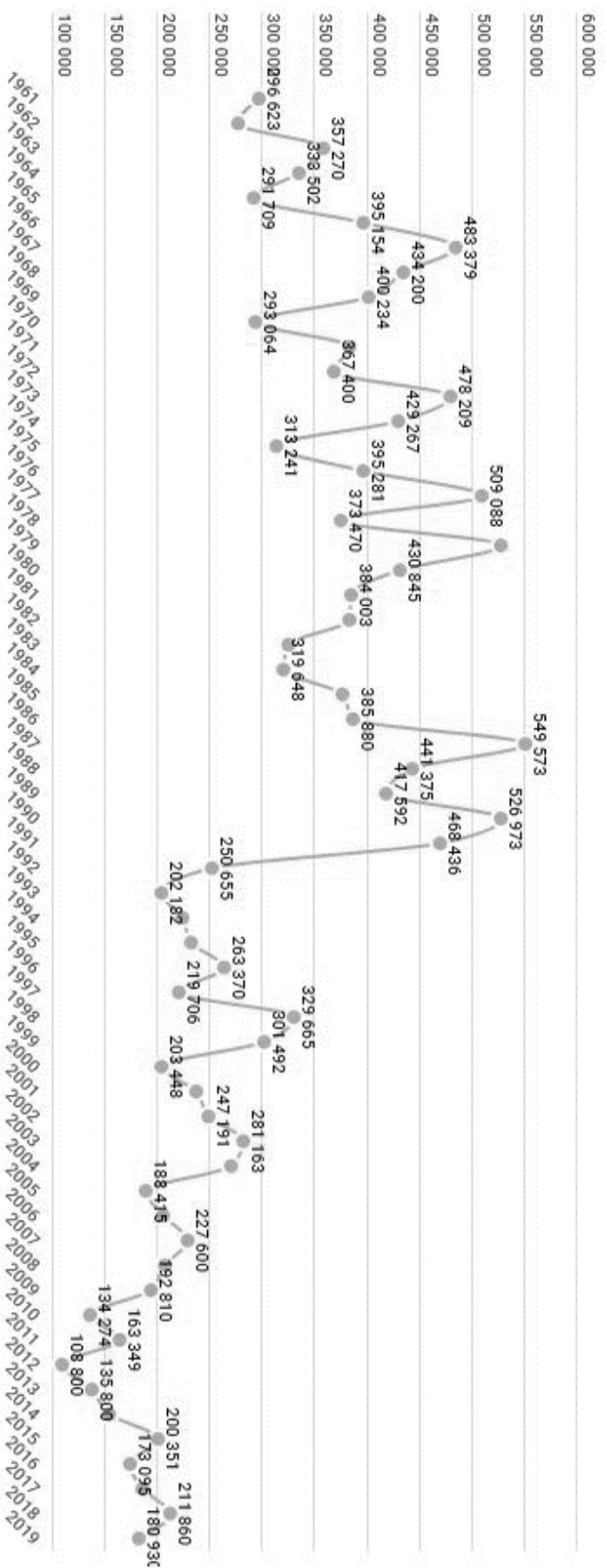


más zöldség termesztésére áll át. Azok a paradicsom sűrítmény gyártók, akik rákényszerülnek a termékük alacsony áron történő értékesítésére, nagy finanszírozási problémákkal is küzdenek, mert kénytelenek hitelt felvenni (Pék et al. 2019).

Hazánkban az Univer Product ZRt komoly beruházásokkal próbálja helyreállítani az ipari paradicsom termelési potenciálját. Rendelkezik egy 160 ha-os mintagazdasággal, ahol üzemi körülmények között vizsgálják az öntözés és a tápanyag utánpótlás hatását a különböző fajtákra (Szuvandzsiev 2017).

Magyarországon 211860 tonna és 180930 tonna paradicsom volt a termés mennyisége a FAO adatbázisa szerint 2018-ban és 2019-ben. Látható, hogy a rendszerváltás óta csökkent a hazai paradicsomtermesztés, ami 2012-ben érte el mélypontját. Azóta folyamatosan emelkedik, s próbálja tartani az elmúlt csaknem három évtized középértékét (1. ábra).

Magyarország ipari paradicsom termesztése is drámaian csökkent az uniós csatlakozás után, 2012-ben még a 300 ha-t sem ért el (Pék et al. 2019). Azóta folyamatos növekedésnek indult, bár a termőterületek nagysága még mindig nem érte el a 2000-es évek előtti értékeket.



1. ábra. Magyarországon termesztett paradicsom mennyisége (tonna). (Forrás: Agroforum 2021)

### 3. 2. A PARADICSOM TÁPLÁLKOZÁSTANI JELENTŐSÉGE

Sok nemzet számára frissen vagy feldolgozva a paradicsom az étrend egyik fő összetevője. A paradicsom fogyasztása egy 2019-es felmérés szerint hazánkban is egyre nő, 2018-ban 7,6 kg/fő/év volt (ELIR 2019).

A paradicsom vízben nem oldódó vagy vízdoldható szárazanyagokból, illetve vízből áll. A szerves savak javarészt citrom- és almasavból állnak, és értékük 0,3-0,6% között mozoghat (Deák et al. 2015). A cukrok és savak egymáshoz viszonyított mennyisége határozza meg a végső paradicsomsűrítmény ízét, így nagymértékben meghatározza a fogyasztói preferenciákat (Pedro és Ferreira 2007). Magas cukortartalom magas savtartalommal párosulva adja a legjobb ízt, míg a magas sav- és alacsony cukortartalom fanyar ízt eredményez (Helyes et al. 2008).

A vízdoldható szárazanyag-tartalomnak BRIX fokban fejezzük ki az értékét, és amelynek 50-70%-át a redukáló cukrok adják. Az értéke általában 4-7 között alakul (Atherton és Rudich 1986). A BRIX° értékét több tényező befolyásolhatja: a fajta, a termesztés módja és a termesztési körülmények (Helyes, 1999). A gyümölcsben lévő oldott szilárd anyagok koncentrációja fontos minőségi tényező a feldolgozásra termesztett paradicsom számára (Johnstone et al. 2005; van Bezouw et al. 2019).

Helyes és társai (2009) kutatásai szerint a megnövelt vízmennyiség pozitívan hat a termésmennyiségre, és negatívan a BRIX° tartalomra. A csepegtető öntözés használata is gyakran nemkívánatos alacsony szárazanyag tartalmat eredményez (van Bezouw et al. 2019). Azonban bár az oldható szárazanyag-tartalom csökken a bogyókban az öntözés hatására, a növekvő bogyótömeg és bogyószámon keresztül a hektáronként megtermelt szárazanyag növekszik (Pék et al. 2015).

A vízben (és alkoholban) nem oldódó szárazanyag-tartalom főként rostokat tartalmaz, például cellulózt, proteint és a pektint.

A paradicsom biológiailag aktív vegyületei közé tartoznak a polifenolok, amelyeket a növények különböző stresszhatások ellen termelnek, valamint a karotinoidok, amikből több mint 20 félért mutattak ki a paradicsomban. Elsősorban az elnyelt fényenergiának a klorofilok felé történő továbbításában van szerepük a fotoszintézis során, valamint védik a sejtalkotókat az UV-sugárzás okozta károsodástól (Stahl és Sies 2012). Közülük a legnagyobb mennyiségben a likopin (70-90%) áll rendelkezésre, ami a piros színért felelős, de a lutein is jelentős mennyiségben fordul elő (Chaudhary et al. 2018). A növényi sejtekben a  $\beta$ -karotin képződése is

a likopin molekulán keresztül történik. A  $\beta$ -karotin nem csak az A-vitamin előanyagaként, hanem antioxidánsként is fontos a szervezet számára (Szalai 1994; Tan et al. 2008; Steiner et al. 2018).

A paradicsom az egyik legjobb és legfontosabb vitaminforrás egy átlagember kiegyensúlyozott étrendjében. Előnyös a jó egészség fenntartása és a betegségek megelőzése szempontjából, mivel fogyasztása csökkentheti a rák, a csontritkulás, a vérnyomás, a koleszterinszint, valamint a vércukorszint növekedésének kockázatát (Umar és Abdulkadir 2015; Agarwal és Rao 2000).

Számos vitamin (A-, B1-, B2-, B3-, B6-, B7-, B9, C-, és E-vitamin), és ásványi anyag forrása, valamint tartalmaz nagy mennyiségben vasat, foszfort, folsavat, karotinoidokat, káliumot és glikoalkaloidokat (Perveen et al. 2015). A likopin jelen van nem csak a friss paradicsomban, de a feldolgozottban is, mivel magas hőkezelés során sem tűnik el. A karotinoidok a tök sárga színétől a sütőtök narancssárgáján át a paradicsom piros színéig terjednek (Rodríguez-Bustamante és Sanchezi 2007).

A C-vitamin antioxidáns hatással rendelkezik, amely csökkenti az érlelmeszesedést, a szív- és érrendszeri megbetegedések és a rák bizonyos formáinak kockázatát (Harris 1996). A paradicsom héja a likopin mellett jelentős mennyiségű C-vitamint és fenolt is tartalmaz. A paradicsom átlagos C-vitamin koncentrációja körülbelül 23 mg/100 g. A gyümölcsmintákban található tényleges koncentráció azonban változhat a betakarítás előtti tényezők, például az éghajlati viszonyok, a talajtípus és a fajta miatt (Sablani et al. 2006).

A C-vitamin fényre és oxigénre is érzékeny, nem megfelelő szállítási és tárolási körülmények között elbomlik, ami az élelmiszerek étkezési értékének csökkenéséhez vezethet. Számos tényező csökkentheti a C-vitamin tartalmat: hosszabb tárolás, a magasabb hőmérséklet, az alacsony relatív páratartalom, vagy a fizikai károsodások (Arias et al. 2000).

### 3. 3. VÍZELLÁTÁS ÉS TÁPANYAG

Az éghajlatváltozás és a népesség növekedése miatt egyre inkább kiéleződik a víz iránti verseny, főleg a fejlődő országok miatt. A WEF (The World Economic Forum, 2019, vagyis Világgazdasági Fórum) adatai szerint a gazdálkodások jelenleg az édesvíz készletek 70%-át hasznosítják, s folyamatosan nő az aszály veszélye is. További probléma, hogy öntözéskor a gazdálkodók az édesvíz-erőforrások legkevésbé produktív (azaz legalacsonyabb értékű) részét

használják fel (Damania et al. 2017; Pérez-Blanco et al. 2020). Az öntözéses mezőgazdaság egy jelentősen vízfogyasztó ágazat, körülbelül az emberi felhasználásra szánt édesvíz készletek kétharmadát teszi ki (Fereres és Evans 2006).

Az ipari paradicsom termesztésekor szabadföldön az időjárási viszonyok jobban érvényesülnek, mint kontrollált, üvegházi körülmények között, fontos a vízmegőrzési technológiák fejlesztése és alkalmazása. A megfelelő öntözési és trágyázási technológiák fontos elemek a hozam és a beltartalmi értékek alakulásában (Zhu et al. 2012). 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) (Patané et al. 2011). A deficit öntözés célja a növényi vízfelhasználás hatékonyságának (WUE) növelése az öntözési víz mennyiségének, vagy az öntözési események számának csökkentésével (Kirda 2002). Ezek a stratégiák, melyek csökkentik a vízfelhasználást, de kielégítő szinten tartják a hozamot, hozzájárulhatnak korlátozott erőforrásaink megőrzéséhez (Topcu et al. 2007).

Az ipari paradicsom termesztésénél kulcsfontosságú a vízellátás, a mai időkben öntözés nélkül nem lehet gazdaságosan paradicsomot termeszteni (Takács et al. 2017). Vízellátásának kritikus időszaka a tömeges termés kötődés kezdetétől a termésnövekedés végéig, azaz június közepétől augusztus elejéig tart (Balázs 1985). A kutatók már régóta keresnek megoldást a biztonságos öntözés kialakításához; például bebizonyosodott, hogy bár az öntözés csökkenti a vízben oldható szervesanyag tartalmat, ha az érés elején, vagy a betakarítás előtti periódusban felfüggesztjük azt (cut-off), akkor még pozitívan befolyásolható a BRIX koncentrációja (Cahn et al. 2001; Macua et al. 2003; Pék et al. 2015).

A deficitöntözés (DI) is elterjedté vált, amikor is a szezonban végig, vagy egy-egy fenológiai szakaszban csökkentett vízádaggal öntöznek (English és Raja 1996; Patané és Cosentinio 2010; Abuarab 2014; Agbna et al. 2017). Hazánkban is ez a legjobb öntözési forma a tapasztalatok szerint, mert jellemző éghajlatunkra a rendszertelen csapadék és a klímaváltozás eredményeként fellépő egyre gyakoribb szárazabb időszak (Helyes et al. 2012; Pék et al. 2015).

A deficitöntözés hatását (DI) széles körben vizsgálják folyamatosan, sok zöldségféle esetében. Fontos az adott termesztési hely éghajlata a párologtatás miatt, valamint a talaj típusa, amely alapján meghatározható a növények számára rendelkezésre álló víz és tápanyagok mennyisége. Ezek a tulajdonságok mind kiemelkedő szerepet játszanak a hiányos öntözési stratégia kiszámításában. Fontos a több éves, szabadföldön végzett kísérletek értékelése, mielőtt

javaslatot tennék a legmegfelelőbb öntözési módszerre, amelyet egy adott növény esetében bármely helyen alkalmazni lehet (Scholberg et al. 2000).

A túlóntözés is károsan befolyásolhatja a termés minőségét: a bogyók felrepedhetnek, és növelheti a növényvédelmi problémák előfordulását. A gazdálkodó számára ez nagy termés kiesést eredményezhet, hiszen a fogyasztói igények kielégítésére nagy mennyiségű és jó minőségű nyersanyag megtermelésére van szükség (Helyes et al. 2018).

A vízfelhasználás hatékonyabb öntözési gyakorlat alkalmazásával is optimalizálható, például a csepegtető öntözés hozzájárul a vízfelhasználás hatékonyságának (WUE) javulásához azáltal, hogy jelentősen csökkenti a vízfolyást (Kirnak és Demirtas 2006; Costa et al. 2007). Hartz (1996) szerint a tápanyagok hatékony szállításában is nagy a szerepe, és a csepegtető öntöző berendezések 20%-kal vagy annál nagyobb mértékben növelték a paradicsom terméshozamát az áztató (barázdás) öntözésekhez képest.

Sajnos Európában és az Egyesült Államokban még mindig folynak extenzív gazdálkodások, melyek nem csak a talajt rongják, de az ott termesztett növények minőségileg sem érik el az étkezési követelményeket, így a modern mezőgazdaság egyik legnagyobb megoldandó problémája a növények tápértékének javítása. Az utóbbi időkben elterjedt a talajok javítására, nedvességének megőrzésére különböző talaj szerkezet és tápérték javító készítmények alkalmazása (Akhtar et al. 2014, Hashem et al. 2019). Természetes környezetben a növények rendszeresen társulnak a talajban lévő mikroorganizmusokkal, melyek javítják a növények túlélési képességeit (White és Broadley 2005; Miret és Munne-Bosch 2013). Ezek legkiemelkedőbb csoportja az arbuszkuláris mikorrhiza gombák. Jelenleg a víz- és tápanyag-utánpótlás optimalizálására mikorrhiza- és baktériumalapú kezelésekkel is folytatnak kísérleteket ipari paradicsomban (Le et al. 2016). Egy fenntartható mezőgazdaságban az N, P, Ca, Cu, Zn, Fe felvételét és a termést erősen befolyásolhatják a mikorrhiza gombák, valamint a nitrogénkötő rhizobaktériumok is (Rozpádek et al. 2016).

### 3. 4. KÖRNYEZETI STRESSZEK ÉS HATÁSAIK

A szántóföldi növényeket általában változó körülmények között termesztik; mivel azonban viszonylag ellenőrzött körülmények között nemesítik és szelektálják őket, számos kompromisszumot figyelmen kívül hagyhatnak, amelyek szántóföldi körülmények között negatív kölcsönhatásokat eredményezhetnek (McGrann et al. 2014). Ezért nagyon fontos megvizsgálni a

növények válaszát az abiotikus és biotikus stressztényezők kombinációira, amelyek fontos változók a terméshozam szempontjából (Kissoudis et al. 2014).

Az abiotikus stressz olyan élőlényekre vetülő negatív hatás, amely során gátolt a növények fejlődése és csökken a termése. Az abiotikus stresszek közé a fény, a szél, az alacsony és magas hőmérséklet, a sótartalom, az árvíz és az aszály, valamint a talaj tápelem-hiánya tartozik (Hammond-Kosack és Jones 2000). Wang és társai (2003) vizsgálatai szerint az abiotikus stressz – főleg a szárazság és a szélsőséges hőmérsékletek - a maximális terméshozamhoz képest a kukorica esetében több mint 60%-os, búzában több mint 80%-os termés kiesést is okozhat.

A környezetünkben beállt változások, legfőképp az átlaghőmérséklet növekedése globálisan korlátozza a mezőgazdasági termelést (Mahmood 2020). A magas hőmérséklet és vízhiány a szántóföldön gyakran együtt fordul elő, és a termesztett növényeknél jelentős terméseszköket okoz. Tudósok szerint ezek a változások nagy hatással lesznek nem csak a termesztési időszakokra, de még inkább a termesztésre alkalmas földrajzi területekre, ami az ipari paradicsom termesztését is nagyban érinti (Branthôme 2020).

A vízellátás is egyre korlátozottabb világszerte, és egyre nagyobb szükség van az öntözési gyakorlatok során felhasznált víz mennyiségének csökkentésére. Ezen kívül a vízhiány és a rossz vízminőség azok a fő tényezők, amelyek befolyásolják a paradicsom termését és a bogyók beltartalmi minőségét a tápérték és az élelmiszerbiztonság szempontjából (Dorais et al. 2008; Helyes et al. 2010).

### 3. 4. 1. Hőmérséklet stressz hatása

Hőstressz vagy hősokk akkor lép fel, ha az átlaghőmérsékletnél hosszabb ideig magasabb a hőmérséklet (általában 10-15 °C-kal), ezáltal tartósan befolyásolja a növények növekedését és fejlődését (Wahid et al., 2007). Fontos megkülönböztetni, hogy az aszály időben átmeneti jellegű, míg a szárazság tartós. Az időszakosan vagy tartósan fennálló hőmérséklet stressz a növényben egy sor morfológiai-anatómiai, élettani és biokémiai változást okoz, amely végül terméseszköket vezet. Közvetlen sérülést a növényben azáltal okoz, hogy a fehérjék kicsapódásával és degradálódásával a sejtmembrán fluiditása megváltozik (Kaushal et al. 2016) Hőstressz közvetett módon a növényben inaktiválja a kloroplastban és mitokondriumban működő enzimek működését, gátolja a fehérje szintézist, fokozza a fehérjék lebomlását és a

membrán sérülékenységét (Howarth 2005; Nankishore és Farrell, 2016). A fotokémiai rendszer PSII (photosystem II) hőre nagyon érzékeny, és magas hőmérsékleten az aktivitása jelentősen csökken. Kimutatták, hogy a klorofill fluoreszcencia és az alap fluoreszcencia (F0) korrelál a hő-toleranciával (Yamada et al. 1996). Az eltérő, magasabb termo-toleranciával rendelkező paradicsom genotípusokban nőtt a klorofill a:b aránya, és csökkent a klorofill:karotinoidok aránya (Camejo et al. 2005).

A növények hő stresszre adott reakciójában a leveleken perzselés, napégés, levélöregedés és lehullás, hajtás és gyökér növekedés gátlása, gyümölcsök elszíneződése fordulhat elő (Vollenweider és Günthardt-Goerg 2005). Levél klorózist több növénynél is kimutattak: búzában, mangóban és tehénborsóban is (Almeselmani és Deshmukh 2009; Kumar et al. 2011; Kumar et al. 2013). Hő stresszre a növények legérzékenyebbek a reprodukív fejlődési szakaszban, ekkor rügy, virág és gyümölcs elrúgással reagálnak. A paradicsomnál 32/26°C-on csökken a pollen életképessége, csírázása és a bogyókban a magvak száma (Sato et al. 2006).

Nem csak a nappali, de az éjszakai hőmérséklet is nagyban befolyásolhatja a növények fejlődését: azokat a paradicsomfajtákat, amelyek 21 °C feletti éjszakai hőmérsékleten is képesek gyümölcsöt előállítani, hőálló fajtáknak tekintik (Alsamir et al. 2020). Hő toleranciának azt nevezzük, ha egy növény képes túlélni rendkívüli magas vagy alacsony hőmérsékleten úgy, hogy közben gazdasági hozamot termel. (Blum 1988).

A paradicsomnövények világszinten érzékenyek a hőmérsékletre, annak ellenére, hogy különböző éghajlati viszonyok között is képesek növekedni. A hosszan tartó nappali 26 °C fölötti és az éjszakai 20 °C fölötti hőmérsékletek hő stresszt okozhatnak a paradicsom növényeknek, ami virághullást eredményezhet, s bogyószám csökkenést (Lohar és Peat 1998; Camejo et al. 2005; Driedonks 2018). A környezeti hatások jelentős változást okozhatnak a paradicsom fenol- és flavonoid tartalmában is (Ilahy et al. 2016).

A jövőbeli átlaghőmérséklet növekedése (ami 2100-ra akár 1,5-11 °C emelkedés is lehet) súlyosan befolyásolhatja a paradicsomtermesztést (Stainforth et al. 2005; Reddy és Kakani 2007). Fontos, hogy minél hamarabb elkezdődjön a növények extrémabb környezetben való reakció-kísérletek vizsgálata (Karapanos et al. 2010). Hanson és társai (2002) javasolják a virágzás alatt mért értékek és a gyümölcskészlet értékelését, mint legfontosabb paramétereket a különböző paradicsomfajtáknál hőstressz alatt, mivel ezekben a stádiumokban érzékenyek a legjobban a magas hőmérsékletre.



A cukrok a paradicsomtermésben található fő vegyületek, és ideálisak a gyümölcsök fejlődésének tanulmányozására hőstressz alatt. McLaughlin és Boyer (2004) szerint a szacharóz és a sejtfal invertáz nagyon érzékenyek az abiotikus stresszekre. Chen és társai (2007), valamint Li és társai. (2011) arról számoltak be, hogy a paradicsom magas szacharóz tartalma a reprodukciós szakaszban hozzájárulhat a fiatal gyümölcsök hő-toleranciájához.

### 3. 4. 2. Víz-stressz hatása

A szárazság stressz, a túl sok csapadék, vagy az árasztó öntözés által okozott víz stressz egyaránt súlyos tüneteket és terméseszköket okoz. A víz stressz (sok csapadék) mint abiotikus stressz, a mezőgazdasági termőterületek csaknem 16 %-át érinti a világon (Ahsan et al. 2007). A víz stressz a rhizoszféra oxigénhiányos körülményeit idézi elő, ami a növények növekedését és fejlődését befolyásolja. Hatása nagyon komplex, genotípustól, környezeti feltételektől, növekedés állapotától és a víz stressz időtartamától függően változik (Ren et al. 2016; Tain et al. 2019). Jelentősen csökken a levél klorofill tartalma a talaj nitrogén denitrifikációjától: kimosódása és a klorofill degradációja a szuperoxid gyökök növekedésének tulajdonítható (Yan et al. 1995; Zhou et al. 2020).

Kaur és társai (2021) kimutatták, hogy az árasztós öntözés (víz stressz) gátolta a növények vertikális növekedését, felgyorsította az öregedést, súlyos klorózt és megdőlést okozott az érzékeny kukorica hibridekben. A morfológiai változások jelentős magasság csökkenésben (52 %), és gyökérhossz csökkenésben (41 %) nyilvánultak meg. A levélfelület növekedése jelentősen gátolt, az érzékeny vonal levélfelülete 72%-ot, míg a toleráns hibrid 48%-ot csökkent, és 15%-kal nagyobb klorofill tartalom csökkenést mutattak ki az érzékeny vonal levelekben, mint a toleránsban. A túlzó víz stressz az érzékeny hibridnél jelentős terméseszköket okozott (Kaur et al. 2021).

Az abiotikus stresszek közül a legsúlyosabb károkat azonban a vízhiány-stressz (aszály) okozza a szántóföldi növény kultúrákban. Az aszály hátrányosan befolyásolja a növények élettanának számos aspektusát, különösen a fotoszintetikus kapacitást. Ha a stressz elhúzódik, a növények növekedése és termelékenysége jelentősen csökken (Osakabe et al. 2014). A vízhiány stresszre adott korai válaszok segítik az azonnali túlélést, míg az akklimatizáció javítja a növények stressz alatti működését (Bohnert és Sheveleva 1998). A virágzási és terméskötési időszakok a paradicsom legérzékenyebb fenológiai szakaszai, amikor is a fotoszintézissel

kapcsolatos jellemzők jelentősen befolyásolják a gyümölcs tömegét és piacképes hozamát (Nemeskéri és Helyes 2019).

Nuruddin és társai (2003) több vízhiány-stressz kísérletet végeztek paradicsommal üvegházi körülmények között. Kutatásaikban kimutatták, hogy a szárazság stressz az egész vegetációs időszak alatt jelentősen csökkentette a termést és a gyümölcsméretet, de a csak virágzáskor stressznek kitett növények kevesebb, de nagyobb bogyókat produkáltak, mint a teljesen stresszmentes növények. A jó vízellátásban részesülő, azaz nem stresszelt növényeken termett gyümölcsökben, valamint a csak virágzáskor vízhiány stressznek kitett növények gyümölcseiben alacsonyabb volt a vízdoldható szárazanyag tartalom (BRIX), mint a többi stresszkezelésnél.

A jelenlegi növénynevelés fő célja a megnövekedett túlélőképességű és növekedésű növények fejlesztése aszály alatt. A vízfelhasználás hatékonysága, amely a vízhiányos teljesítmény paramétere, fontos kiválasztási jellemző (Skirycz és Inze, 2010; Ha et al. 2014).

### 3. 5. NÖVEKEDÉST SERKENTŐ BAKTÉRIUMOK

A közvetlenül a növénygyökerekkel érintkező talaj részek és az itt kiválasztott anyagok képezik a rhizoszférát, amelyben a gyökerek által kiválasztott anyagok vitamin és tápanyag tartalma különböző mikrobák fejlődését segítik elő (Pereira et al. 2021). A vízhiány-stressz növeli a növény gyökereiből az organikus savak kibocsátását a rhizoszférába, ezáltal segítik a növények túlélését azáltal, hogy javítják a talaj feltételeket, vagy felerősítik a mikroorganizmusok jótékony hatását (Carvalhais et al. 2013; Sasse, et al. 2018; Xiong et al. 2020). Bizonyos baktériumok a rhizoszférában kedvező hatással vannak a növények növekedésére, és védelmet nyújtanak a patogén kórokozókval szemben (Chaparro et al. 2012; Cotta et al. 2014).

#### 3. 5. 1. Baktérium készítmények, biotrágyák alkalmazása

A baktériumok a mikroorganizmusok legelterjedtebb csoportja, amelyek a rhizoszférában élnek. Ebben a közegben a baktériumpopulációk a dominanciájuk miatt a növényi élettani folyamatokra fontos hatást gyakorolnak (Barriuso et al. 2008).

A mezőgazdasági talajok fenntartható kezelésére egyre elterjedtebbé válnak a biotrágyák, például az arbuskuláris mikorrhiza (AM) gombák és a növényt segítő baktériumok használata, melyek hozamnövekedéshez és a termés minőségének javulásához vezethetnek (Bona et al. 2017). Kimutatták, hogy az AM gombák a gazdanövényben morfológiai élettani változást indítanak el, ezáltal javítják a stressz tűrőképességüket, például a gyökérfelépítés módosulásával javul a víz- és tápanyagfelvétel (Wu et al. 2010; Hameed et al. 2014), a hajtás gyökér hosszának csökkenésével pedig javul a vízhasznosítás (Boyer et al. 2015). Augé és társai (2015), valamint Xu és munkatársai vizsgálatai szerint (2018) is az AM szimbiózis módosíthatja a sztóma viselkedését, és fenntarthatja a WUE-t, hogy javítsa a növények szárazságtűrését. Az AM gombák által okozott változásokról feltételezték, hogy számos stresszhez kapcsolódó gén expresszióját váltják ki (Ruiz-Lozano 2003).

A növény növekedését elősegítő rhizobaktériumok (PGPR) 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 (Gamalero és Glick 2011). Ezeket a PGPR-eket széles körben használják biotrágyaként, növényerősítőként, fitostimulátorként és biopeszticidként (Bakr et al. 2017; Duc et al. 2017). A PGPR-ek működése azonban különböző, és nem mindegyik rendelkezik azonos mechanizmussal (Dey et al. 2004). Egyesek növelik a növények gyökérfelületét, ami termés növekedéshez vezet (Adesemoye és Kloepper 2009), mások behatolnak a gyökér belső részeibe és létrehoznak egy endofita populációt, amelyek előnyöket biztosítanak a gazdanövények számára (Compant et al. 2005). A PGPR baktériumok közül például *Bacillus* és *Pseudomonas* törzseket gyakran használják nemcsak biotrágyaként, de a vízhiány terméscsökkentő hatásának kivédésére is (Kloepper et al. 1998; Mondani et al. 2019; Kalam et al. 2020). Fontos azonban kiemelni, hogy a PGPR-ek hatása változatos, és nem minden baktérium rendelkezik ugyanazzal a mechanizmussal (Dey et al. 2004).

A paradicsom növények gyökérváladékai különféle biokémiai komponenseket tartalmaznak, például aminosavakat (glutaminsav, aszparaginsav, leucin, izoleucin és lizin), szerves savakat (citromsav, almasav és borostyánkősav) és cukrokat (glükóz, xilóz) (Kamilova et al. 2006; Singh et al. 2017a, 2017b). A gyökérváladék összetevői hatékonyan részt vesznek a paradicsomgyökér mikrobiális kolonizációjában és a gyökérokórokozók biokontrolljában (Suslow et al. 1982).

Bona és társai (2017) *Pseudomonas* törzsekkel és mikorrhizával végeztek kísérletet paradicsom növényekben, melyben bizonyították, hogy a mikroorganizmusok pozitívan befolyásolták a virágzást és a bogyók termelődését, valamint növelték a cukortartalmat és a vitaminkoncentrációt. Kísérletük lehetővé tette a vegyi anyagok használatának csökkentését, és pozitívan befolyásolta a paradicsom minőségét. Mikorrhizával folytatott kísérleteknél mi is bizonyítottuk, hogy vízhiányban a mikorrhiza szimbiózis növelte a piacképes hozamot, és 33 %-kal nőtt a zöld termés, valamint 18 %-kal emelkedett a teljes karotinoid-tartalom száraz években is, csökkentve a beteg bogyók számát (Horváth et al. 2020).

Korábban végzett kísérletekben Phylazonit készítmény hatását eltérő vízellátásban vizsgáltuk paradicsom növényen. Ez a készítmény olyan baktérium törzsek keveréke, amelyek a talómaradványokban lévő tápanyagok lebontásával, a növények gyökerén szimbiózisban élve képesek a növekedésüket serkenteni. Az eredmények azt bizonyították, hogy szárazabb évben a deficit öntözéses kezelésekkel, míg csapadékosabb évben öntözés nélkül is több piacképes termés termelt, mint a baktérium nélküli kontroll kezelésekben (Horváth et al. 2019).

Kísérletekben a gyökér- és hajtástömeg növekedését, valamint az ásványi elemek (N, P, K, Ca és Mg) fokozott felszívódását tapasztalták a baktériumtörzsek egyszeri és kombinált dózisu kezelésének megváltoztatása mellett. A N, P és K maximális felszívódását a *Pseudomonas*, *Azotobacter* és *Azospirillum* kombinációjával kezelt paradicsomoknál rögzítették (Shen et al. 2012).

Koh és Song (2007) szerint a bakteriális oltás hatékony biotrágyaként is szolgálhat a terméshozam fokozására. A PGPR-el végzett kezelés (egyszeri vagy kombinációban) nemcsak a növény növekedését befolyásolta pozitívan a kontrollhoz képest, hanem a nitrogén- és foszforfelvételt is.

### 3. 6. ABIOTIKUS STRESSZ HATÁSA AZ ÉLETTANI TULAJDONSÁGOKRA

A növények levelében a fotoszintézis aktivitása az egyik fontos termést befolyásoló tényező, amely több élettani tulajdonság mérésével - mint a klorofill tartalom, klorofill fluoreszcencia, nettó fotoszintézis ráta és sztóma konduktancia - ellenőrizhető (Song et al. 2012; Abid et al. 2017; Jabran et al. 2017).

A hőmérséklet vagy szárazság stressz hatására a levél nitrogén és klorofill tartalma megváltozik, ami befolyásolja a fény abszorpcióját és a visszaverődését (reflektanciát) (Bauerle et al. 2004), ezáltal a fotoszintézis aktivitását.

### 3. 6. 1. Klorofill fluoreszcencia

Hőstressz esetén a klorofill bioszintézise gátolt (Berova et al. 2013), és a fotokémiai rendszer II (PSII) hőmérsékletre érzékeny (Kaushal et al. 2016). A klorofill fluoreszcencia mérése tudományos körökben is egy egyre elfogadottabb módszer a fotoszintézis aktivitás nyomonkövetésére, ugyanis alkalmasnak bizonyult a növények stressz hatásokra adott reakcióinak roncsolásmentes, nem túl időigényes és egyszerű vizsgálatára (Araus et al 1998). A növényi fotoszintézis megértésének és genetikai javításának szélesítése létfontosságú fejlesztés a fenyegető jövőbeli hozamkülönbségek leküzdésében (Long et al. 2015).

A fotokémiai rendszer II (PSII) kapacitását a változó fluoreszcencia ( $F_v$ ) és a maximális klorofill fluoreszcencia ( $F_m$ ) arányából ( $F_v/F_m$ ) a következő képlet alapján számítjuk ki:

$$\frac{F_v}{F_m} = \frac{F_m - F_o}{F_m}$$

ahol az  $F_v$  a változó fluoreszcencia, az  $F_m$  a maximális fluoreszcencia, az  $F_o$  pedig az alap fluoreszcencia (Paknejad et al. 2007).

Az  $F_v/F_m$  egy korábban sötétben adaptált levélen, amely aztán fénynek van kitéve, potenciális vagy maximális arányt mutat a PSII-ben. Ez az érték 0,75 és 0,85 között változhat a nem stresszelt növényekben (Bolhar-Nordenkamp et al. 1991), de vízhiány stressz alatt a generatív fejlődési szakaszban az  $F_v/F_m$  értéke relatíve alacsony (0,65-0,70) (Nemeskéri et al. 2019).

Vazan (2002) kutatásai alapján arról számolt be, hogy az aszály stressz csökkenti a változó fluoreszcenciát ( $F_v$ ), az alap fluoreszcenciát ( $F_o$ ) és az arányt is ( $F_v/F_m$ ). Zhou és társai (2015) szerint a hőmérséklet stresszre toleráns paradicsom genotípusok magas  $F_v/F_m$  értékkel rendelkeznek, a levelekben magas a klorofill tartalom, valamint a magas arányú pollen csírázás és hosszú pollen tömlő elősegítette, hogy nagy számú bogyó képződjön.

### 3. 6. 2. SPAD

A klorofill a fotoszintézis kulcseleme, a legfontosabb fotoszintetikus pigment. A klorofill tartalom az egyik fő index, amely tükrözi a levél fotoszintetikus képességét és a növények egészségi állapotát (Monje és Bugbee 1992; Jiang et al. 2017). A levél klorofill tartalma szorosan összefügg a növény nitrogén tartalmával, mérésével a nitrogén ellátottságot kukoricában (Blackmer and Schepers 1995), burgonyában (Gianquinto et al. 2004, Goffart et al. 2008), paradicsomban (Ulissi et al. 2011), sárgadinnyénél (Padilla et al. 2014) állapították meg.

A SPAD 502 klorofill mérő műszer a fotoszintetikus aktív fény abszorpciójának és visszaverődésének az arányát méri a vörös és infravörös közeli fénytartományban (400-700 nm) és ezt SPAD értékben adja meg, ami arányos a levél klorofill tartalmával. Stressz tényezők befolyásolják a levélben a fényabszorpciót: mivel csökken a víz- és a klorofill tartalom, ez csökkenti a levélen a fény abszorpciót, nő a reflektancia, ami magas SPAD értékben nyilvánul meg (Carter and Knap 2001; Nemeskéri et al. 2015).

Kutatások mutatták ki, hogy a relatív klorofill tartalom csökken az érzékenyebb növényekben, például a paradicsomban víz-stressz idején. A fotoszintetikus pigmentek alacsony koncentrációja a termelés közvetlen csökkenését okozhatja (Sudhir és Murthy 2004).

### 3. 6. 3. Levélhőmérséklet

A rendszeresen öntözött paradicsomnövények sztómái nagyobbra nyílnak a nagy turgorkapacitás miatt, ezért jobban párologtatnak, mint az öntözetlen kontroll növények, amelyek igyekeznek elkerülni a felesleges vízvesztéséget. A transzspiráció egyik feladata, hogy a növények hőmérsékletét az életfolyamatok szempontjából kedvező szinten tartsák; a párologtatás csökkenése miatt a növények hőmérséklete emelkedik. Ha a talaj víztartalma elegendő a növényállománynak, akkor a lombkorona hőmérséklete és a levegő hőmérséklete közötti különbség nulla vagy negatív, de ha a növények szárazság stresszben szenvednek, ez az érték pozitív. A lombkorona hőmérsékletének 1 °C-os emelkedése a transzspiráció 10%-os csökkenésével jár (Tanner 1963; Nemeskéri és Helyes 2019).

A levegő hőmérséklete erős pozitív hatást gyakorol a lombzat felszínének hőmérsékletére, így a kevesebb vízhez jutott paradicsomnövények nem tudnak elegendő vizet szállítani ahhoz, hogy a leveleket a levegő hőmérséklete alá hűtsék, ami így stresszhez vezet. Napközben a lombkorona hőmérséklete a léghőmérséklettel és sugárzással együtt emelkedik,

függve a talajvíz helyzetétől is. Helyes és társai (2010) bizonyították, hogy a paradicsom jól képes használni a mélyebben található talajnedvességet hosszabbra nyúló, erős gyökereivel, s még víz-stressz alatt is alig magasabb lombkorona hőmérséklettel rendelkezett a mért időpontokban, mint a levegő hőmérséklete.

A levélhőmérséklet mérése példásan mutatja a levelek öregedésének folyamatát, ahogy a tápanyagok elkezdenek a termések felé áramlani (Bogard et al. 2011). A sztómák vezetőképessége és a lombkorona hőmérséklete egyaránt alkalmas a paradicsomnövény vízállapotának jellemzésére, így a lombkorona hőmérsékletének és a levegő hőmérsékletének különbségével kiszámítható egy megfelelő öntözési stratégia (Dufková 2006; Helyes et al. 2010).

## 4. ANYAG ÉS MÓDSZER

### 4. 1. KÍSÉRLETEK TERVEZÉSE

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 kísérletekre a fajták szaporító anyagát az Univer Product ZRt (Kecskemét) biztosítottam, azonban 2019-ben más fajtát (UG812J) bocsátott a rendelkezésünkre.

Mindkét ipari paradicsom korai (H-1015) és közép-korai (UG812J) tenyészidejű hibrid, melyek egyenletesen nőnek. Habitusukban hasonlóak: mindkettőnek nyitott a lombkoronája és közepes bogyómérettel rendelkeznek, melyek körülbelül 70-80 g tömegűek és egy színből érnek. Jó stressz-tűrő képességűek, és növényi kórokozókkal szemben, Verticillium, Fuzárium, fonálféreg és Pseudomonas baktériummal szemben ellenállóak.

A kísérletek kivitelezése szabadföldön, a MATE GAK Kft. Kertészeti tanüzemének kísérleti telepén (Szárítópuszta) történt, amelyekben elsősorban a paradicsomok termőképességét és termésminőségét vizsgáltuk. A gödöllői-dombság területén elhelyezkedő Szárítópuszta enyhén lúgos barna erdőtalajjal rendelkezik, mely fizikai tulajdonságát tekintve agyagos szerkezetű (41% homok, 47,5% iszap és 11,5% agyag). A talaj vízkapacitása alacsony, vízelnyelő- és vízelvezető képessége elég jó, de nyáron a vízellátottság a növények számára nem biztosított.

### 4. 2. BAKTÉRIUMOS KEZELÉSEK

A palántákat kiültetéskor 3 baktériumos kezelésnek vetettük alá, amelyeket a Bay Zoltán Kutató Intézet (BAY-BIO Szeged) bocsátott a rendelkezésünkre B1, B2 és B3 elnevezéssel. Az 1. táblázat bemutatja a baktérium készítmények összetételét. A palánták tálcáit 1%-os baktériumos oldatba (20 liter vízben 2 dl baktérium törzsoldat) mártottuk 5 percen át, míg a kontroll növények nem részesültek kezelésben (B0).



1. táblázat. A kísérletekben részt vevő baktérium készítmények összetevői

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

A baktériumos oldattal kezelt és a nem kezelt paradicsompalántákat 2018-ban 70 m, 2019-ben 48 m, 2020-ban 10 m hosszú sorokban ültették ki. A palánták egy 338 lyukas műanyag tálcában helyezkedtek el (2. ábra).



2. ábra. H-1015 ipari paradicsom palánták a 2020-as szárítópusztai kiültetéskor (Forrás: saját)



Az állomány sűrűség 3,6 tő/m<sup>2</sup> volt. 2018-ban május 17-én, 2019-ben május 16-án, 2020-ban pedig május 14-én történt a palántakiültetés. Mindhárom évben a sortávolság 1,5 m, a tőtávolság 18,6 cm volt. A kezelések split-plot rendszerben, véletlen blokk elrendezésben, négy ismétlésben kerültek kivitelezésre (3. ábra).



3. ábra. A két ipari paradicsom hibrid Szárítópusztán (Forrás: saját)

#### 4. 3. ÖNTÖZÉS

A növények vízigényének meghatározása AquaCrop v5.0 szoftverrel (Land and Water Division, Food and Agriculture Organisation of the United Nations, Róma, Olaszország) történt (Hsiao et al. 2009).  $ET_c = ET_0 \times K_c$  egyenlet segítségével két öntözési kezelést alkalmaztunk: az optimális vízellátottságot az öntözött parcellákon (I100) a számított evapotranszpiráció 100%-os pótlása történt, míg deficit öntözésnél (I50) az öntözővíz adag az optimális kezelésnek a fele.  $ET_c = ET_0 \times K_c$  egyenletnél  $ET_c$  a párolgást (mm nap<sup>-1</sup>),  $ET_0$  a referencia evapotranszpirációt,  $K_c$  pedig a terményekre ható együtthatót jelenti.

$ET_0$  - t a következő egyenlettel számoljuk ki:

$$ET_0 = \frac{C_c \cdot ET_c + C_s \cdot ET_s}{\lambda} \text{ mm(nap}^{-1}\text{)}$$

ahol  $C_c$  = súlytényező (lombkorona),  $C_s$  = súlyegyüttható (talaj),  $ET_s$  = párolgás (mm nap<sup>-1</sup>) és  $\lambda$  = a víz párolgási hője, aminek értéke: 2,45 (MJ kg<sup>-1</sup>). Az egyenlet minden paraméteréhez a részletes számítási módszer Shuttleworth és Wallace (1985) tanulmányában található.

A kontroll parcellák (I0) a természetes csapadék mellett csak a tápoldat kijuttatásához szükséges vízellátásban részesültek (2. táblázat).

2. táblázat. A kísérletben használt ipari paradicsom hibridek vízellátása és az átlagos hőmérsékleti adatok (2018-ban és 2020-ban H-1015, 2019-ben UG812J)

Évek	Csapadék mm	Öntözés mm					Összes víz (csapadék + öntözővíz) mm	Átlag min. hőmérséklet (°C)	Átlag max. hőmérséklet (°C)
		I50	I100	I0	I50	I100			
<b>2018</b>	304,6	80,2	160,3	349,9	384,8	464,9	15,7	27,5	
<b>2019</b>	275,8	93,9	160,5	317,7	369,7	436,3	15,4	27,4	
<b>2020</b>	375,1	54,8	102,7	380,1	411,8	459,7	14,5	25,7	

A 2. táblázatban jól látható, hogy a mérsékeltlen száraz (2018) és száraz (2019) években az átlagos maximum és minimum hőmérsékleteknél nem volt nagy eltérés, míg a 2020-as nedves évben a minimum hőmérséklet 1 °C-kal, a maximum hőmérséklet 2 °C-al volt alacsonyabb a másik kettőhöz képest.

2020-ban hullott a legtöbb csapadék, ezért ekkor juttattuk ki a legkevesebb vizet az öntözés során. 2019-ben hullott a legkevesebb csapadék, de öntözéssel hasonló vízellátást kaphattak a paradicsom növények, mint a másik két évben. Az öntözés csepegtető öntözőberendezéssel történt (4. ábra).



4. ábra. Csepegtető öntöző berendezés kiépítése a 2019-es paradicsom kísérletben (Forrás: saját)

A tápoldatozást csepegtető öntöző berendezésen keresztül, hektáronként 0,95 kg Kalcium nitrát ( $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ ), 0,01 kg Ammónium nitrát ( $\text{NH}_4\text{NO}_3$ ), 0,02 kg Magnézium nitrát ( $\text{Mg}(\text{NO}_3)_2$ ), 0,02 kg Kálium klorid (KCl), 0,05 kg Poly-feed műtrágya, és 0,07 kg Kálium nitrát ( $\text{KNO}_3$ ) kijuttatásával valósítottuk meg.

Az öntözést minden évben a betakarítás előtt abbahagytuk, 2018-ban 18, 2019-ben 17, míg 2020-ban 13 nappal előtte. Ezt cut-off öntözésnek is nevezzük, s jól befolyásolható vele a paradicsom bogyók oldható szárazanyag-tartalma (Macua et al. 2003, Takács et al. 2017).



#### 4. 4. SZÁNTÓFÖLDI MÉRÉSEK

A műszeres méréseket 2018-ban 6 hétig (július 13-tól augusztus 17-ig), 2019-ben 5 hétig (július 11-től augusztus 8-ig), míg 2020-ban 7 hétig (július 8-tól augusztus 19-ig) végeztük, hetente egyszer, általában délelőtt 10 és 14 óra között.

A relatív klorofill méréséhez a SPAD 502 (Konica Minolta, Warrington, Egyesült Királyság) eszközt használtuk (5. ábra). Minden évben kezelésenként kijelöltünk 4 sort, minden sorban 4 tövet, tehát kezelésenként összesen 16 ipari paradicsom növényt. Tövenként 3 db egészséges, már kifejlett zöld levélen mértünk, így kezelésenként 48 SPAD eredményt kaptunk.

A levélhőmérsékletet a Raytek MX4 (Raytek Corporation, Santa Cruz, CA, USA) eszközzel mértük, kezelésenként random 10 levélen, a kijelölt 4 soron belül.

A klorofill fluoreszcenciát a PAM-2500 (Heinz Walz GmgH, Effeltrich, Németország) eszközzel mértük. A kijelölt 4 soron belül, a megjelölt 16 töveken random 10 egészséges, teljesen kifejlett zöld levélre kerültek a csíptethető mérőegységek.

A talajnedvesség mérése PT-1 digitális dárdával (Kapacitív KKT., Budapest) történt, kezelésenként a kijelölt mérési sorokban 3 ponton, 30 cm-es mélységig. A talajnedvesség mérő egy hordozható, laza talajfajták terepi mérésére alkalmas eszköz, amely %-ban adja meg az eredményt (5. ábra).



5. ábra. A kísérlet során használt mérőeszközök és neveik

#### 4. 5. BETAKARÍTÁS, TERMÉS ANALÍZIS

A betakarítás 2018-ban augusztus 28-án, 2019-ben augusztus 29-én, míg 2020-ban szeptember 1-én 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 csoportba (6. ábra) kerültek a teljesen piros és egészséges, a zöld csoportba a zöld és egészséges, míg a piacképtelen csoportba a hibás, repedt és beteg termések.

Legelőször a betakarított tövek egészét lemértük digitális mérlegen, majd a fentebb felsorolt kategóriák szerint leszedtük a bogyókat, hogy ezek tömegét szintén lemérjük. A bogyókat folyamatosan számoltuk, így tövenkénti darabszámot is kaptunk.



6. ábra. A két ipari paradicsom hibrid piacképes termései

#### 4. 5. 1. Kémiai analízis

Az érett termésekből kiválasztott mintákat – kezelésenként 4-szer 10 bogyót - mindhárom évben a Regionális Egyetemi Tudásközpontjának Élelmiszer analitikai Laboratóriumában vízdoldható szárazanyag tartalom és C-vitamin mérésnek vetettük alá. A laboratóriumi méréseket Ráth és társai (2019) által leírtak szerint végeztük.

Legelőször a bogyókat turmixoltuk, majd a szárazanyag tartalmat KRÜSS DR 201-95 digitális kézi refraktométerrel (A. Krüss Optronic GmbH, Hamburg, Németország) mértük (7. ábra). Kezelésenként mind a 4 ismétlésben 3-3 „pürécseppet” mértünk le. A vízdoldható szárazanyag tartalom megadja az adott anyagban oldott szilárd alkotórészek százalékos arányát, s értéke általában 4-7 °BRIX között alakul (Atherton és Rudich, 1986).



7. ábra. Pürésített ipari paradicsom BRIX mérése a laboratóriumban KRÜSS DR 201-95 digitális kézi refraktométerrel (Forrás: saját)

A C-vitamin tartalom méréséhez először a turmixolt bogyókból lemértünk 5 grammot, majd pépes állagúra dörzsöltük dörzsmozsárban kvarchomokkal vegyítve. A mintához ezután 30 ml 3%-os meta-foszforsavat adtunk, majd ezt Erlenmeyer lombikba töltöttük. Hűtőszekrényben (4°C) pihentek egy éjszakát, majd másnap papírszűrőn, utána pedig 0,45 µm lyukátmérőjű PTFE anyagú HPLC szűrőn szűrtük a mintát. Végül a HPLC (Hitachi High Technologies Europe GmbH, Budapest) által kiadott csúcsokról olvastuk le az értékeket. A HPLC mérés módja Daood és társai (2014) által leírtak szerint történt.

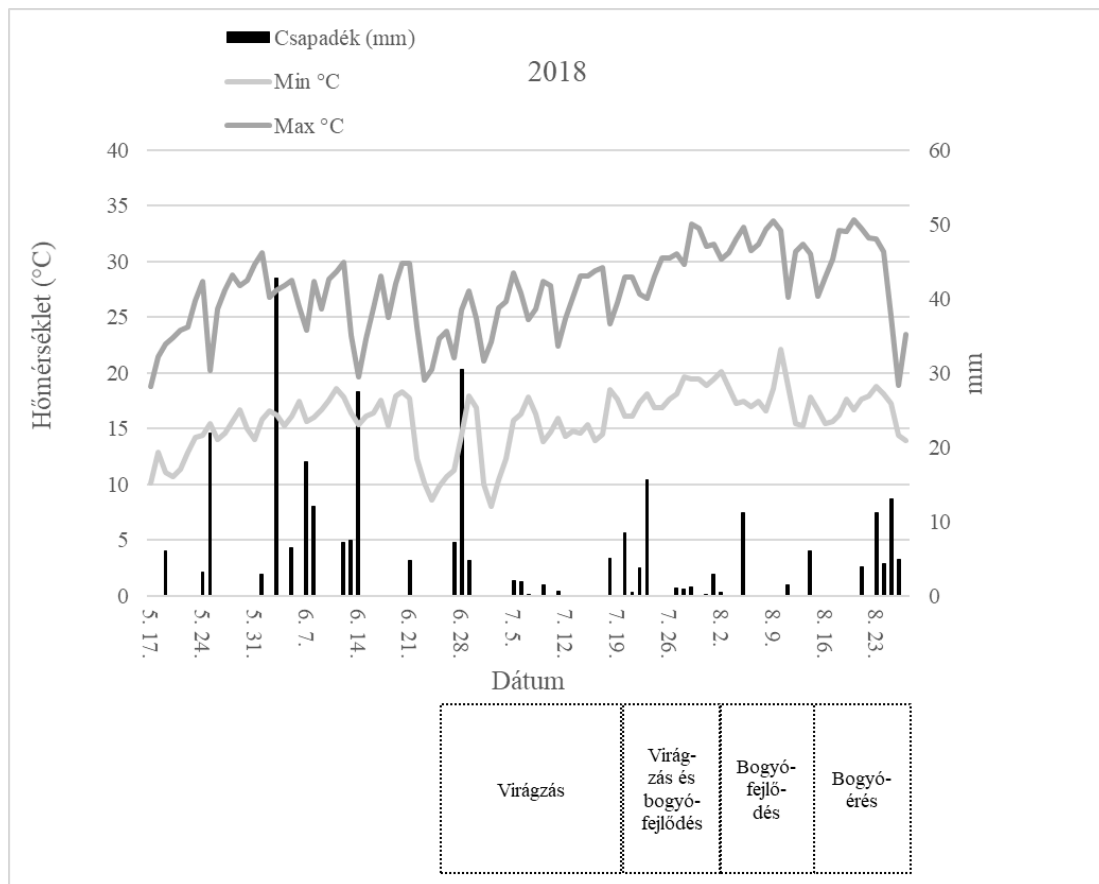
#### 4. 5. 2. Statisztikai értékelés

Az adatok elemzése SPSS Windows 20.0 statisztikai programmal, kéttényezős (vízellátás x baktériumkezelés) varianciaanalízissel (ANOVA) történt. A kezelések átlag értékeinek összehasonlítása Duncan-teszt felhasználásával,  $P < 0,05$  szignifikancia szinten történt. A homogenitás vizsgálatot Levene-teszt alapján végeztük el.

A baktériummal kezelt növények élettani tulajdonságai és a termés közötti kapcsolat feltárására regresszióanalízist végeztünk.

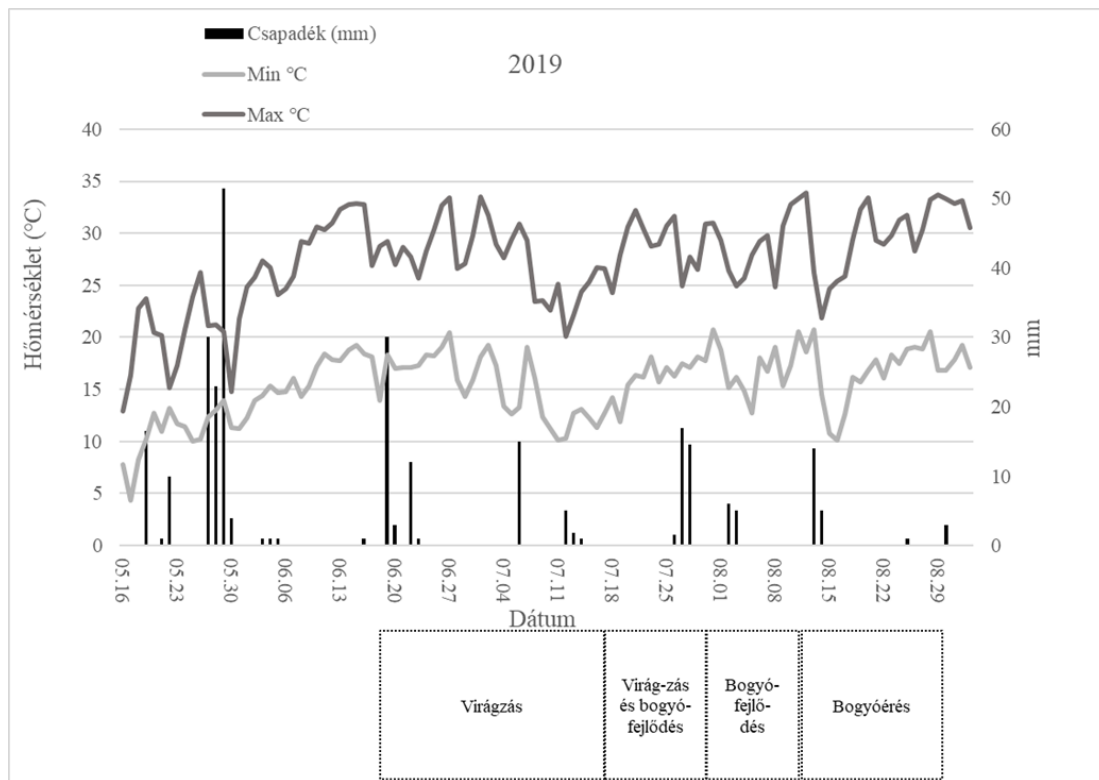


#### 4. 6. METEOROLÓGIA ADATOK A PARADICSOM FEJLŐDÉSE ALATT



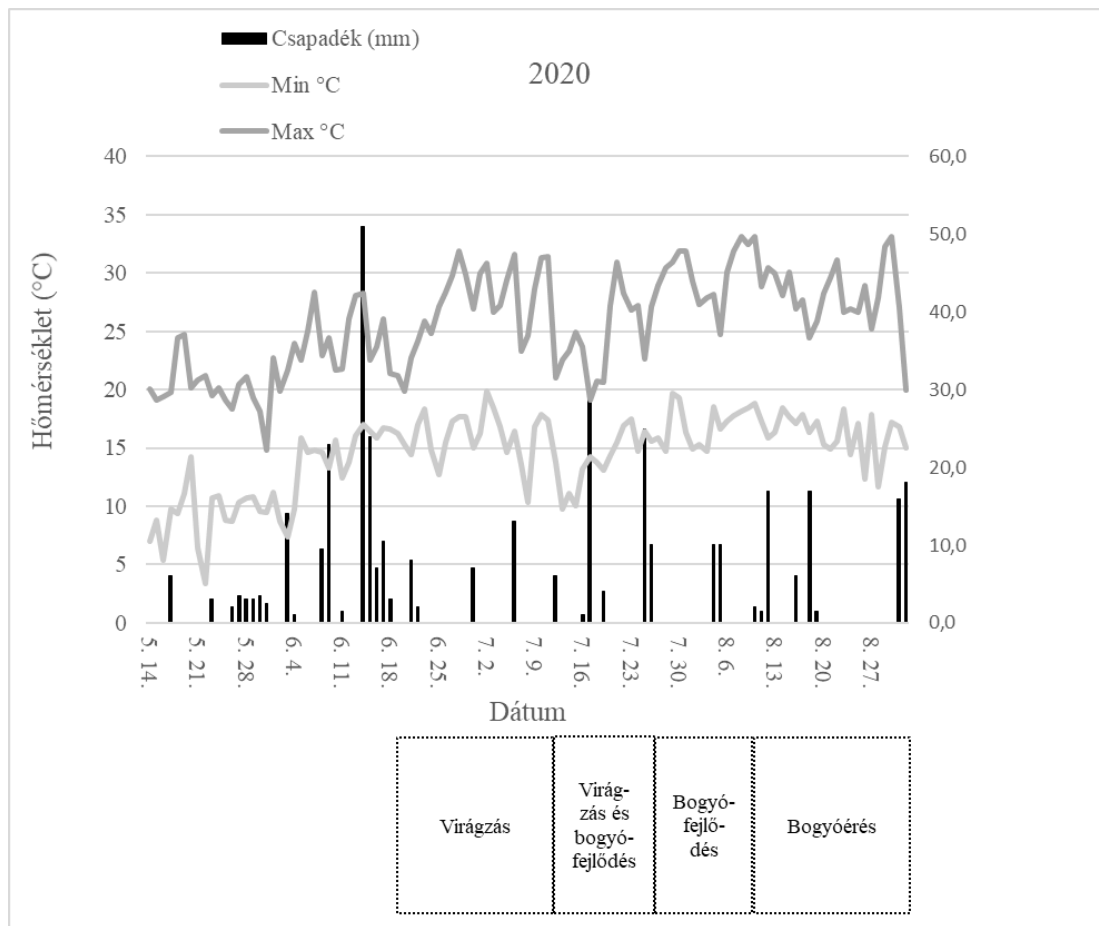
8. ábra. 2018-as év meteorológiai adatai

A 2018-as év egy mérsékelten száraz évnek volt mondható, bár a csapadék eloszlása nagyon eltérő volt a paradicsom fejlődési szakaszaiban (8. ábra). Nagy mennyiségű csapadék hullott az ültetéstől a paradicsom virágzásáig, ami a vegetációs időszak teljes csapadékmennyiségének 70% -át tette ki. A virágzás és a gyümölcs fejlődése során az ideálisan rendelkezésre álló vízmennyiség és a magas hőmérséklet nagy terméshozamot eredményezett.



9. ábra. 2019-es év meteorológiai adatai

2019 egy száraz év volt, kevesebb csapadék hullott, mint 2018-ban, bár arányaiban hasonlított a két év (9. ábra). Ekkor is nagy mennyiségű csapadék hullott az ültetéstől a virágzásig (összesen 140 mm), és bár 2019-ben kicsivel több csapadékot mértünk a virágzás alatt, mint az előtte való évben, a bogyóérés során csak fele annyi eső esett. Az átlag maximum hőmérséklet 2019-ban mindössze 0,07 °C-kal volt alacsonyabb 2018-hoz viszonyítva, ami elenyésző eltérés; a paradicsom számára az ideális hőmérséklet teljesült, s nagy terméshozamot eredményezett.



10. ábra. 2020-as év meteorológiai adatai

A 2020-as év volt a vizsgált három év közül a legcsapadékosabb, a 2019-es évhez képest 100 mm-el több csapadék hullott (10. ábra). A csapadékmennyiség a fenológiai szakaszok arányaiban is kissé eltér a másik két évtől, bár szintén a növekedési szakaszban hullott a legtöbb eső. Bogyófejlődés és bogyóérés alatt azonban a másik két évhez képest sokkal több csapadék hullott, így összességében elmondható, hogy ebben az évben nem volt nagy különbség a csapadék eloszlásában a fenológiai szakaszok között. A 2020-as év átlag maximum hőmérséklete a másik két évtől legalább 2 °C-kal, míg átlag minimum hőmérséklete 1 °C-kal volt alacsonyabb.

## 5. EREDMÉNYEK ÉS MEGVITATÁSUK

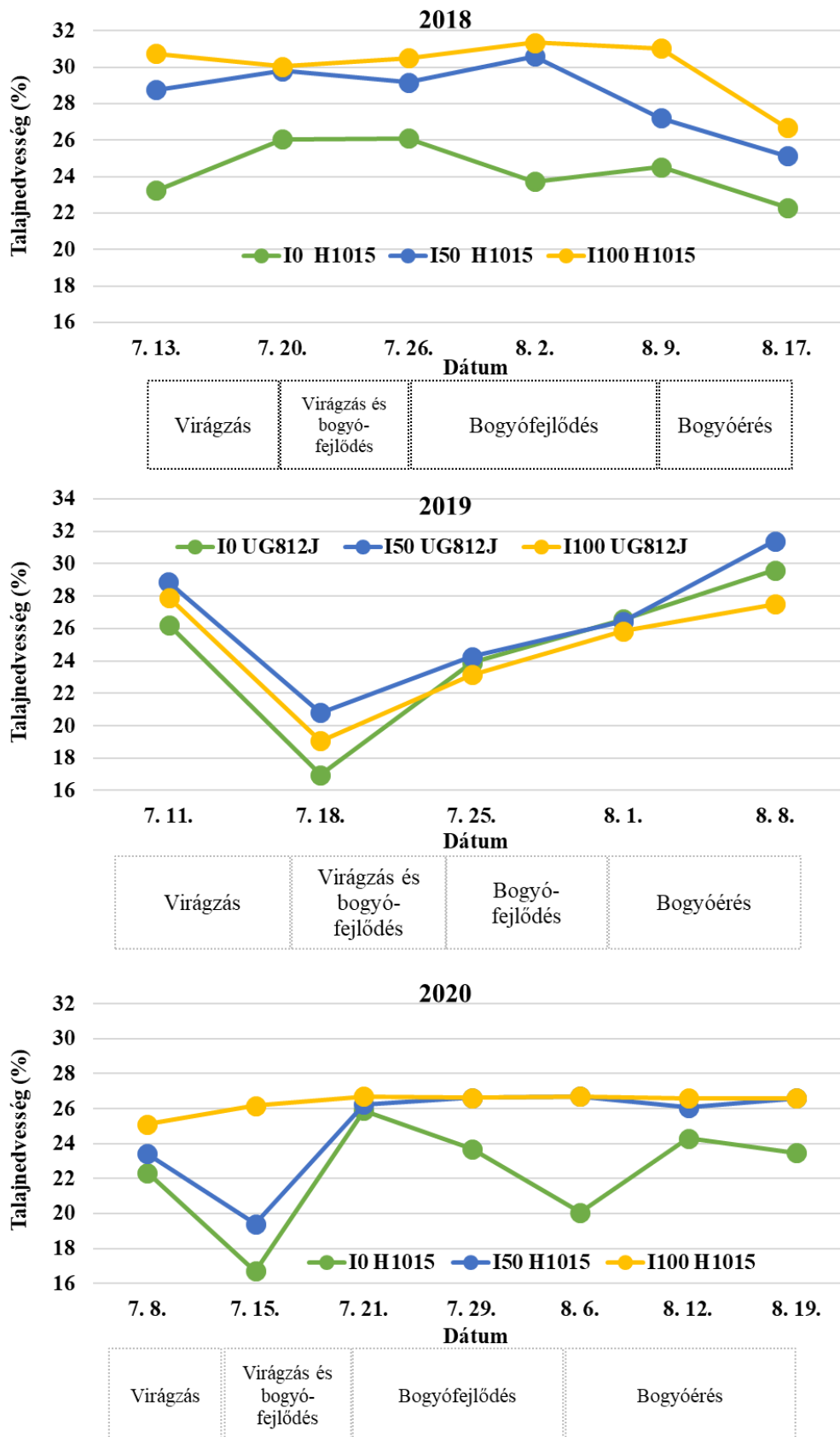
### 5. 1. ABIOTIKUS TÉNYEZŐK HATÁSA A PARADICSOM FEJLŐDÉSE ALATT

A Kárpát-medencében leggyakrabban előforduló, és a növénytermesztést leginkább befolyásoló időjárási szélsőségek az alacsony, vagy magas hőmérséklet és a csapadék hiánya – ez kísérletünkben 2018-ra és 2019-re jellemző-, vagy éppen bősége, mint 2020-ban. A klimatikus tényezők változására adott válaszreakciókat befolyásolja a növények genetikailag meghatározott ellenálló képessége és az adott abiotikus stresszekkel szembeni edzettségi állapota (Veisz et al. 2007).

Kísérletünkben az abiotikus tényezők közül legfőképpen a vízellátással és a hőmérséklettel foglalkoztam.

#### 5. 1. 1. Talaj vízellátása

A talaj aktuális nedvességtartalma és annak évszakos változása valamennyi vízzel összefüggő talajtani probléma alapvető fontossága. A talaj szinte összes tápanyagszállítási és tárolási képessége függ a talaj víztartalmától, ami rövid időn belül is széles körben mozoghat (Gribovszki és Heil 1998). Szerencsére bár a paradicsom sok vizet fogyaszt, mélyre hatoló gyökérzetének köszönhetően jól tudja elérni és hasznosítani a talaj víztartalmát.



11. ábra. Talajnedvesség változása a baktérium nélküli (B0) kontrollnál öntözés nélkül (I0), deficit öntözésnél (I50) és optimális öntözésnél (I100) a paradicsom fenológiai szakaszaiban

2018-ban a mért talajnedvesség az öntözés nélküli kezeléseknél volt a legalacsonyabb, és az optimális öntözésnél a legmagasabb (11. ábra).

2019-ben a bogyófejlődésig az öntözés nélküli kezeléseknél volt a legalacsonyabb a talajnedvesség, utána az optimális öntözésű növényeknél a betakarításig, de a különbség mindössze 1-2 %. Szinte végig a deficit öntözésnél volt a legmagasabb a talajnedvesség. A bogyófejlődésig mindhárom kezelésnél az értékek alacsonyabbak voltak a 2018-ban mért minimum talajnedvesség értékekhez képest.

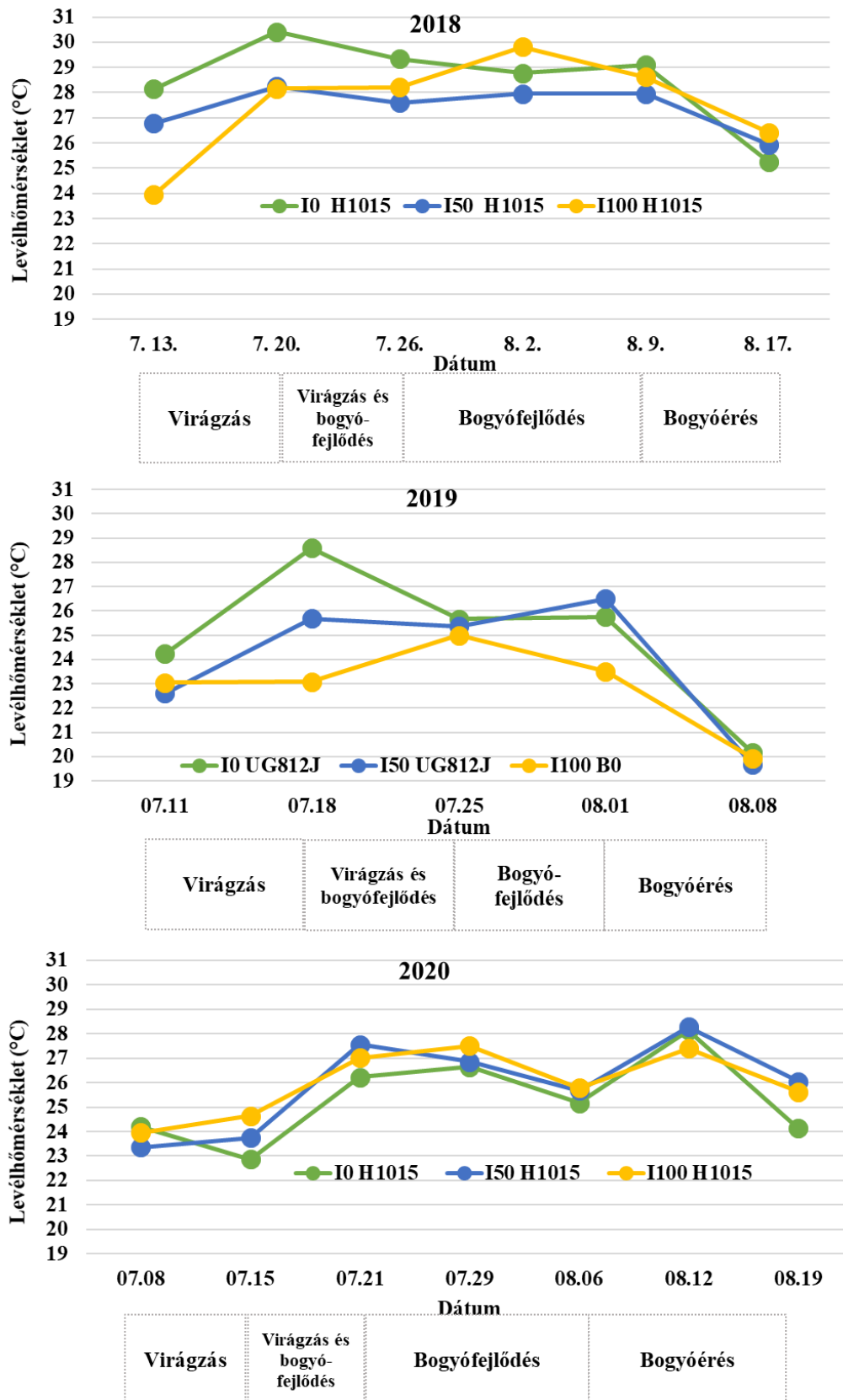
Az I0 kezelésnél volt 2020-ban is a legalacsonyabb a talajnedvesség, és az optimális öntözésnél a legmagasabb. Míg a kontrollnál a csapadék miatt ingadozik, addig az öntözés és a magas csapadék (kiültetéstől a betakarításig 375,1 mm esett) miatt az I100-nál a virágzási szakasz óta tartja a majdnem 27 %-os talajnedvességet, aminél alig alacsonyabbak a deficit öntözés értékei is.

## 5. 2. VÍZELLÁTÁS ÉS BAKTÉRIUMOK HATÁSA AZ ÉLETTANI TULAJDONSÁGOKRA

A paradicsomnövény vízfelvétele a kötődés és bogyónövekedés időszakában a legintenzívebb, de a bogyóérés szakaszában a lombozat előregedésével a vízfelhasználás csökkenésnek indul. A rendszeres vízpótlás elősegíti a virágok kötődését és a termés növekedését, aminek következtében emelkedik a bogyók darabszáma és átlagtömege (Helyes és Varga 1994.)

### 5. 2. 1. Vízellátás hatása a levélhőmérsékletre

A levélhőmérséklet szorosan összefügg a sztóma konduktanciával, és aszály alatt pontos mutatója lehet a növények vízfelvevő képességének (Cselótei és Helyes 1988; Brennan et al. 2007; Mahmood 2020). Az ebben a fejezetben látható eredmények a baktérium kezelés nélküli (B0) növények levélhőmérsékletének változását mutatják be a különböző vízellátású kísérletekben.



12. ábra. Levélhőmérséklet változása a baktérium nélküli (B0) kontrollnál öntözés nélkül (I0), deficit öntözésnél (I50) és optimális öntözésnél (I100) a paradicsom fenológiai szakaszaiban

3. táblázat. Levélhőmérséklet változásának statisztikai analízise a baktérium nélküli (B0) kontrollnál öntözés nélkül (I0), deficit öntözésnél (I50) és optimális öntözésnél (I100) az ipari paradicsom fenológiai szakaszaiban

Fenológia szakasz	Virágzás	Virágzás és bogyófejlődés	Bogyófejlődés		Bogyóérés		
			Dátum	2018.07.13	2018.07.20	2018.07.26	2018.08.02
<b>Öntözés</b>							
<b>I0</b>	28,15 a	30,42 a	29,33 a	28,78 b	29,1 a	25,27 a	
<b>I50</b>	26,77 b	28,17 b	27,60 b	27,95 b	27,95 a	25,94 a	
<b>I100</b>	23,95 c	28,24 b	28,21 ab	29,94 a	28,62 a	26,42 a	
<b>ANOVA</b>	<0,001	<0,001	0,02	<0,001	0,220	0,161	
<b>Dátum</b>	<b>2019.07.11</b>	<b>2019.07.18</b>	<b>2019.07.25</b>		<b>2019.08.01</b>	<b>2019.08.08</b>	
<b>Öntözés</b>							
<b>I0</b>	24,24 a	28,59 a	25,66 a		25,76 a	20,17 a	
<b>I50</b>	22,60 b	25,60 b	25,36 a		26,50 a	19,67 c	
<b>I100</b>	23,05 b	23,08 c	24,99 a		23,50 b	19,94 b	
<b>ANOVA</b>	0,003	<0,001	0,533		0,008	<0,001	
<b>Dátum</b>	<b>2020.07.08</b>	<b>2020.07.15</b>	<b>2020.07.21</b>	<b>2020.07.29</b>	<b>2020.08.06</b>	<b>2020.08.12</b>	<b>2020.08.19</b>
<b>Öntözés</b>							
<b>I0</b>	24,2 a	22,86 a	26,22 a	26,65 a	25,17 a	28,14 a	24,13 b
<b>I50</b>	23,36 a	23,75 a	27,33 a	26,85 a	25,68 a	28,27 a	25,63 a
<b>I100</b>	23,95 a	25,64 a	27,01 a	27,5 a	25,78 a	27,4 a	26,04 a
<b>ANOVA</b>	0,577	0,423	0,540	0,589	0,559	0,496	0,004

eltérő kisbetű = szignifikáns különbséget jelöli az öntözési kezelések között (Duncan teszt szerint)

2018-ban a lombkorona hőmérsékletének legnagyobb különbségét a virágzástól a gyümölcsfejlődés szakaszáig mutattuk ki a baktérium nélküli kezelésekben: az öntözött növényeknél alacsonyabb volt a hőmérséklet, mint a nem öntözött növényeknél (12 ábra). A legmagasabb levélhőmérsékletet (30,4 °C) a nem öntözött (I0) kezelésnél mértük a „virágzás és bogyófejlődés” szakaszában.

A baktérium nélküli kezelésekben 2019-ben a levélhőmérséklet a bogyófejlődésig az öntözés nélküli növényeknél volt a legmagasabb (28,6°C), míg a bogyófejlődés végén, bogyóérés elején a deficit öntözésű növények hőmérséklete megemelkedik egy rövid időre. A

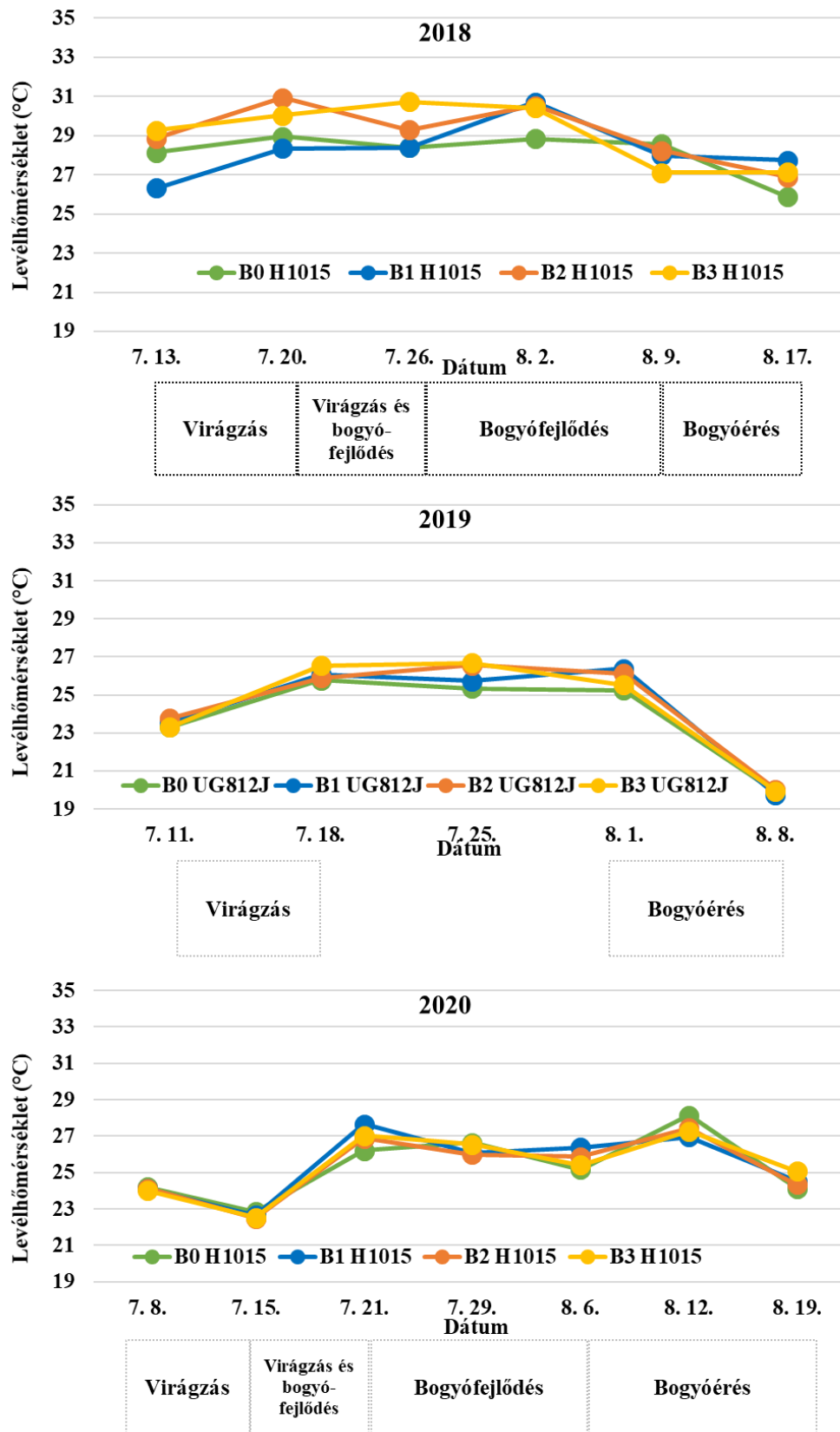


legalacsonyabb hőmérséklet végig az optimálisan öntözött (I100) növényeknél volt. A jó vízellátás tehát csökkentette a levélhőmérsékletet a mérsékelt száraz (2018) és száraz évben (2019).

2020-ban a baktérium nélküli kezeléseknél az öntöztelen (I0) növényeknél volt a legalacsonyabb a lombhőmérséklet, kivéve a bogyóérés szakaszában, amikor az optimálisan öntözött (I100) kezeléseknél figyeltük meg (24,1 °C) (12 ábra).

2018-ban és 2019-ben is a vízellátásnak volt jelentős hatása a levélhőmérsékletre, ezt azonban 2020-ban már nem tudtuk bizonyítani a jelentős csapadékmennyiség miatt. A 3. táblázatban látható, hogy az első két évben a virágzás, valamint a virágzás és bogyófejlődés szakaszokban a legerősebb az öntözés hatása, 2019-ben pedig még a bogyóérés szakaszban is.

5. 2. 2. Baktérium kezelések hatása a levélhőmérsékletre



13. ábra. Baktérium kezelések hatása a levélhőmérsékletre az ipari paradicsom fejlődése alatt, fenológiai szakaszokra bontva

4. táblázat. Baktérium kezelések hatásának statisztikai analízise a levélhőmérsékletre az ipari paradicsom fejlődése alatt, fenológiai szakaszokra bontva

Fenológia szakasz	Virágzás	Virágzás és bogyófejlődés	Bogyófejlődés		Bogyóérés		
Dátum	2018.07.13	2018.07.20	2018.07.26	2018.08.02	2018.08.09	2018.08.17	
<b>B0</b>	26,3 b	28,9 b	28,4 b	28,8 b	28,6 a	25,9 c	
<b>B1</b>	25,5 b	28,3 b	28,4 b	30,7 a	28,0 a	27,7 a	
<b>B2</b>	28,9 a	30,9 a	29,3 b	30,5 a	28,2 a	26,9 b	
<b>B3</b>	29,3 a	30,0 a	30,7 a	30,4 a	27,1 b	27,1 ab	
<b>ANOVA</b>	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	
<b>Dátum</b>							
	2019.07.11	2019.07.18	2019.07.25		2019.08.01	2019.08.08	
<b>B0</b>	23,3 a	25,8 a	25,3 b		25,3 b	19,9 ab	
<b>B1</b>	23,5 a	26,1 a	25,7 ab		26,4 a	19,8 b	
<b>B2</b>	23,8 a	25,9 a	26,6 a		26,1 ab	20,0 a	
<b>B3</b>	23,3 a	26,5 a	26,7 a		25,5 ab	19,9 ab	
<b>ANOVA</b>	0,624	0,594	0,010		0,100	0,163	
<b>Dátum</b>							
	2020.07.08	2020.07.15	2020.07.21	2020.07.29	2020.08.06	2020.08.12	2020.08.19
<b>B0</b>	23,8 a	23,8 a	26,9 a	27,0 a	25,5 b	27,9 a	25,3 a
<b>B1</b>	24,1 a	22,7 a	27,7 a	26,1 ab	26,4 a	27 a	24,5 a
<b>B2</b>	24,1 a	22,5 a	26,9 a	26,0 b	25,9 ab	27,5 a	24,4 a
<b>B3</b>	24 a	22,5 a	27 a	26,6 ab	25,4 b	27,2 a	25,1 a
<b>ANOVA</b>	0,953	0,187	0,577	0,120	0,038	0,291	0,118

eltérő kisbetű = szignifikáns különbséget jelöli a baktérium kezelések között (Duncan teszt szerint)

A mérsékelt szűz 2018-as évben a bogyófejlődés kezdetéig a B1 kezelés jelentősen csökkentette a levelek hőmérsékletét, minden baktérium kezeléshez és a kontrollhoz képest is (13 ábra). A bogyófejlődés kezdeti szakaszában azonban már minden baktérium kezelésnél nőtt a kontrollhoz (B0) képest a levélhőmérséklet, aminek oka a napokig tartó 30 °C fölötti hőmérséklet és minimális csapadék volt. Aztán a bogyóéréshez közeledve folyamatos csökkenésnek indult minden kezelés lombhőmérséklete.

A száraz 2019-es évben a baktérium kezelések nem különülnek el egymástól annyira, mint 2018-ban. Minden fenológiai szakaszban a kezeletlen növényeknél (B0) van a legalacsonyabb levélhőmérséklet, és legnagyobb mértékben bogyóérésig a B3 kezelés növeli. 2019-ben alacsonyabb volt a maximum hőmérsékletet (26,7 °C), mint 2018-ban (30,9 °C), de B2 és B3 kezelések növelték a levelek hőmérsékletét mindkét száraz évben.

A 2020-as csapadékos évben a bogyófejlődés kezdeti szakaszának és a bogyóérés elejének kivételével a kezeletlen növényeknél (B0) volt a legnagyobb levélhőmérséklet, tehát a baktérium kezelések általában csökkentették a lomb hőmérsékletét. Virágzás alatt és a bogyóérés kezdeti szakaszán a B3 kezelések, a bogyófejlődés szakaszában pedig legjobban a B2 kezelések csökkentették a levelek hőmérsékletét (13 ábra).

2018-ban még jelentős szignifikáns hatása volt a baktériumoknak a paradicsom növényekre (4. táblázat), és ugyanez az állítás igaz a vízellátás és baktérium együttes hatására is, bár az elmondható, hogy a szignifikáns érték nem mutatható ki olyan erősen (5. táblázat). 2019-ben a baktériumok hatása leginkább a bogyófejlődés szakaszában érvényesül, míg 2020-ban a bogyóérés kezdeti szakaszán (4. táblázat), de mindkét évnél kijelenthető, hogy összességében a baktériumoknak nincs szignifikáns hatása a levélhőmérsékletre.

5. táblázat. Vízellátás (WS) és növényi növekedést serkentő rhizobaktériumok (PGPR) hatása az életani tulajdonságokra ipari paradicsom fejlődése alatt.

Vízellátás	PGPR	2018				2019				2020			
		Fv/Fm	SPAD	Levél- hőmérséklet °C	Fv/Fm	SPAD	Levél- hőmérséklet °C	Fv/Fm	SPAD	Levél- hőmérséklet °C			
I0	B0	0,737	50,58	28,50	0,772	55,65	25,60	0,788	51,38	25,33			
	B1	0,722	50,20	29,94	0,780	54,18	25,64	0,775	50,13	25,11			
	B2	0,693	49,66	29,18	0,779	55,34	26,20	0,791	51,56	25,30			
	B3	0,724	50,07	29,68	0,773	27,00	25,96	0,785	51,05	25,94			
<i>átlag</i>		0,719B	50,13A	29,33A	0,776A	55,54A	25,85A	0,785A	51,03A	25,42A			
I50	B0	0,749	48,37	27,70	0,770	51,63	24,23	0,776	48,51	25,93			
	B1	0,750	48,09	28,09	0,777	52,19	24,65	0,777	47,86	26,20			
	B2	0,731	48,71	29,48	0,772	52,77	24,58	0,777	48,82	25,59			
	B3	0,714	48,68	29,44	0,768	53,40	24,30	0,769	48,49	25,27			
<i>átlag</i>		0,736A	48,46B	28,68B	0,772A	52,50B	24,43B	0,775B	48,42B	25,75A			
I100	B0	0,756	47,14	27,79	0,772	50,68	23,01	0,772	47,66	25,97			
	B1	0,755	47,81	27,70	0,775	51,52	23,63	0,755	46,83	25,04			
	B2	0,724	47,55	29,06	0,759	52,39	24,11	0,776	47,20	24,96			
	B3	0,743	48,02	28,48	0,773	51,77	24,46	0,768	48,44	25,00			
<i>átlag</i>		0,745A	47,63C	28,26C	0,772A	51,59B	23,80C	0,768B	47,53C	25,24B			
PGPR	B0	0,747a	48,69a	28,00c	0,771a	52,65b	24,28b	0,779a	49,18a	25,74a			
	B1	0,742a	48,70a	28,58b	0,777a	52,63b	24,64ab	0,769b	48,27b	25,45a			
	B2	0,716b	48,64a	29,24a	0,770a	53,50a	24,97a	0,782a	49,20a	25,28a			
	B3	0,727b	48,92a	29,20a	0,771a	54,05a	24,91a	0,774ab	49,33a	25,40a			
szignifikancia	Ws	****	****	****	ns	****	****	****	****	*			
	PGPR	****	ns	****	ns	**	ns	**	*	ns			
	WSxPGPR	ns	ns	****	ns	ns	ns	ns	ns	**			

‡2019 UG 812J F1, 2018-2020-ban H-1015 F1. A szignifikáns különbséget a nagybetű a vízellátás között, a kis betű a baktérium kezelése között jelöli

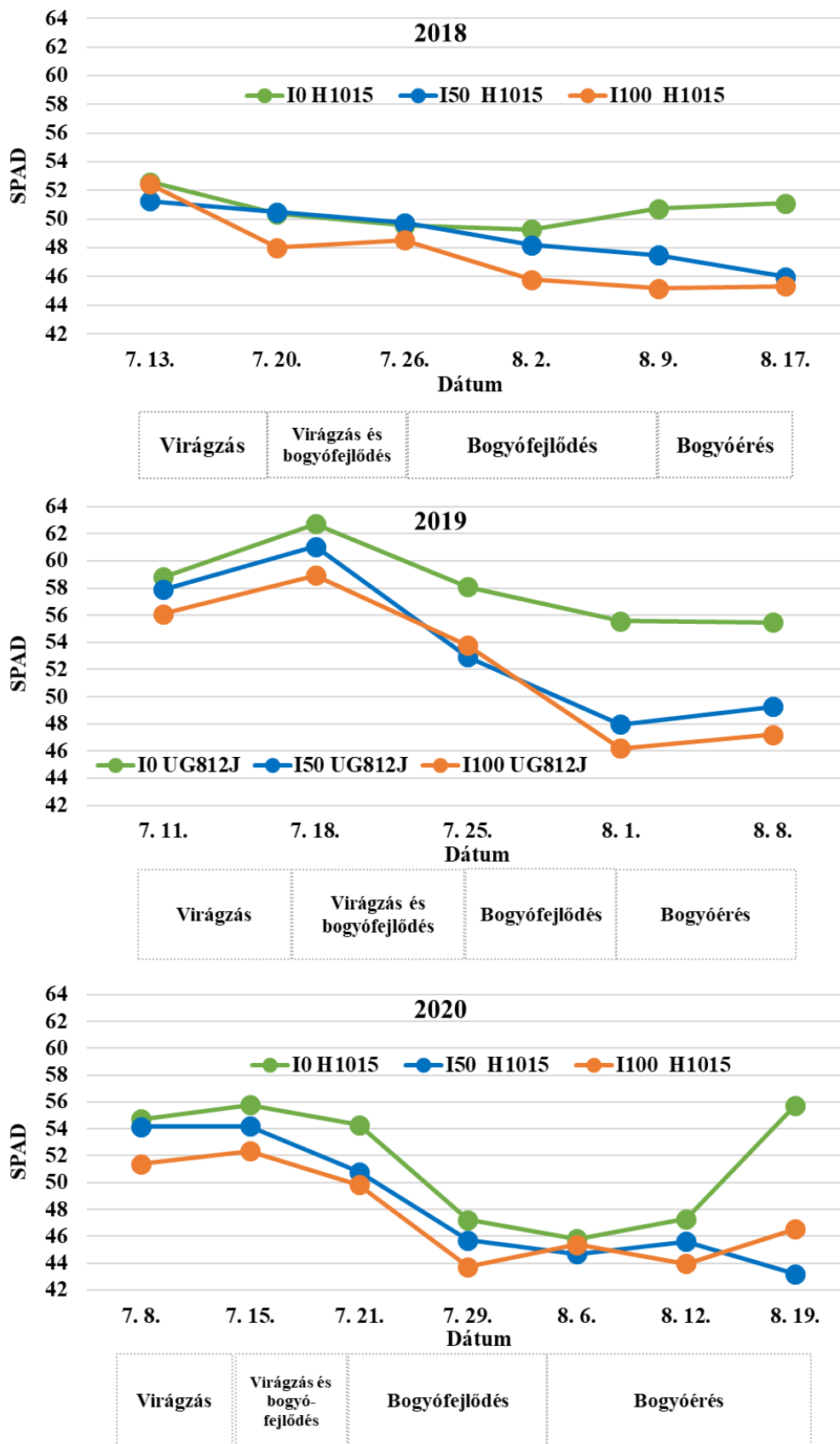
\*P<0,05, \*\*P<0,01, \*\*\*P<0,001, ns=non-significant

### 5. 2. 3. Vízellátás hatása a SPAD értékre

A hőstressz jellemzésére a relatív klorofill mérése is hatásos eszköz, mivel magas hőmérsékletnél a klorofill bioszintézise gátolva van (Berova et al. 2013). A vízhiány a világ növénytermesztését befolyásoló fő korlátozó tényező, ilyenkor a növények lassan nőnek, súlyos esetben a szárak elhalnak, vagy fogékonyabbá válnak a betegségekre és a rovarkártételre (Sibomana et al. 2013).

Yuan és társai (2016) paradicsommal végzett kísérleteikben kimutatták, hogy a víz stressz minden szintje a klorofill-a, a klorofill-b és a teljes klorofill tartalom jelentős csökkenését okozta minden fejlődési szakaszban.

2018-ban az optimális öntözésnél voltak a legalacsonyabbak, míg a „virágzás és bogyófejlődés” szakasz kivételével a kontrollnál voltak a legmagasabbak a SPAD értékek (14. ábra). A legalacsonyabb értékeket bogyófejlődés és bogyóérés szakaszokban mértük (I00B0) (45,8-45,2), s elmondható az optimális öntözésre, hogy szinte folyamatosan csökkent a SPAD. A folyamatos csökkenés a deficit (I50B0) öntözésű növényekre is jellemző: 51 fölötti értékről a bogyóérés alatt egészen 46 alá süllyedt a 2 hónap alatt. Az öntözés nélküli kezelésnél (I0) egy emelkedés történik a bogyófejlődés fenológiai szakaszának közepétől a betakarításig.



14. ábra. SPAD változása a baktérium nélküli (B0) kontrollnál öntözés nélküli (I0), deficit öntözésnél (I50) és optimális öntözésnél (I100) a paradicsom fenológiai szakaszaiban

6. táblázat. SPAD változásának statisztikai analízise a baktérium nélküli (B0) kontrollnál öntözés nélküli (I0), deficit öntözésnél (I50) és optimális öntözésnél (I100) a paradicsom fenológiai szakaszaiban

Fenológia szakasz	Virágzás	Virágzás és bogyófejlődés	Bogyófejlődés		Bogyóérés		
			Dátum	2018.07.13	2018.07.20	2018.07.26	2018.08.02
<b>Öntözés</b>							
<b>I0</b>	52,58 a	50,38 a	49,53 a	49,29 a	50,72 a	51,10 a	
<b>I50</b>	51,27 a	50,5 a	49,75 a	48,21 a	47,49 b	45,96 b	
<b>I100</b>	52,47 a	48,02 a	48,54 a	45,80 b	45,17 c	45,31 b	
<b>ANOVA</b>	0,494	0,087	0,539	0,009	<0,001	<0,001	
<b>Dátum</b>	<b>2019.07.11</b>	<b>2019.07.18</b>	<b>2019.07.25</b>		<b>2019.08.01</b>	<b>2019.08.08</b>	
<b>Öntözés</b>							
<b>I0</b>	58,79 a	62,72 a	58,08 a		55,56 a	55,47 a	
<b>I50</b>	57,9 a	61,04 a	52,93 b		47,98 b	49,26 b	
<b>I100</b>	56,1 a	58,92 a	53,77 b		46,21 b	47,21 b	
<b>ANOVA</b>	0,433	0,474	0,003		<0,001	<0,001	
<b>Dátum</b>	<b>2020.07.08</b>	<b>2020.07.15</b>	<b>2020.07.21</b>	<b>2020.07.29</b>	<b>2020.08.06</b>	<b>2020.08.12</b>	<b>2020.08.19</b>
<b>Öntözés</b>							
<b>I0</b>	54,73 a	55,78 a	54,30 a	47,24 a	45,8	47,29 a	55,71 a
<b>I50</b>	54,17 a	54,19 ab	50,79 b	45,70 ab	44,7	45,61 ab	43,18 b
<b>I100</b>	51,37 b	52,35 b	49,82 b	43,73 b	45,4	43,97 b	46,53 b
<b>ANOVA</b>	0,019	0,009	0,003	0,064	0,700	0,075	<0,001

eltérő kisbetű = szignifikáns különbséget jelöli az öntözési kezelések között (Duncan teszt szerint)

2019-ben is, hasonlóan a 2018-as évhez, a legmagasabb értékek a kontrollnál (I0), míg a legalacsonyabbak - a bogyófejlődés szakaszának kezdete kivételével - a rendszeres öntözésnél (I100) voltak (14. ábra). Az ingadozások nagyobbak voltak a tavalyi évhez képest, valamint a maximum érték is 17,5%-al volt magasabb. Mindegyik vízellátásban a virágzás végén és a bogyófejlődési szakaszokban is folyamatos a SPAD csökkenése, de enyhe a növekedés a bogyóérés során a deficit és az optimális öntözésnél.



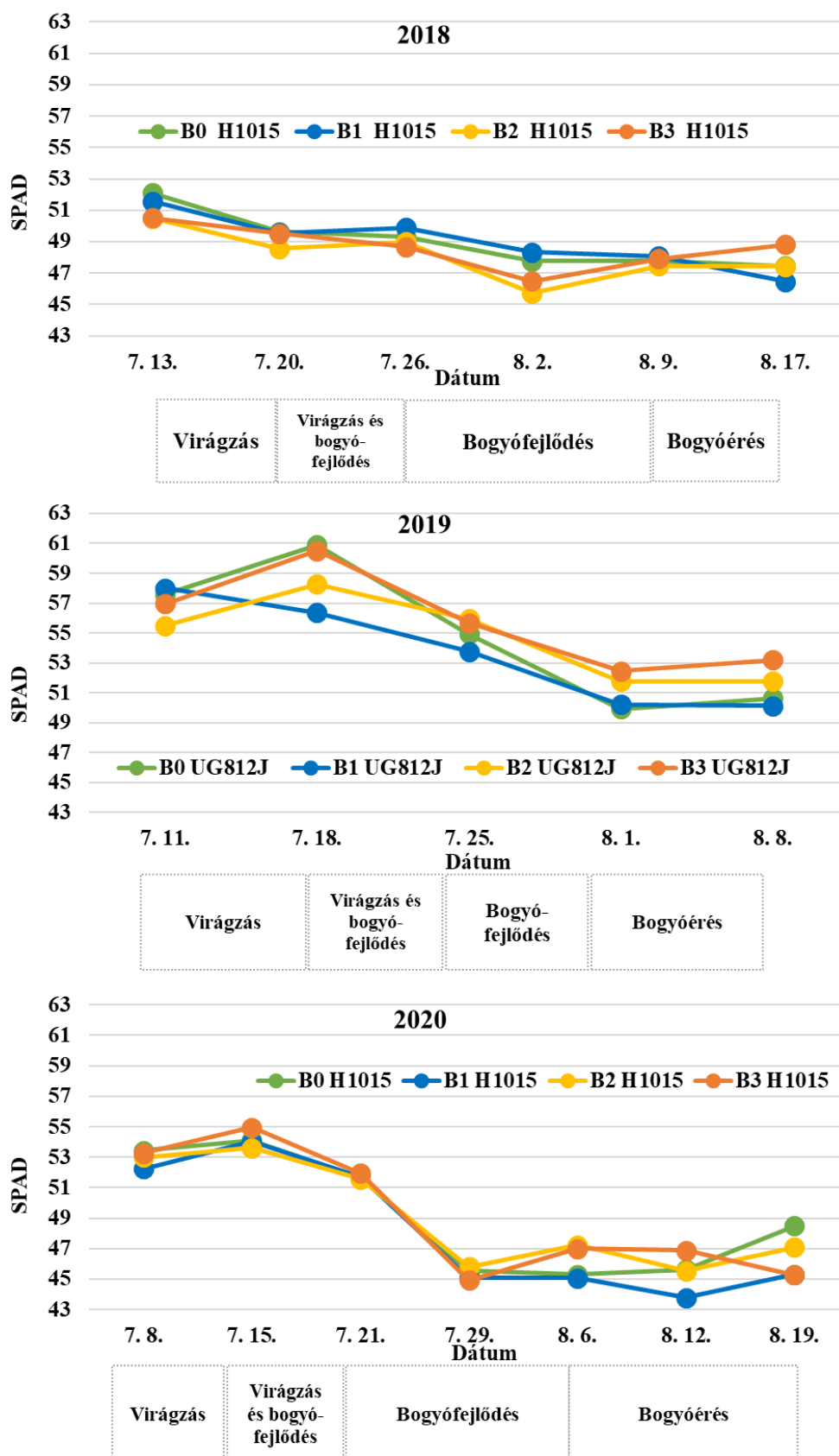
Az előző két évhez hasonlóan 2020-ban is a legmagasabb SPAD értékek az öntözés nélküli kezelésben (I0B0), míg a legalacsonyabbak - a bogyóérés kezdeti szakaszának kivételével -, az I100B0 kezelésben voltak. A bogyóérés kezdetéig mindegyik kezelésnél folyamatos volt a SPAD érték csökkenése, legalacsonyabb értéket a bogyó fejlődés kései szakaszában és az érés kezdetén mértünk (44-43,2) a mérsékelt és a jól öntözött növényeknél.

A három év eredményeit összehasonlítva megállapítható, hogy mindegyik baktérium nélküli kezelésnél a legmagasabb SPAD értékeket az öntözés nélküli kontroll (I0), míg a legalacsonyabb értékeket az optimális öntözés (I100) adta majdnem minden fenológiai szakaszban. A virágzástól a bogyóérésig a legtöbb esetben folyamatos volt a SPAD csökkenése minden kezelésnél.

A baktérium nélküli kezeléseknél a legmagasabb SPAD értéket (62,7) 2019-ben UG812J fajtánál az öntözés nélküli kezelésnél mértünk a „virágzás és bogyófejlődés” szakaszban, míg a legalacsonyabbat 2020-ban a H-1015 fajtánál deficit öntözésnél a bogyóérés szakaszban (43,2). Ha csak azt a két évet hasonlítom össze, amelyeknél ugyanaz volt a fajta, akkor elmondhatjuk, hogy 2020-ban magasabbak voltak a maximum, és alacsonyabbak a minimum értékek is, mint 2018-ban.

A relatív klorofill tartalom értékére 2018-ban a vízellátás leginkább a bogyóérés szakaszában volt hatással, ami 2019-re is igaz (6. táblázat). 2020-ban szinte folyamatosan, minden fenológiai szakaszban ki tudtuk mutatni az öntözés szignifikáns hatását. Mindhárom évre elmondható, hogy a SPAD értékére az öntözés volt a legnagyobb hatással (5. táblázat).

#### 5. 2. 4. Baktérium kezelések hatása a SPAD értékre



15. ábra. Baktérium kezelések hatása a SPAD-ra az ipari paradicsom fejlődése alatt, fenológiai szakaszokra bontva

7. táblázat. Baktérium kezelések hatásának statisztikai analízise a SPAD-ra az ipari paradicsom fejlődése alatt, fenológiai szakaszokra bontva

Fenológia szakasz	Virágzás	Virágzás és bogyófejlődés	Bogyófejlődés		Bogyóérés		
			Dátum	2018.07.13	2018.07.20	2018.07.26	2018.08.02
<b>Baktérium</b>							
<b>B0</b>	52,10 a	49,63 a	49,29 ab	47,76 a	47,79 a	47,46 ab	
<b>B1</b>	51,58 ab	49,55 a	49,89 a	48,33 a	48,09 a	46,46 b	
<b>B2</b>	50,69 b	48,53 a	48,98 ab	45,72 b	47,47 a	47,41 ab	
<b>B3</b>	50,81 ab	49,54 a	48,68 b	46,50 b	47,9 a	48,83 a	
<b>ANOVA</b>	0,86	0,204	0,148	<0,001	0,874	0,045	
<b>2019.</b>							
<b>Dátum</b>	<b>2019.07.11</b>	<b>2019.07.18</b>	<b>2019.07.25</b>		<b>2019.08.01</b>	<b>2019.08.08</b>	
<b>Baktérium</b>							
<b>B0</b>	57,60 ab	60,89 a	54,93 ab		49,92 b	50,66 b	
<b>B1</b>	58 a	56,37 b	53,77 b		50,21 b	50,12 b	
<b>B2</b>	55,50 b	58,26 ab	55,95 a		51,77 ab	51,78 ab	
<b>B3</b>	57 ab	60,50 a	55,69 ab		52,45 a	53,19 a	
<b>ANOVA</b>	0,125	0,019	0,086		0,030	0,014	
<b>2020.</b>							
<b>Dátum</b>	<b>2020.07.08</b>	<b>2020.07.15</b>	<b>2020.07.21</b>	<b>2020.07.29</b>	<b>2020.08.06</b>	<b>2020.08.12</b>	<b>2020.08.19</b>
<b>Baktérium</b>							
<b>B0</b>	53,42 a	54,11 a	51,64 a	45,56 a	45,30 b	45,62 ab	48,48
<b>B1</b>	52,22 a	54,01 a	51,67 a	45,1 a	45,06 b	43,79 b	45,3
<b>B2</b>	53,01 a	53,6 a	51,57 a	45,78 a	47,24 a	45,54 ab	47,09
<b>B3</b>	53,24 a	54,95 a	51,94 a	44,92 a	47,00 a	46,88 a	45,28
<b>ANOVA</b>	0,333	0,459	0,977	0,739	0,018	0,009	0,162

eltérő kisbetű = szignifikáns különbséget jelöli a baktérium kezelések között (Duncan teszt szerint)

A mérsékelt szaraz 2018-ban a baktérium kezelések közötti különbségek a bogyófejlődéstől bogyóérésig mutathatók ki; a B1 kezeléseknél volt a legmagasabb a SPAD, míg a virágzástól a bogyóérés kezdetéig a B2 kezeléseknél volt a legalacsonyabb (15. ábra). A kontrollhoz viszonyítva, a virágzástól a bogyóérésig B2 kezelés végig alacsonyabb maradt, s ez B3 kezelésre is igaz, egészen a bogyóérés kezdetéig.

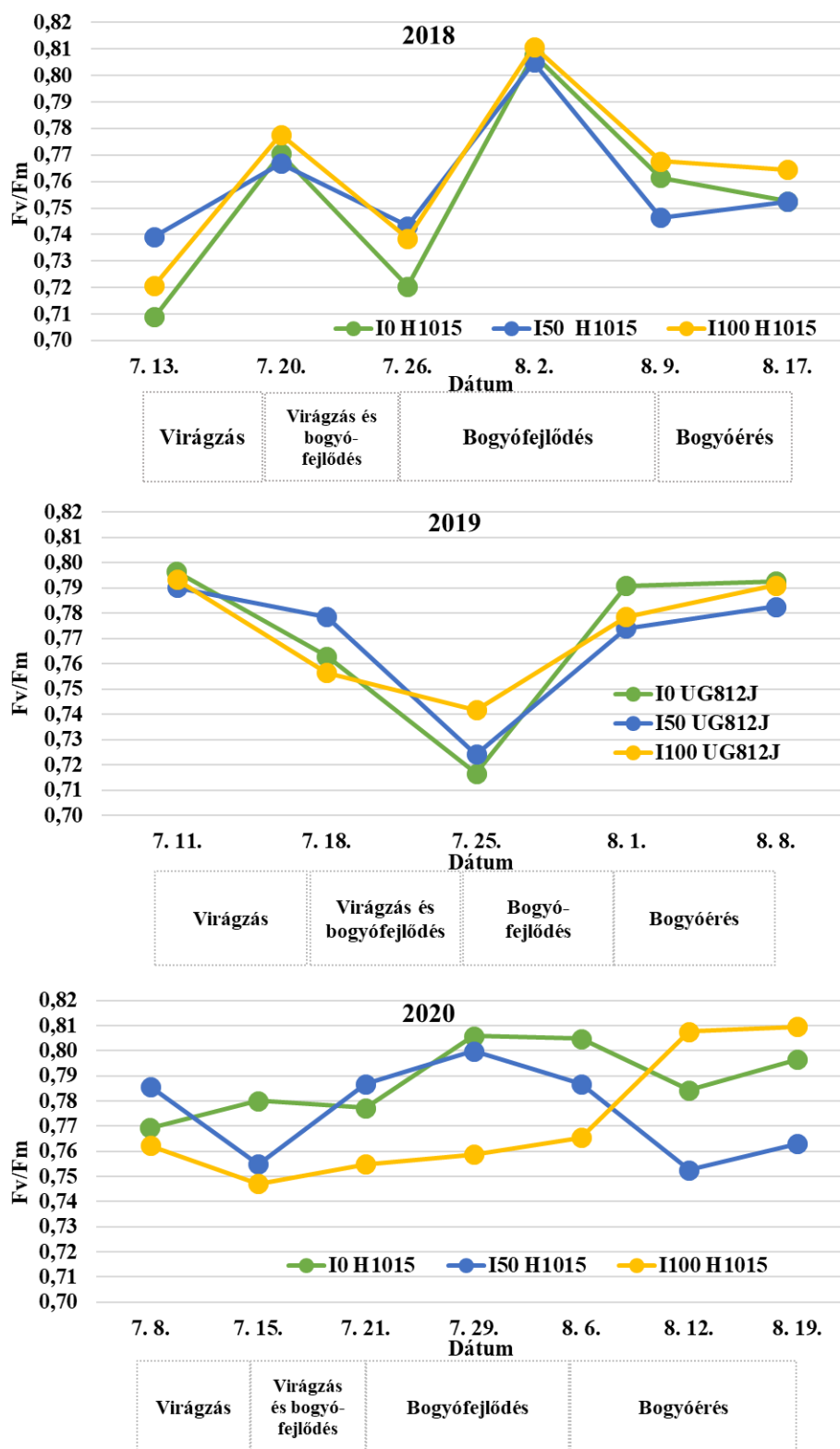
A kezelések hasonló módon ingadoztak 2019-ben, és a bogyófejlődés szakaszáig a B0 és a B1 között volt a legnagyobb eltérés. B1 hatására a legalacsonyabbak a fenológiai szakaszokban a SPAD értékek, míg B2 és B3 hatására lettek a legmagasabbak a kontrollhoz viszonyítva (B0).

2020-ban a bogyófejlődés középső szakaszáig a baktérium kezelések között nem volt nagy eltérés. Ezután bogyóérés alatt a baktérium kezelések hatása jelentősen különbözött; a legalacsonyabb SPAD értékek a B1 kezelésnél, a legmagasabbak a B3 kezelésnél voltak, de a bogyóérés utolsó szakaszában, a B3 kezelés kivételével, minden kezelésnél a SPAD érték növekedése történt (15. ábra).

Összehasonlítva a három évet, nem igazán tudunk kihangsúlyozni olyan baktérium kezelést, amely minden esetben hozott volna kiemelkedő, vagy a többitől nagyon eltérő eredményt a SPAD értékekre nézve. 2018-ban mindössze a bogyóérés szakaszában tudtunk szignifikáns baktérium hatást kimutatni, valamint a bogyóérés végén, de ez összességében elenyésző eredmény. 2019-ben a bogyófejlődéstől folyamatosan erősödik minden fenológiai szakaszban a baktériumok hatása, míg 2020-ban ez leginkább már csak a bogyóérés alatt érvényesül (7. táblázat).

A statisztikai elemzések igazolták, hogy a levelek relatív klorofill tartalmára, SPAD értékben kifejezve, mindhárom évben a vízellátásnak van hatása (5. táblázat). A baktérium kezelések hatását csak 2019-ben és 2020-ban tudtuk kimutatni, de ez a hatás nem olyan mértékű, mint a vízellátásnak. A vízellátásnak és baktériumoknak együttesen nincs szignifikáns hatása a paradicsom növények SPAD értékeire egyik évben sem (5. táblázat).

### 5. 2. 5. Vízellátás hatása a klorofill fluoreszcenciára



16. ábra. Klorofill fluoreszcencia (Fv/Fm) változása a baktérium nélküli (B0) kontrollnál öntözés nélküli (I0), deficit öntözésnél (I50) és optimális öntözésnél (I100) az ipari paradicsom fenológiai szakaszaiban

A fotoszintézis központi szerepet játszik a növényéletben minden vonatkozásában, mint energiaszolgáltató, és megalapozza a növekedést és a termelést (Lawlor 2009). A fotoszintézis élettani változásait befolyásolhatja a lombhullatás módja, a levelek kora, a fényviszonyok, a sérülések, és egyéb más tényezők (Huang et al. 2013). A klorofill fluoreszcencia mérése, mint a fotoszintézis aktivitásának jelzője, alkalmasnak bizonyult a növények stressz hatásokra adott reakcióinak roncsolásmentes, nem túl időigényes és egyszerű vizsgálatára (Araus et al. 1998; Long et al. 2015).

8. táblázat. Klorofill fluoreszcencia (Fv/Fm) változásának statisztikai analízise a baktérium nélküli (B0) kontrollnál öntözés nélküli (I0), deficit öntözésnél (I50) és optimális öntözésnél (I100) az ipari paradicsom fenológiai szakaszaiban

Fenológia szakasz	Virágzás	Virágzás és bogyófejlődés	Bogyófejlődés		Bogyóérés		
			2018.07.26	2018.08.02	2018.08.09	2018.08.17	
<b>Dátum</b>	<b>2018.07.13</b>	<b>2018.07.20</b>	<b>2018.07.26</b>	<b>2018.08.02</b>	<b>2018.08.09</b>	<b>2018.08.17</b>	
<b>Öntözés</b>							
<b>I0</b>	0,709 a	0,771 a	0,721 a	0,808 a	0,762 a	0,753 a	
<b>I50</b>	0,739 a	0,767 a	0,743 a	0,805 a	0,746 a	0,752 a	
<b>I100</b>	0,721 a	0,778 a	0,739 a	0,811 a	0,768 a	0,765 a	
<b>ANOVA</b>	0,221	0,661	0,214	0,356	0,424	0,684	
<b>Dátum</b>	<b>2019.07.11</b>	<b>2019.07.18</b>	<b>2019.07.25</b>		<b>2019.08.01</b>	<b>2019.08.08</b>	
<b>Öntözés</b>							
<b>I0</b>	0,796 a	0,763 a	0,717 a		0,791 a	0,793 a	
<b>I50</b>	0,79 a	0,779 a	0,724 a		0,774 a	0,783 a	
<b>I100</b>	0,793 a	0,757 a	0,742 a		0,779 a	0,791 a	
<b>ANOVA</b>	0,552	0,288	0,392		0,455	0,552	
<b>Dátum</b>	<b>2020.07.08</b>	<b>2020.07.15</b>	<b>2020.07.21</b>	<b>2020.07.29</b>	<b>2020.08.06</b>	<b>2020.08.12</b>	<b>2020.08.19</b>
<b>Öntözés</b>							
<b>I0</b>	0,769 a	0,78 a	0,777 a	0,801 a	0,805 a	0,784 ab	0,797 ab
<b>I50</b>	0,786 a	0,755 a	0,787 a	0,800 a	0,787 ab	0,753 ab	0,763 b
<b>I100</b>	0,762 a	0,747 a	0,755 a	0,759 b	0,766 b	0,808 a	0,810 a
<b>ANOVA</b>	0,158	0,268	0,343	0,12	0,092	0,66	0,43

eltérő kisbetű = szignifikáns különbséget jelöli az öntözési kezelésekek között (Duncan teszt szerint)

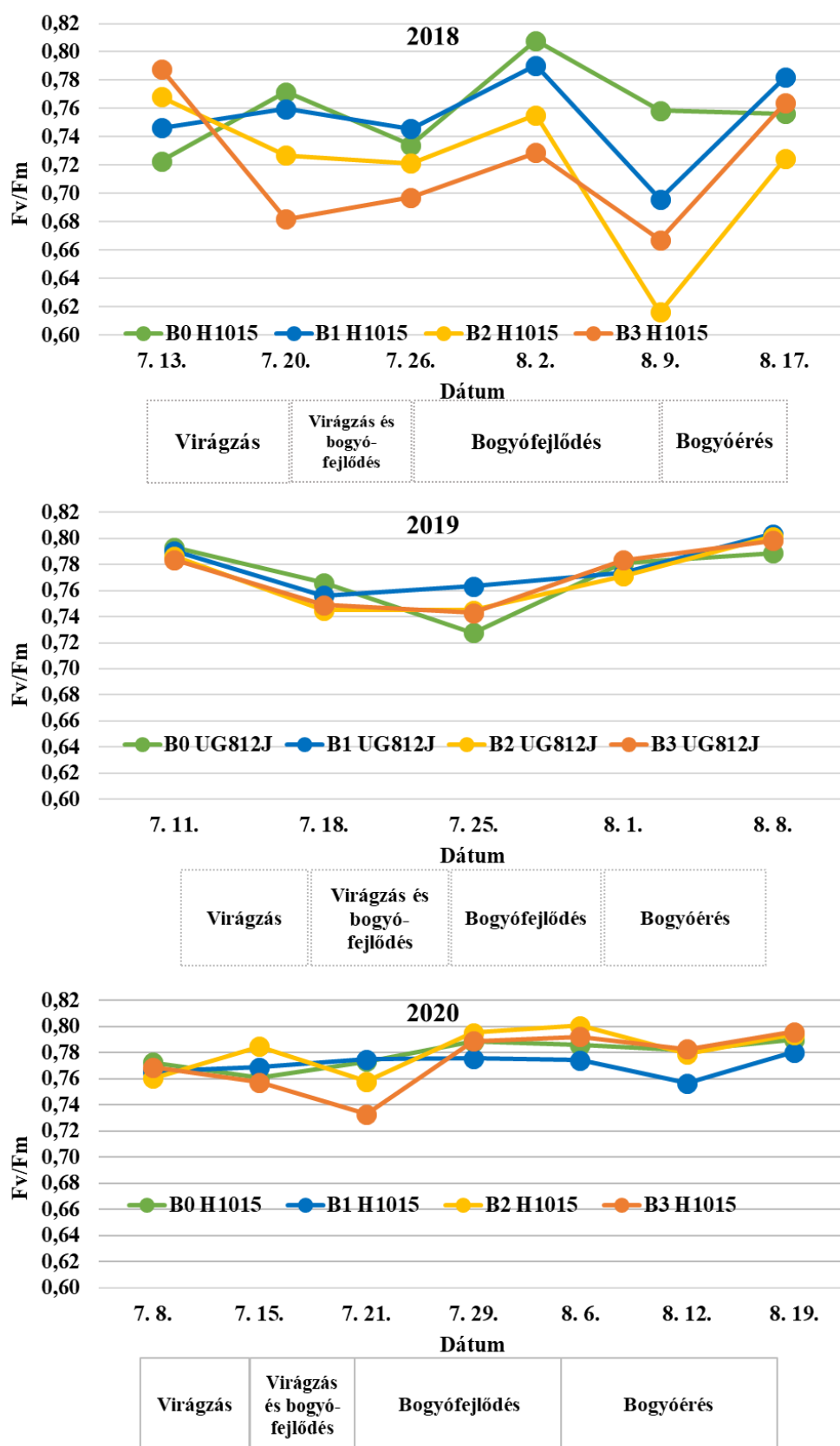
2018-ban az Fv/Fm értékek a fenológiai szakaszok alatt az optimális öntözésű kezeléseknél voltak a legmagasabbak (maximum: 0,81). A bogyófejlődés végéig a kontroll (I0) növényeknél, a bogyóérés szakaszban a deficit öntözésnél voltak a legalacsonyabbak az értékek (minimum: 0,71) (16. ábra).

2019-ben a vízellátás hatását a klorofill fluoreszcenciára (Fv/Fm) nem tudjuk olyan jól elkülöníteni, mint a 2018-as év eredményeit. Bogyófejlődésig a deficit öntözésnél volt a legmagasabb az Fv/Fm, de bogyóérés alatt a kontroll növényeknél jelentősen nőtt az Fv/Fm értéke, annak ellenére, hogy a „virágzás és bogyófejlődés” szakaszában a legalacsonyabb értékekkel (0,72) rendelkeztek.

2020-ban a legmagasabb Fv/Fm értékekkel a kontroll (maximum: 0,81), míg a legalacsonyabbakkal a rendszeresen öntözött paradicsomok rendelkeztek (minimum: 0,75). Ez az eredmény a 2018-as év teljes ellentéte, mivel a túl sok csapadék és az öntözés nagy stresszt okozott. A klorofill fluoreszcencia a bogyóérés szakaszában az I100 kezelés alatt emelkedett meg, és jelentősen csökkent a deficit öntözés mellett (16. ábra).

A 8. táblázatban látható, hogy 2019-ben egyik fenológiai szakaszban sem mutatható ki az öntözés pozitív hatása az Fv/Fm-re. 2018-ban és 2020-ban hasonlóan oszlanak meg az eredmények: virágzáskor és a bogyóérés kezdeti szakaszában erősebb a vízellátás szignifikáns hatása.

5. 2. 6. Baktérium kezelések hatása a klorofill fluoreszcenciára



17. ábra. Baktérium kezelések hatása a klorofill fluoreszcenciára (Fv/Fm) az ipari paradicsom fejlődése alatt, fenológiai szakaszokra bontva



9. táblázat. Baktérium kezelések hatásának statisztikai analízise a klorofill fluoreszcenciára (Fv/Fm) az ipari paradicsom fejlődése alatt, fenológiai szakaszokra bontva

Fenológia szakasz	Virágzás	Virágzás és bogyófejlődés	Bogyófejlődés		Bogyóérés		
Dátum	2018.07.13	2018.07.20	2018.07.26	2018.08.02	2018.08.09	2018.08.17	
<b>Baktérium</b>							
<b>B0</b>	0,723 d	0,772 a	0,734 a	0,808 a	0,759 a	0,757 b	
<b>B1</b>	0,746 c	0,760 a	0,746 a	0,790 b	0,696 b	0,782 a	
<b>B2</b>	0,768 b	0,727 b	0,721 ab	0,775 c	0,616 c	0,724 c	
<b>B3</b>	0,788 a	0,681 c	0,700 b	0,729 d	0,667 bc	0,746 b	
<b>ANOVA</b>	<0,001	<0,001	0,031	<0,001	<0,001	<0,001	
Dátum	2019.07.11	2019.07.18	2019.07.25		2019.08.01	2019.08.08	
<b>Baktérium</b>							
<b>B0</b>	0,793 a	0,766 a	0,728 b		0,781 a	0,789 b	
<b>B1</b>	0,79 a	0,756 a	0,763 a		0,774 a	0,803 a	
<b>B2</b>	0,784 a	0,745 a	0,745 ab		0,771 a	0,801 a	
<b>B3</b>	0,786 a	0,749 a	0,743 ab		0,783 a	0,798 a	
<b>ANOVA</b>	0,587	0,208	0,010		0,553	0,006	
Dátum	2020.07.08	2020.07.15	2020.07.21	2020.07.29	2020.08.06	2020.08.12	2020.08.19
<b>Baktérium</b>							
<b>B0</b>	0,772 a	0,761 ab	0,773 a	0,788 ab	0,786 ab	0,782 a	0,790 a
<b>B1</b>	0,765 a	0,769 ab	0,775 a	0,776 b	0,774 b	0,744 b	0,780 a
<b>B2</b>	0,760 a	0,784 b	0,758 ab	0,795 a	0,800 a	0,779 a	0,794 a
<b>B3</b>	0,769 a	0,757 b	0,733 b	0,789 ab	0,792 ab	0,783 a	0,796 a
<b>ANOVA</b>	0,558	0,097	0,033	0,124	0,111	0,012	0,443

eltérő kisbetű = szignifikáns különbséget jelöli a baktérium kezelések között (Duncan teszt szerint)

2018-ban virágzástól bogyóérésig, a kezeletlen (B0) növényeknél a klorofill fluoreszcencia (Fv/Fm) 0,73-0,8 között változott, a legnagyobb értéket a bogyófejlődés alatt érte el. Virágzástól bogyóérésig a legalacsonyabb Fv/Fm érték a B3 baktériummal kezelt növényeknél, a bogyóérés alatt pedig a B2-vel kezelt növényeknél volt. A B1 kezelések hatása a klorofill fluoreszcenciára hasonlóan magas volt, mint a kezeletlen kontroll növényeknél (17. ábra).

2019-ben a bogyófejlődésig nem volt nagy különbség a baktérium kezelések között. Bogyófejlődés alatt a bogyóérésig legalacsonyabb Fv/Fm érték a kezeletlen (B0) növényeknél, legmagasabb értékek a B1 kezelésekben volt.

2020-ban a baktériumkezelések hatása a klorofill fluoreszcenciára jelentősen különbözött. Virágzástól a bogyófejlődésig B3 kezelésnél, bogyófejlődéstől a betakarításig a B1 kezelésnél volt a legalacsonyabb Fv/Fm érték. A B2 és B3 kezelés hatására a legalacsonyabb Fv/Fm érték virágzás és bogyókötés alatt (0,73), a legmagasabb érték bogyófejlődés alatt mutatható ki (0,8) (17. ábra).

2018-ban a baktériumoknak erős szignifikáns hatása volt az Fv/Fm értékekre minden fenológiai szakaszban. 2019-ben ez leginkább a bogyófejlődésre, és a bogyóérés kezdeti szakaszára jellemző. Nedves évben virágzás és bogyófejlődés, valamint bogyóérés elején volt szignifikáns hatása a baktériumoknak (9. táblázat)

A legalacsonyabb Fv/Fm értékeket 2018-ban mértük, míg a legmagasabbakat 2020-ban. Ezek alapján elmondhatjuk, hogy bár a paradicsomfajta ebben a két évben azonos volt (H-1015 F1), a klorofill fluoreszcenciában (Fv/Fm) a nagy különbség környezeti tényezőkkel magyarázható.

A statisztikai adatok szerint a 2018-as és 2020-as évben a vízellátásnak és a baktériumnak is volt statisztikai hatása a paradicsom növények klorofill fluoreszcencia értékeire, 2018-ban főleg a baktériumnak, 2020-ban pedig inkább a vízellátásnak. 2019-ben az eredmények nagyon homogének, ezért nem tudtuk statisztikailag bizonyítani, hogy vagy a vízellátásnak, vagy a baktériumnak van-e hatása a fluoreszcenciára. Mindegyik évre jellemző, hogy a vízellátásnak és a baktériumnak együttesen nincs hatása a klorofill fluoreszcenciára (1., 2. melléklet és 5. táblázat).

### 5. 3. BAKTÉRIUM KEZELÉSEK HATÁSA A BOGYÓ DARABSZÁMÁRA

A 10. táblázatban látható, hogy a bogyók növényenkénti darabszámát figyelembe véve 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; ez is jól mutatja a két év közötti nagy csapadékkülönbség hatását a bogyó darabszámra.

10. táblázat. Rhizobaktérium kezelések (PGPR) hatása H-1015 (2018, 2020) és UG812J (2019) paradicsom bogyo darabszámára

Öntözés	GPR	2018						2019						2020			
		Összes db	Piackepés db	Zöld db	Egyéb db	Összes db	Piackepés db	Zöld db	Egyéb db	Összes db	Piackepés db	Zöld db	Egyéb db				
I0	B0	29,4 c	23,4 b	5,2 c	0,8 b	71,8 a	58,6 a	7,4 a	5,8 b	27,9 b	20,9 a	2,6 c	4,5 c				
	B1	33,0 b	27,8 b	4,0 c	1,2 b	67,9 b	54,4 a	8,9 a	4,6 b	32,7 a	22,9 a	5,5 a	4,3 c				
	B2	38,7 b	27,3 b	10,5 a	0,9 b	70,2 a	60,5 a	6,3 a	3,3 c	33,1 a	21,0 a	4,4 a	7,7 b				
<i>dilatag</i>	B3	40,6 a	30,0 a	9,2 a	1,5 a	59,0 c	45,8 b	6,9 a	6,2 b	28,5 b	18,5 b	4,1 a	6,0 b				
	B0	35,4 B	27,1 B	7,2 B	1,1 B	67,2 B	54,8 A	7,4 A	5,0 B	30,6 A	20,8 A	4,1 A	5,6 C				
	B0	29,4 c	23,4 b	5,4 c	0,6 b	69,5 a	55,9 a	3,3 c	10,3 a	27,2 b	19,4 b	2,7 c	5,2 c				
I50	B1	43,3 a	34,2 a	7,9 b	1,2 b	76,0 a	61,7 a	7,6 a	6,8 b	29,4 b	20,5 a	2,5 c	6,5 b				
	B2	44,7 a	29,3 b	13,5 a	1,9 a	70,5 a	59,7 a	6,2 a	4,7 b	33,5 a	20,8 a	2,9 c	9,9 a				
	B3	49,4 a	38,0 a	9,6 a	1,8 a	62,3 b	51,8 b	5,1 b	5,5 b	31,7 a	19,6 b	2,7 c	9,5 a				
<i>dilatag</i>	B0	41,7 A	31,2 A	9,1 A	1,4 A	69,6 A	57,2 A	5,5 B	6,8 B	30,5 A	20,0 A	2,7 C	7,7 B				
	B0	39,1 b	29,1 b	8,6 b	1,4 a	61,6 c	44,1 b	3,6 c	13,9 a	29,5 b	18,4 b	2,7 c	8,5 b				
	B1	35,2 b	26,8 b	7,1 b	1,4 a	66,8 b	51,3 b	4,2 b	11,2 a	32,5 a	19,0 b	4,2 a	9,3 a				
I100	B2	42,5 a	31,7 a	9,2 a	1,6 a	65,6 b	50,9 b	7,7 a	7,1 b	36,8 a	20,8 a	3,9 b	12,2 a				
	B3	44,3 a	34,0 a	8,9 b	1,4 a	51,3 c	41,3 b	4,0 b	6,0 b	28,7 b	17,3 b	4,5 a	6,9 b				
	B0	40,3 A	30,4 A	8,4 B	1,4 A	61,3 C	46,9 B	4,9 B	9,5 A	31,9 A	18,9 B	3,8 B	9,2 A				
PGPRs	B0	32,6 b	25,3 b	6,4 b	1,0 b	67,6 b	52,9 a	4,8 b	10,0 a	28,2 b	19,6 b	2,7 c	6,0 b				
	B1	37,1 b	29,6 b	6,3 b	1,2 b	70,2 a	55,8 a	6,9 a	7,5 b	31,6 a	20,8 a	4,1 a	6,7 b				
	B2	42,0 a	29,4 b	11,1 a	1,5 a	68,8 b	57,0 a	6,7 a	5,0 b	34,5 a	20,9 a	3,7 b	9,9 a				
Szigntifikancia	B3	44,8 a	34,0 a	9,2 a	1,5 a	57,5 c	46,3 b	5,3 b	5,9 b	29,6 b	18,4 b	3,8 b	7,4 b				
	Öntözés	ns	ns	ns	ns	ns	*	*	***	ns	ns	†	***				
	GPR	***	*	*	ns	†	ns	ns	***	*	ns	ns	***				
Öntözés x GPR	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns					

† P<0,1 \*P<0,05, \*\*P<0,01, \*\*\*P<0,001, I0 = nem öntözött, I50 = deficit öntözés, I100 = optimális öntözés, B0 = baktérium nélküli kezelés.

Nagybetű = szignifikáns különbség az öntözéses kezelésesek között; kisbetű = szignifikáns különbség a baktérium kezelésesek között. 2018 mérsékeltlen száraz, 2019 száraz, 2020 csapadékos év

2018-ban deficit öntözés alatt (I50), a B3 baktériummal kezelt növényeken képződött a legtöbb piacképes bogyó (38 db/tő) a kezeletlen növényekhez képest. Összesen a deficit öntözés kezelések adták a legtöbb növényenkénti darabszámot, és az öntözés nélküliek (I0) a legkevesebbet.

A deficit öntözést alkalmazva, B2-vel kezelt paradicsomoknál volt a legtöbb tövenkénti zöld bogyó darabszám (13,5 db/tő), és az öntözetlen (I0) B2-vel kezeltéknél a második legtöbb (10,5 db/tő). A legkevesebb zöld bogyóval az öntözetlen B0 és B1 kezelések rendelkeztek (5 db/tő és 4 db/tő). Csak az öntözést véve figyelembe, a deficit öntözésnél volt átlagosan a legtöbb, míg az öntözetlen kezeléseknél a legkevesebb növényenkénti termés darabszám.

2018-ban a deficit öntözésű paradicsomok rendelkeztek a legnagyobb tövenkénti beteg bogyószámmal, ami B2 kezelésnél 1,9 db/tő, és B3 kezelésnél 1,8 db/tő volt. A legkisebb eredményt is a deficit öntözésű, de baktériumkezelés nélküli kezelés adta 0,6 db/tő eredménnyel. Csak az öntözést nézve, a rendszeres öntözésű kezelések adták átlagosan a legtöbb beteg termést, és az öntözetlenek a legkevesebbet.

2019-ben a legtöbb piacképes bogyó a B1 baktériummal kezelt növényeken képződött (70,2 db/tő) és legkevesebb a B3 kezelés hatására mutatható ki. A kezelések pozitív hatása a beteg bogyók számának csökkenésében nyilvánult meg. Ebben az évben deficit öntözés alatt, B1 baktériummal kezelt növényeken képződött a legtöbb piacképes bogyó: 61 db/tő.

2019-ben az öntözés nélküli B1 kezelés adta a legtöbb zöld bogyót növényenként, és deficit öntözés mellett a baktérium nélküli (I50B0) kezelés a legkevesebbet. Átlagosan a rendszeresen öntözött növények adták a legkevesebb zöld bogyót, és az öntözés nélküli kezelések a legtöbbet.

2019-ben a legtöbb beteg bogyót tövenként a rendszeresen öntözött, kezeletlen (I100B0) tövek adták (13,9 db/tő), a legkevesebbet pedig az öntözetlen, B2 baktériummal kezelték (3,3 db/tő). A rendszeresen öntözött növények majdnem kétszer annyival több beteg bogyót teremtek, mint az öntözetlenek. Míg a legkevesebb beteg bogyó a B2 és B3 kezelés hatására, addig a legtöbb a kezeletlen (B0) növényeken képződött.

2020-ban a legtöbb piacképes bogyó az öntözetlen (I0) körülmények alatt termett, ahol a legtöbb a B1 (22,9 db/tő) és B2 (21 db/tő) baktérium kezelések hatására fordult elő. Csapadékos évben, rendszeres öntözés mellett kevesebb piacképes bogyó képződött a növényeken, mint az elégtelenül öntözött vagy öntözetlen növényeken. A baktérium kezelések hatása mérsékelt volt;

legjobban átlagosan a B2 és B1 baktérium kezelések, leggyengébben a B3 kezelések teljesítettek. Rendszeres öntözés mellett, a legkevesebb piacképes bogyó a B3 baktériumok hatására képződött (17,3 db/tő).

A legtöbb (5,5 db/tő) zöld bogyó a B1 kezelés hatására öntözés nélküli növényeken termett, és a legkevesebb (2,5 db/tő) a deficit öntözés (I50B1) mellett.

2020-ban az öntözés jelentősen növelte a beteg bogyók mennyiségét és jelentős volt a baktérium kezelések hatása; az I100B2 kezelésnél képződött a legtöbb beteg bogyó tövenként (12,2 db/tő), és az I0B1 kezelésnél a legkevesebb (4,3 db/tő).

2018-ban az összes, a piacképes és a zöld bogyóknál statisztikailag a baktériumkezelések között szignifikáns különbség mutatható ki, de hatásuk - a vízellátástól függően - eltérő módon érvényesült. Az eredményekből látható, hogy B2 baktérium volt a legnagyobb hatással a zöld termések mennyiségére, a beteg bogyóknál azonban statisztikailag nem mutatható ki szignifikáns különbség sem az öntözések, sem a baktériumkezelések között (10. táblázat).

2019-ben a piacképes és a zöld bogyóknál statisztikailag az öntözések között szignifikáns különbség mutatható ki, de a baktériumkezelések között nem. A beteg bogyóknál már az öntözések és a baktériumkezelések között is kimutatható éles szignifikáns különbség.

2020-ban a zöld bogyóknál csak az öntözésnél mutatható ki kismértékű szignifikáns különbség, ahol is az öntözetlen kezelésekben képződött a legtöbb tövenkénti zöld bogyó, és a rendszeresen öntözött növényeken a legkevesebb. Az előző évhez hasonlóan a beteg terméseknél is kimutatható statisztikai különbség az öntözések és a baktérium kezelések között is, azonban a piacképes terméseknél nincs szignifikancia a kezelések között.

#### 5. 4. VÍZELLÁTÁS ÉS BAKTÉRIUM KEZELÉSEK HATÁSA A PARADICSOM BOGYÓK TÖMEGÉRE

Mindhárom évben a rendszeres öntözés (I100) jelentősen növelte a zöld bogyók tömegét (g). Száraz években - 2018-ban és 19-ben - az öntözés hiánya (I0), 2020-ban pedig a deficit öntözés (I50) produkálta a legkisebb tömegű bogyókat.

A 11. táblázat adatai szerint 2018-ban az deficit öntözés mellett (I50) B2 kezelés adta a legnagyobb tömegű piacképes bogyót (61,5 g), és öntözés nélkül (I0) a legkisebbet a B1 kezelés (46,7 g). Vízellátástól függetlenül, a B2 és B3 kezelések hatására jelentősen nagyobb tömegű piacképes bogyók képződtek.

2018-ban optimális vízellátás alatt a B3 kezelés adta a legnagyobb tömegű zöld bogyót (43,1 g), és az öntöztelen (I0) B1 kezelés a legkisebbet (19,2 g). Minden öntözési kezelést figyelembe véve elmondható, hogy vízhiányban, azaz öntöztelen (I0) és deficit öntözés mellett (I50) a B2 kezelés volt legnagyobb pozitív hatással a zöld bogyók átlagos tömegére. Öntözés nélkül (I0) és optimális öntözés (I100) alatt, a B1 baktérium kezelés csökkentette a bogyók tömegét a kezeletlen (B0) kontrollhoz képest.

2019-ben az optimális öntözés mellett (I100) B2 és B1 kezelések adták a legnagyobb piacképes bogyótömeget, és a kezeletlenek (I0B0) a legkisebbet. Nem kielégítő vízellátásban (0, I50), a B1 kezelés hatására a bogyók tömege (g) nem változott, míg a B3 kezelés hatására csökkent a kezeletlen kontrollhoz (B0) képest (11. táblázat).

A zöld bogyóknál szintén a B1 kezelés növelte a legjobban a tömeget, és a baktérium nélküli (B0) kezeléseknél és B2-nél voltak a legkisebbek a bogyók.

11. táblázat. Vízellátás (WS) és rhizobaktériumok (PGPR) hatása ipari paradicsom termékenyülésére 2018-2020

Vízellátás (WS)	PGPR	2018				2019				2020			
		Bogyó db/növény	Érett bogyó tömeg (g)	Zöld bogyó tömeg (g)	Bogyó db/növény	Érett bogyó tömeg (g)	Zöld bogyó tömeg (g)	Bogyó db/növény	Érett bogyó tömeg (g)	Zöld bogyó tömeg (g)			
I0	B0	29,38c	54,03a	22,77b	71,75a	52,66a	27,08a	27,93b	53,93	26,20			
	B1	32,95b	46,69b	19,23c	67,88a	49,32a	26,51a	32,73a	50,93	30,85			
	B2	38,70a	57,44a	29,31a	70,15a	43,16b	22,95b	33,10a	53,07	27,19			
<i>átlag</i>	B3	40,63a	54,37a	24,90b	58,95b	44,98b	23,61b	28,53b	64,49	23,71			
	B0	35,41B	53,13B	24,05B	67,18A	47,53A	25,04A	30,56A	55,60A	26,98A			
	B1	37,28c	53,43b	23,40b	69,48ab	52,59a	25,21a	27,23b	58,80	21,61			
I50	B1	43,25b	55,03b	29,49a	76,00a	53,18a	27,81a	29,43b	53,37	19,58			
	B2	44,70ab	61,49a	30,02a	70,53a	49,43a	25,98a	33,50a	52,78	23,56			
	B3	49,38a	58,58ab	29,09a	62,28b	42,99b	26,82a	31,73a	46,11	18,12			
<i>átlag</i>	B0	43,64A	57,11A	27,99B	69,57A	49,55A	26,45A	30,47A	52,76A	20,72A			
	B1	39,10b	57,27a	31,36b	61,55a	41,03b	23,60c	29,63b	52,15	63,09			
	B2	35,20c	54,28a	30,95b	66,75a	54,10a	37,74a	32,50a	49,82	18,52			
I100	B2	42,50ab	55,28a	31,79b	65,58a	56,38a	26,87b	36,83a	48,74	15,49			
	B3	44,30a	57,47a	43,12a	51,30b	52,10a	25,60b	28,65b	47,35	19,54			
	<i>átlag</i>	40,27AB	56,07A	34,30A	61,29A	50,90A	28,45A	31,88A	49,51A	29,16A			
PGPR	B0	35,24b	54,88ab	25,84b	67,59a	48,76	25,30b	28,23b	54,96	36,96			
	B1	37,13b	51,99b	26,56b	70,21a	52,20	30,69a	31,55ab	51,37	22,98			
	B2	41,97a	58,07a	30,37a	68,75a	49,66	25,27b	34,47a	51,53	22,08			
szignifikancia	B3	44,77a	56,80a	32,37a	57,50b	46,69	25,34b	29,63b	52,65	20,45			
	WS	*	**	***	ns	ns	ns	ns	ns	ns			
	PGPR	*	***	†	†	ns	†	**	ns	ns			
	WS x PGPR	ns	†	ns	ns	†	ns	ns	ns	ns			

† P<0.1 \*P<0.05, \*\*P<0.01, \*\*\*P<0.001, I0= öntözés nélkül, I50= deficit öntözés, I100= rendszeres öntözés, B0= baktérium mentes

A szignifikáns különbséget a nagybetű a vízellátás között, a kis betű a baktérium kezelésesek között jelöli. 2018 mérsékeltlen száraz, 2019 száraz, 2020 csapadékos év

2020-ban a legnagyobb piacképes bogyótömeget az I0B3 kezelésnél, míg az I50B3 kezelésnél a legkisebbet mértük. A baktérium kezelések inkább csökkentették az érett bogyók tömegét.

A zöld bogyók tömege az I100B0 kezelésnél volt a legnagyobb. Főleg a B2 és a B3 kezelések csökkentették a zöld bogyók tömegét.

Az öntözés hatását vizsgálva csak 2018-ban tudtunk szignifikáns különbséget kimutatni a kezelések között zöld bogyóknál a három évből (11. táblázat). Ekkor csak az öntözések között és a baktérium kezelések között van szignifikáns különbség, de a piacképes bogyóknál az öntözés és baktérium kezelések közötti kölcsönhatásnál is.

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

## 5. 5. VÍZELLÁTÁS ÉS BAKTÉRIUMOK HATÁSA AZ ÖSSZES FÖLD FELETTI NÖVÉNYTÖMEGRE

Az ipari paradicsom növények 2019-ben rendelkeztek a legnagyobb összes biomasszával (5572,5 t/ha), és 2018-ban a második legnagyobbval (4205 t/ha) (12. táblázat).

2018-ban az öntözött (I50 és I100) kezelések adták a legnagyobb biomassza mennyiséget, és az öntözetlen kezelés (I0) a legalacsonyabbat. A baktérium kezeléseket figyelembe véve elmondható, hogy minden öntözéses kezelésben a B3 baktérium kezelés növelte legnagyobb mértékben a biomasszát. Látható, hogy az első évben a vízellátás és a baktériumok is hatással voltak az összes föld feletti növénytömegre, de a két kezelés kölcsönhatásának kapcsolatát nem tudtuk igazolni.



12. táblázat. Vízellátás (WS) és baktérium kezelések (PGPR) hatása ipari paradicsom összes föld feletti növénytömegére (H-1015 fajta 2018-ban és 2020-ban; UG812J fajta 2019-ben)

		2018	2019	2020
Vízellátás (WS)	PGPR	Összes föld feletti növénytömeg (t/ha)	Összes föld feletti növénytömeg (t/ha)	Összes föld feletti növénytömeg (t/ha)
I0	B0	66,3	132,8	60,3
	B1	66,4	117,9	67,0
	B2	84,7	109,3	70,0
	B3	88,6	93,0	61,4
<i>átlag</i>		76,5 B	113,2	64,7
I50	B0	81,1	130,4	62,7
	B1	93,9	138,6	61,7
	B2	100,4	123,4	66,9
	B3	116,3	92,7	56,2
<i>átlag</i>		97,9 A	121,2	61,9
I100	B0	87,5	107,2	64,5
	B1	78,1	126,7	61,7
	B2	89,8	123,8	67,1
	B3	98,1	97,6	54,7
<i>átlag</i>		88,4 AB	113,8	62,0
PGPRs	B0	78,3 b	123,4 a	62,5 ab
	B1	79,5 b	127,7 a	63,5 ab
	B2	91,6 ab	118,8 a	68 a
	B3	101,0 a	94,4 b	57,4 b
Szignifikancia	WS	*	ns	ns
	PGPR	*	***	**
	WS x PGPR	ns	ns	ns

Az oszlopokban a különböző betűk szignifikáns különbséget jelölik  $P < 0,05$  szinten Duncan-teszt szerint az adott évben. A szignifikáns különbséget a nagybetű a vízellátás között, a kis betű a baktériumkezelések között jelöli

2019-ben az öntözés kezelések között nem mutatható ki jelentős különbség. A baktériumok hatása már sokkal jobban elkülöníthető: a legkisebb biomassza B3 kezelés hatására képződött, amit statisztikailag is tudtuk igazolni (12 táblázat).

2020-ban az öntözetlen kezelés adta a legjobb eredményt, és az I50 a legkevesebbet, de a különbségek minimálisak. Ebben az évben B2 baktériumos kezelés volt az, mely a legjobban

növelte minden öntözéses kezelésben az összes biomassza tömeget, s ezt statisztikailag is tudtuk igazolni (12. táblázat).

## 5. 6. BAKTÉRIUMOK ÉS VÍZELLÁTÁS HATÁSA A TERMÉSHOZAMRA

Az eredményeket vizsgálva megállapíthatjuk, hogy míg 2018-ban a jobb vízellátottság szignifikáns növekedést okozott az érett bogyók termésátlagában, ezzel teljesen ellentétes tendencia figyelhető meg 2019-ben. Ennek oka lehet, hogy májusban az időjárás elég hűvös volt, emiatt nehezebb volt a palántanevelés, és a kiültetés után késleltette a fejlődést és az érés kezdetét is (Ledó 2019). A három vizsgált év közül 2020 volt a legcsapadékosabb. A hirtelen nagy mennyiségben lezúduló esőzések nagy problémát okoztak: a becslések szerint 10-15 százalékkal csökkentette az időjárás a megtermelt paradicsom mennyiségét az egész országban (Balázs, 2020). Mindez bizonyítja, hogy az évjárat hatása erősen tudja befolyásolni a hazai ipari paradicsom terméseredményeket.

13. táblázat. Vízellátás hatása ipari paradicsom termésére és zöld tömegére (H-1015 fajta 2018-ban és 2020-ban; UG812J fajta 2019-ben)

Év	Vízellátás	Összes termés t/ha	Piacképes termés t/ha	Zöld termés t/ha	Beteg termés t/ha	Zöld biomassza t/ha
2018	I0	50,71b	45,45	4,40	0,86b	15,56
	I50	64,97ab	59,26	4,65	1,05	16,16
	I100	72,43a	59,75	9,92	2,71	15,08
2019	I0	116,49a	102,60a	6,58a	7,32	16,27
	I50	111,47a	95,88a	2,74b	12,86	18,89
	I100	74,82b	59,51b	2,73b	12,50	32,43
2020	I0	49,78	40,13	2,52	7,08	10,56b
	I50	51,10	40,33	2,05	8,71	11,61b
	I100	48,40	34,51	1,71	12,21	16,04a

Az oszlopokban a különböző betűk szignifikáns különbséget jelölik  $P < 0,05$  szinten Duncan-teszt szerint az adott évben

Csak a vízellátás hatását figyelembe véve (I0B0, I50B0 és I100B0 kezelések) 2019-ben UG812J fajta adta a legnagyobb összes terméshozamot (116,5 t/ha), és a H-1015 fajta 2018-ban a második legnagyobbat (72,4 t/ha) (13. táblázat). Csak azokat az éveket (2018 és 2020) véve figyelembe, melyben ugyanaz volt a fajta, az I0 kezelések között nem volt nagy eltérés. 2020-

ban I50 és I100 kezelésekben a H-1015 fajta mindkét esetben több, mint 20%-al kevesebb összes termést adott 2018-hoz képest, ami a nagy természetes csapadékmennyiség miatt történhetett. 2019-ben és 2020-ban is az I100 kezelések adták a legkevesebb t/ha-t az öntözetlen (I0) növényekhez képest, míg 2018-ban az öntözetlen (I0) kontroll alacsony termést produkált.

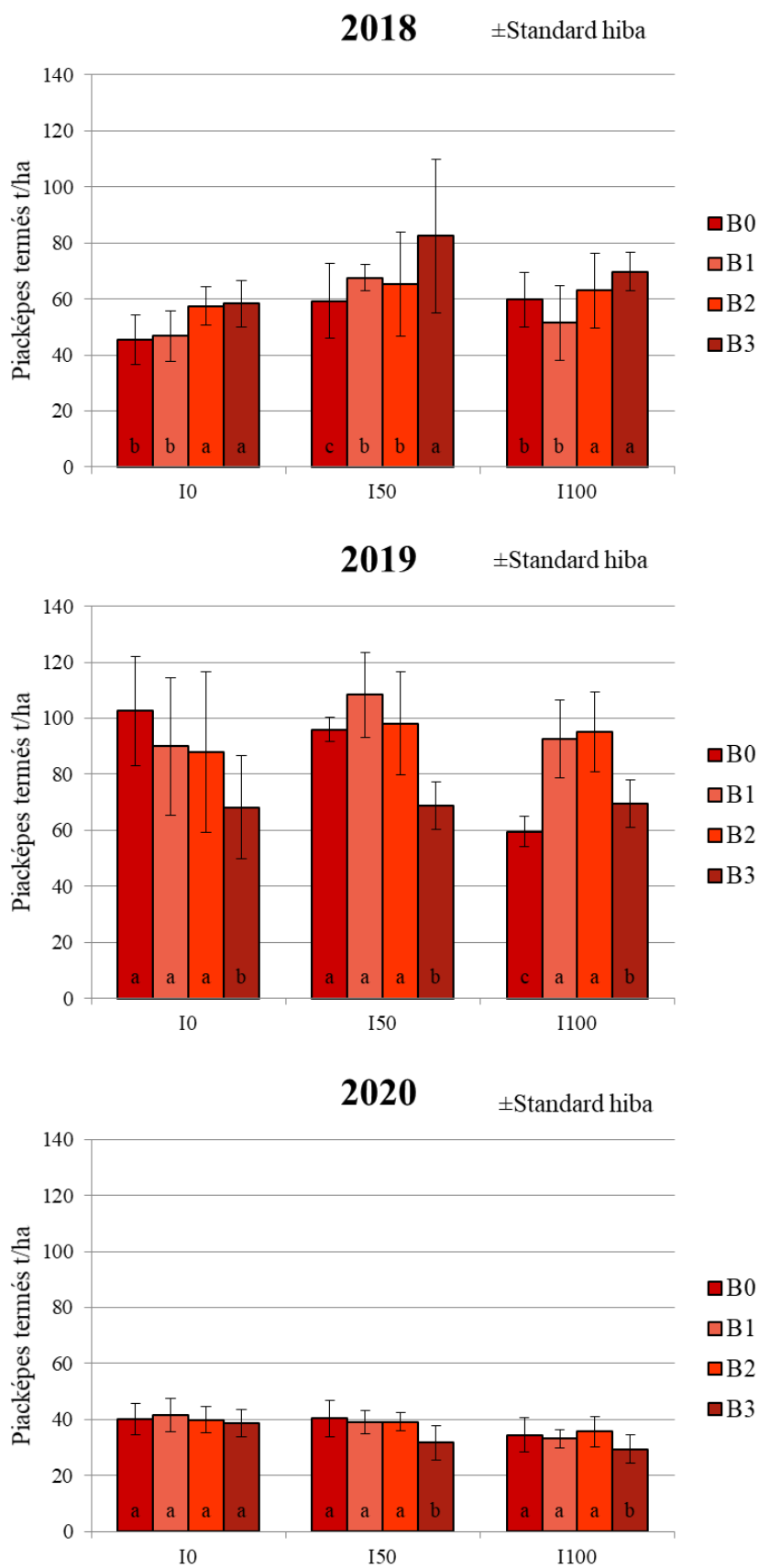
A piacképes termések hasonló módon oszlanak meg, mint az összes terméshozam, csak itt kisebb az eredmények között a különbség – 2019 kivételével nem is mutatható ki szignifikáns eltérés a vízellátások között.

A 2018-ban legnagyobb zöld biomassza mennyiséget az I50 kezelésekben, 2019-ben és 2020-ban pedig az I100 kezelésekben érték el, de szignifikáns különbséget csak az utolsó évben tudtunk kimutatni.

2019-ben jól látható, hogy az I100-as kezelésnél a piacképes termések hozama mennyire alacsony, míg a zöld biomassza kiugróan magas. Arra a megállapításra jutottunk, hogy a fajta az aszályos évben, optimális öntözés mellett nem a termésre fordította a nagyobb energiát, hanem a zöld biomassza képzésére. Ugyanez a tendencia, ha kisebb mértékben is, érvényesült az I50 kezelésnél is. Sajnos ezzel a fajtával még egy év kísérletet nem tudtunk lefolytatni, ezért nem tudhatjuk, hogy a következő alkalommal is így reagálna-e.

2018-ban a zöld bogyótermés mennyiségét növelte az öntözés, míg 2019-ben jelentős mértékben, 2020-ban mérsékelten csökkentette az öntözés nélküli növényekhez képest.

A beteg bogyók hozama azonban mindhárom évben hasonló: minél nagyobb volt a vízellátás, annál több beteg bogyó (t/ha) termett. Statisztikai különbséget a vízellátások között csak 2018-ban tudtunk bizonyítani.



18. ábra. Baktériumkezelések hatása eltérő vízellátásban ipari paradicsom hibridek piacképes termésére (t/ha)

Statisztikailag igazolt az öntözés és a baktérium készítmények hatása a piacképes termésre, és közöttük szignifikáns különbség mutatható ki (14. táblázat). 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, és jelentősen több, 82,5 t/ha piacképes ipari paradicsom termett deficit öntözéssel (18. ábra). Az I100B3 majdnem 13 t/ha-al maradt el az I50B3-tól.

2019-ben statisztikailag az érett terméseknél kimutattuk, hogy szignifikáns különbség volt az öntözés, a baktérium, valamint e két tényező kölcsönhatásának is a piacképes termésátlag alakulására (14. táblázat). Legnagyobb piacképes termést (108,4 t/ha) a B1 kezeléssel és deficit öntözéssel értünk el. A szárazabb 2019-es évben a B3 kezelés negatív hatással volt az UG812J F1 hibrid piacképes termésére (18. ábra).

2020-ban az I0B1 kezelésnél volt a legmagasabb az érett terméshozam: 41,6 t/ha, ezt követte I50B0 (40,3 t/ha) és I0B0 (40,1 t/ha), és csak ezek után következtek a B2-vel kezelt termések. B3 kezelések ebben az évben is csökkentették a piacképes termések számát minden öntözéses kezelésben, mint 2019-ben. Statisztikailag kimutatható a baktériumkezelések közötti különbség.

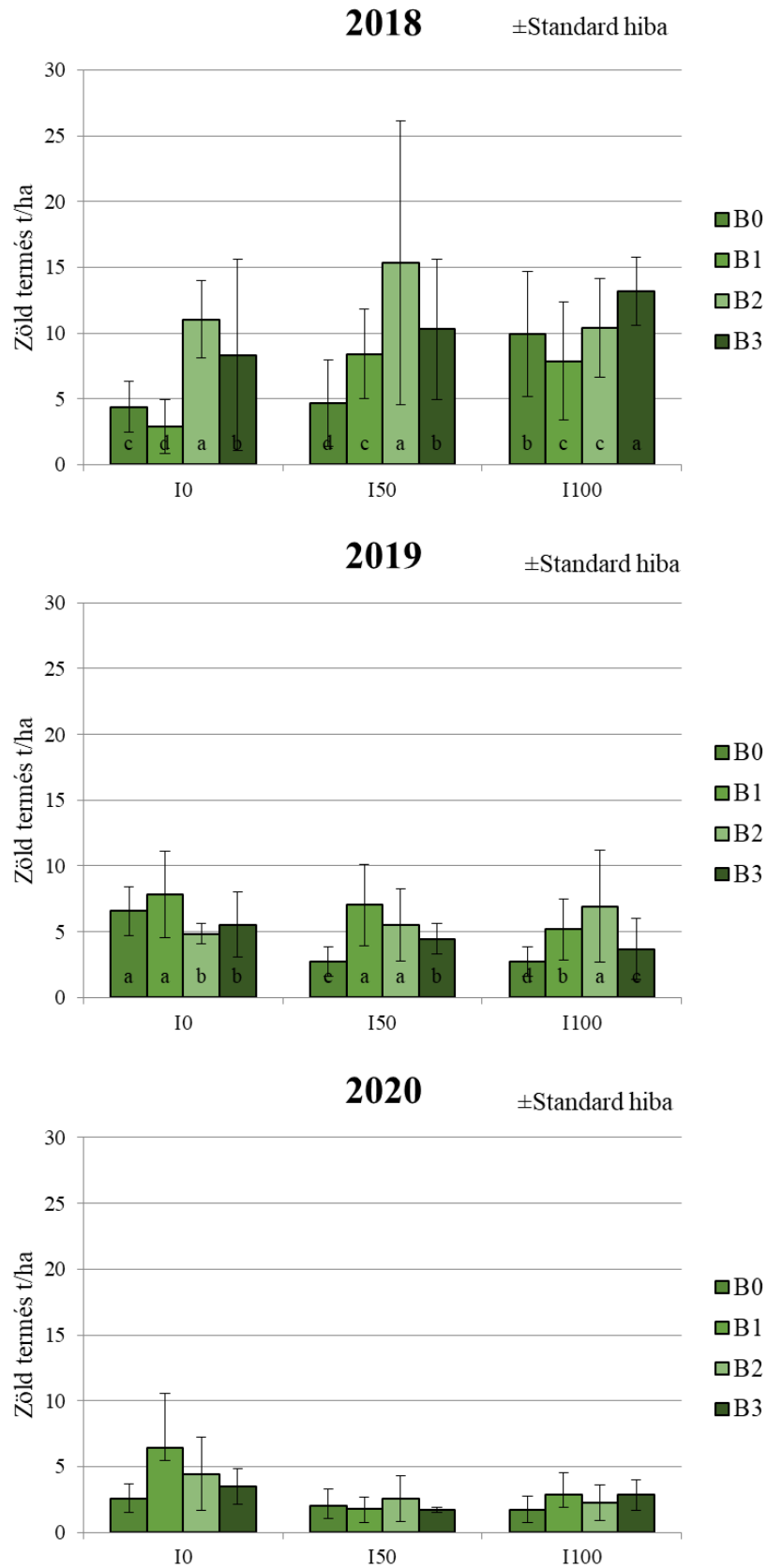
14. táblázat. Vízellátás (WS) és növényi növekedést serkentő rhizobaktériumok (PGPR) hatása ipari paradicsom termésére (2018-2020)

		2018						2019						2020			
Vízellátás (WS)	PGPR	Total	Piackepes	Zöld	Beteg	Total	Piackepes	Zöld	Beteg	Total	Piackepes	Zöld	Beteg	Total	Piackepes	Zöld	Beteg
		termés t/ha	termés t/ha	termés t/ha	termés t/ha	termés t/ha	termés t/ha	termés t/ha	termés t/ha	termés t/ha	termés t/ha	termés t/ha	termés t/ha	termés t/ha	termés t/ha	termés t/ha	termés t/ha
I0	B0	50,71 b	45,45 b	4,40 c	0,86	116,49 a	102,60 a	6,57 a	7,32 a	50,00b	40,13a	2,52a	7,08c				
	B1	50,95 b	46,71 b	2,89 d	1,36	104,14 a	90,04 a	7,85 a	5,37 b	55,00b	41,57a	6,43a	6,85c				
	B2	68,62 a	57,46 a	11,05 a	1,70	95,66 b	87,88 a	4,84 b	2,94 c	56,45a	39,92a	4,43a	12,40a				
<i>átlag</i>	B3	68,83 a	58,27 a	8,32 b	2,25	79,34 c	68,22 b	5,54 b	5,58 b	51,50b	38,71a	3,51a	9,28b				
	B0	59,78 B	51,97 B	6,66 B	1,54	98,91 A	87,18 A	6,20 A	5,30 C	53,31A	40,08 A	4,22 A	8,90 B				
	B1	64,97 b	59,26 c	4,65 d	1,06	111,47 a	95,88 a	2,74 c	12,86 a	51,00b	40,33a	2,05a	8,71c				
150	B1	77,41 b	67,49 b	8,42 c	1,50	123,74 a	108,37 a	7,03 a	8,34 b	51,25b	39,01a	1,76a	10,52b				
	B2	83,54 a	65,30 b	15,36 a	2,89	109,02 a	98,15 a	5,51 a	5,36 c	55,75a	39,11a	2,57a	14,03a				
	B3	93,28 a	82,56 a	10,28 b	2,36	80,32 b	68,75 b	4,45 b	7,12 b	47,00b	31,71b	1,70a	13,62a				
<i>átlag</i>	B0	79,78 A	68,65 A	9,68 A	1,95	106,14A	92,79 A	4,93 A	8,42 B	51,25A	37,54 AB	2,02 B	11,72 AB				
	B1	72,43 b	59,75 b	9,92 b	2,71	74,82 b	59,51 c	2,73 d	12,50 a	48,25b	34,51a	1,71a	12,21c				
	B2	61,62 c	51,45 b	7,87 c	2,30	110,74 a	92,58 a	5,17 b	12,99 a	50,00b	33,15a	2,88a	14,04b				
I100	B2	76,37 b	62,99 a	10,41 b	14,44	110,65 a	95,02 a	6,93 a	8,71 b	56,25a	35,71a	2,23a	18,22a				
	B3	85,01 a	69,72 a	13,16 a	2,14	79,83 b	69,48 b	3,69 c	6,66 c	43,75b	29,36b	2,83a	11,34c				
	<i>átlag</i>	73,86 A	60,98 AB	10,34 A	5,40	94,01 A	79,15 B	4,63 A	10,22 A	49,56A	33,18 B	2,41 B	13,96 A				
PGPRs	B0	62,70 c	54,82 c	6,32 c	1,54	100,92 a	86,00 a	4,02 b	10,89 a	49,75b	38,32a	2,09a	9,33b				
	B1	63,33bc	55,22 bc	6,39 bc	1,72	112,87 a	97,00 a	6,68 a	8,91 a	52,08ab	37,91a	3,69a	10,47b				
	B2	76,18ab	61,91 ab	12,27 a	6,34	105,11 a	93,68 a	5,76 a	5,67 b	56,25a	38,24a	3,08a	14,88a				
Szigifikancia	B3	82,35 a	70,18 a	10,58ab	2,25	79,68 b	68,82 b	4,56 b	6,45 b	47,42b	33,26a	2,68a	11,41ab				
	WS	**	**	*	ns	ns	†	ns	***	ns	**	ns	**				
PGPR	WS x	*	*	*	ns	**	***	*	***	**	ns	ns	***				
	PGPR	ns	ns	ns	ns	†	*	ns	ns	ns	ns	ns	ns				

† P<0.1 \*P<0.05, \*\*P<0.01, \*\*\*P<0.001, I0= öntözés nélkül, I50= deficit öntözés, I100= rendszeres öntözés, B0= baktérium mentes. A szignifikáns különbséget a nagybetű a vízellátás között, a kis betű a baktérium kezelésekk között jelöli. 2018 mérsékelen száraz, 2019 száraz, 2020 csapadékos év. 2019-ben UG812J, 2018 és 2020 H-1015 F1 hibridek voltak

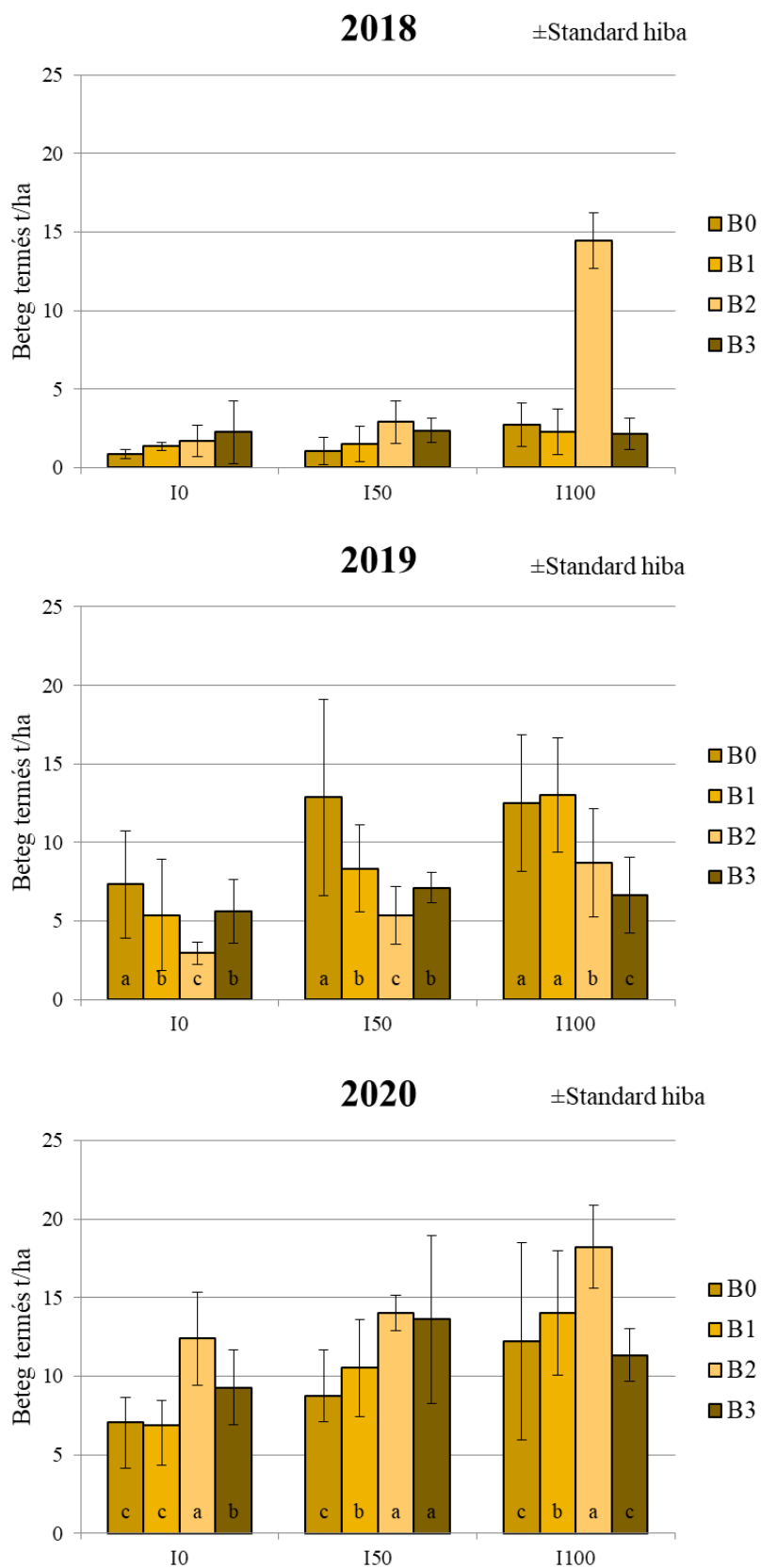
Mondani és munkatársai (2019) szójával és PGPR-el végzett kísérleteiben *Bacillus licheniformis*-t és *Bacillus subtilis*-t használtak, hasonlóan az általunk alkalmazott B2 baktérium kezeléshez, melynek két összetevője is *Bacillus* fajta (*Bacillus sp. BARI6* és *Bacillus sp. PARI1*). Bebizonyították, hogy a PGPR elősegítheti a szójabab termését vízhiányos stressz alatt, valamint a PGPR-ek közül a *Bacillus licheniformis* jobban növelte a szója magtermését, olaj és fehérje tartalmát, mint a *Bacillus subtilis*. Kísérletünkben kimutattuk, hogy B2 kezelések a B0 kontroll kezeléshez képest minden évben zömében növelték a piacképes terméshozamot, 2019-ben és 2020-ban sokkal jobban teljesítve B3 baktérium kezelésnél is.

Sharifi és Ryu (2017) arról is beszámoltak, hogy a PGPR fokozza az abszcizinsav bioszintézisét (ABA) a vízhiányos stressz alatt álló növényekben, ezáltal csökkentve a vízpárolgást. Egy másik kísérletben a szőlő *Bacillus licheniformis*-szal történő oltása a vízhiányos stressz alatt 70%-kal növelte az ABA termelést (Salomon et al. 2014). Dodd és munkatársai (2010) bizonyították, hogy az ABA növeli a növények szárazságtűrő képességét azáltal, hogy elősegíti a sztómazáródást, ami csökkenti a sztómák transzspirációját, valamint növelheti az elsődleges gyökér megnyúlását, ezáltal a növény több vízhez jut.



19. ábra. Baktériumkezelések hatása eltérő vízellátásban ipari paradicsom hibridek zöld termésére (t/ha)





20. ábra. Baktériumkezelések hatása eltérő vízellátásban ipari paradicsom hibridek beteg termésére (t/ha)

Vízhiányban (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 2018-ban (19. és 20. ábra). A B2 kezelés hatására jelentősen emelkedett a beteg termés mennyisége a jó vízellátásban részesült növényeknél. Annak ellenére, hogy a B2 jobban teljesített a B1-nél és a B0-nál az össztermést nézve, rendszeres öntözéssel együtt növelte a zöld és beteg paradicsomok mennyiségét is. A zöld bogyóknál kimutatható szignifikáns különbség van öntözéses és baktérium kezelések között is, azonban a beteg termés esetében statisztikailag nincs különbség egyik kezelésnél sem (14. táblázat). 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 öntözés nélkül (I0), a B2 és a B3 kezelést alkalmazva jelentősen csökkent a zöld termésátlag, és kevesebb volt a piacképtelen termés mennyisége is (19. ábra és 20. ábra). Statisztikailag a zöld bogyóknál csak a baktérium kezelések között van szignifikáns különbség, míg a beteg bogyóknál az öntözések között is (14. táblázat).

2020-ban az öntözések csökkentették a zöld bogyótermés mennyiségét, ami statisztikailag is kimutatható, ellentétben a baktérium kezelésekkel, ahol nincs szignifikáns különbség. Az öntözések növelték a beteg termés mennyiségét, míg a baktérium kezelések közül főleg a B2 kezelésnél figyelhető ez meg (20. ábra). Az öntözések és a baktériumkezelések között is kimutatható statisztikai különbség a piacképtelen terméseknél (14. táblázat).

## 5. 7. AZ ÉLETTANI TULAJDONSÁGOK BEFOLYÁSA A GENERATÍV SZAKASZOK ALATT

A paradicsom növény vízfelvétele a kötődés és bogyónövekedés ideje alatt a legintenzívebb. Ez idő alatt a fellépő vízhiány csökkenti a virágok kötődését, a bogyók számát és az átlagtömegét, ami rendszeres öntözéssel mérsékelhető (Helyes és Varga 1994). Korábbi tanulmányban kimutattuk, hogy Phylazonit baktérium készítmény az öntözés nélkül termesztett paradicsomnál virágzástól bogyókötődésig növelte a klorofill fluoreszcencia (Fv/Fm) mértékét, de jelentős mértékű termésnövekedés csak mérsékelt vízhiányban mutatható ki (Horváth és társai 2019).

15. táblázat. Baktériummal kezelt növények generatív\* szakasza alatt az élettani tulajdonságok befolyása az összes termésre eltérő vízellátás alatt

Év	Vízellátás	Élettani tulajdonság/összes termés	Regressziós koefficiens (r)
2018	I0	Klorofill fluoreszcencia (Fv/Fm)	-0,2803
		SPAD	0,0999
		Levél hőmérséklet (°C)	-0,5188
	I50	Klorofill fluoreszcencia (Fv/Fm)	-0,5363
		SPAD	-0,6029
		Levél hőmérséklet (°C)	0,8187
	I100	Klorofill fluoreszcencia (Fv/Fm)	0,1397
		SPAD	0,2330
		Levél hőmérséklet (°C)	0,4846
2019	I0	Klorofill fluoreszcencia (Fv/Fm)	0,3411
		SPAD	-0,2722
		Levél hőmérséklet (°C)	-0,0877
	I50	Klorofill fluoreszcencia (Fv/Fm)	0,1430
		SPAD	0,2790
		Levél hőmérséklet (°C)	0,0737
	I100	Klorofill fluoreszcencia (Fv/Fm)	0,3145
		SPAD	0,2955
		Levél hőmérséklet (°C)	0,3892
2020	I0	Klorofill fluoreszcencia (Fv/Fm)	0,5318
		SPAD	0,0403
		Levél hőmérséklet (°C)	0,1259
	I50	Klorofill fluoreszcencia (Fv/Fm)	0,0375
		SPAD	0,1755
		Levél hőmérséklet (°C)	0,1377
	I100	Klorofill fluoreszcencia (Fv/Fm)	0,2969
		SPAD	0,1458
		Levél hőmérséklet (°C)	0,0354

\*Virágzástól bogyóképződésig

A baktériumkezelések virágzástól bogyóképződésig befolyásolják az élettani tulajdonságokat, legfőképp 2018-ban (15. táblázat). Ez idő alatt mérsékelt száraz évben (2018) a levélfelület hőmérséklet a termést öntözés nélkül (I0) és deficit öntözés (I50) mellett jelentősen, jó vízellátásban (I100) gyengébben befolyásolja. Deficit öntözés mellett a klorofill fluoreszcencia, a SPAD érték és a termés kapcsolata jelentős, ez alapján Fv/Fm 0,728 érték és 49 SPAD érték mellett 74,8 t/ha termés érhető el.

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.

## 5. 8. VÍZELLÁTÁS HATÁSA A MINŐSÉGI TULAJDONSÁGOKRA

A feldolgozóipar számára igen fontos az érett termés szárazanyag tartalma (BRIX). A BRIX értékét számos tényező befolyásolhatja: a fajta, a bogyó érettségi állapota, valamint a környezeti paraméterek, mint a hőmérséklet, a besugárzás, a tápanyag- és vízellátottság (Sass-Kiss et al. 2005).

A C-vitamin (aszcorbinsav) egy erőteljes antioxidáns, ami a karotinoidok és az E-vitamin hatását segíti. Az immunrendszert erősíti, fokozza a fehérvérsejtek működését, növeli a csecsemőmirigy aktivitását és csökkenti az asztmás és allergiás tüneteket. Szükséges a noradrenalin és az endorfin képződéséhez (Varga és Gilingerné 2008).

16. táblázat. Vízellátás hatása ipari paradicsom minőségi tulajdonságaira (H-1015 fajta 2018-ban és 2020-ban; UG812J fajta 2019-ben)

Év	Vízellátás	BRIX	C-vitamin (µg/g)
2018	I0	4,25 a	51,84 a
	I50	3,64 b	43,34a b
	I100	3,37 b	39,64 b
2019	I0	4,10 a	82,32 a
	I50	3,43 a	89,06 a
	I100	3,50 a	91,12 a
2020	I0	4,64 a	35,85 a
	I50	4,00 b	37,68 a
	I100	3,40 c	33,15 a

Az oszlopokban a különböző betűk szignifikáns különbséget jelölik P<0,05 szinten Duncan-teszt szerint az adott évben

Sokéves vizsgálatok bizonyították, hogy az öntözés hatására csökken a paradicsomokban a vízben oldható szárazanyag tartalom. A 16. táblázatból látható, hogy csak a vízellátás hatását

figyelembe véve, mindhárom évben az öntözetlen (I0) állományoknál volt a legnagyobb szárazanyag tartalom. H-1015 fajta adta a legnagyobb BRIX tartalmat (4,64), azon belül is 2020-ban, míg az optimális öntözésű (I00) kezelések adták a legalacsonyabbat (3,37), itt 2018-ban. A hiányos öntözés (I50) mindkét évben csökkentette a szárazanyag tartalmat legalább több mint 12%-al.

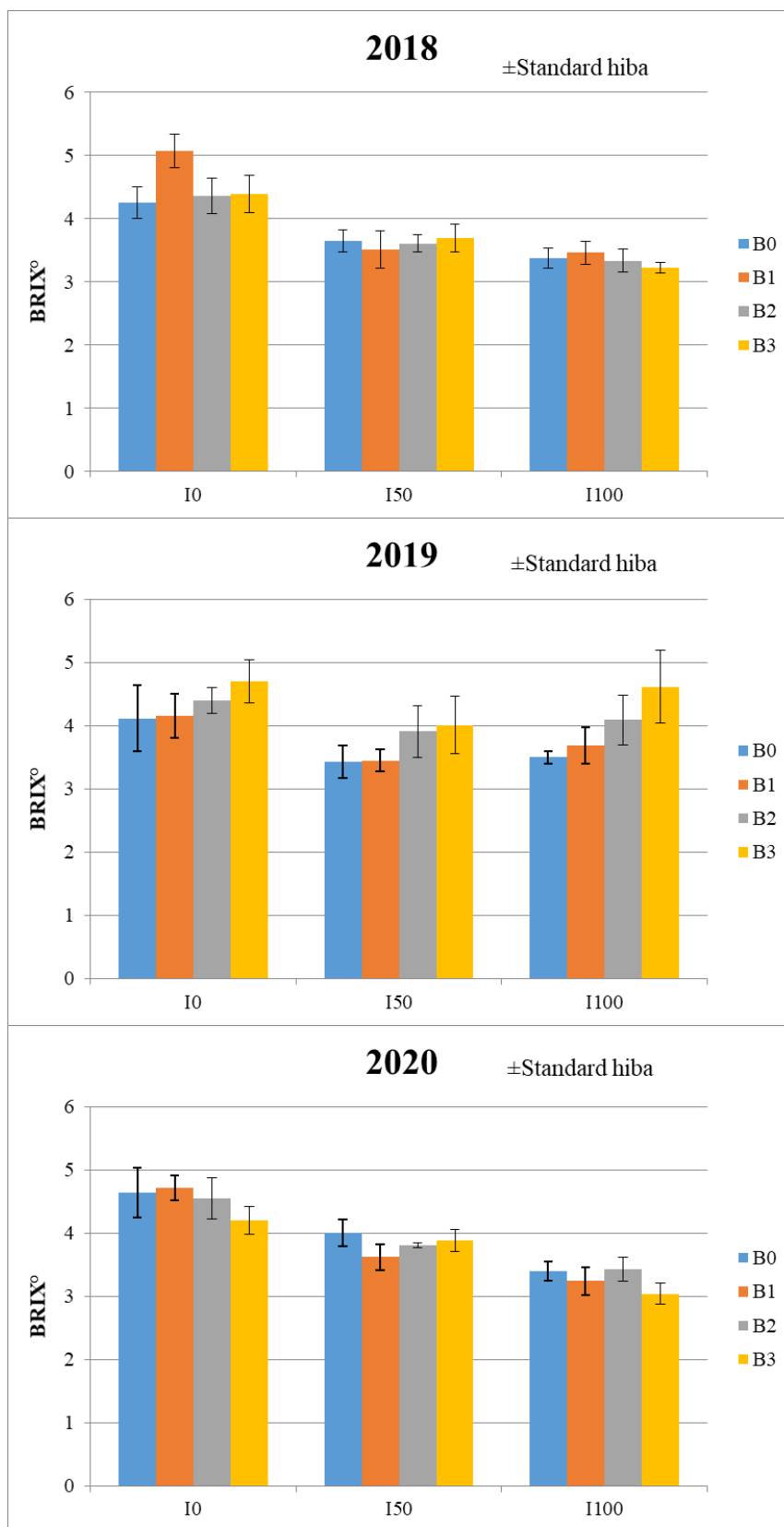
Az UG812J fajta 2019-ben annyiban különbözött a másik paradicsom fajtától, hogy a nem kielégítő öntözés (I50) hatására kevesebb szárazanyag képződött, mint az optimális öntözésű (I100) kezelésben. Bár a 2019-es és 2018-as év is szárazabb volt 2020-nál, így is bebizonyosodott, hogy a H-1015 fajta öntözetlen és mérsékelt öntözésnél is nagyobb BRIX tartalommal rendelkezik, évjáratról függetlenül.

Deák és társai (2013) ellenben azt bizonyították kísérleteikben, hogy egy melegebb és szárazabb év bogyóinak BRIX° értékei még az öntözött állományokban is magasabbak voltak, mint egy hűvösebb és csapadékosabb év öntözetlen állományából származóké. Kísérletükben az Uno Rosso F<sub>1</sub> determinált hibridet használták. Összességében mindkét évjáratnál beigazolódott, hogy az öntözés hatását a termésmennyiségre és minőségre nagymértékben befolyásolják a növekedési időszak környezeti feltételei, különösen a hőmérséklet és a csapadék mennyisége, azonban fontos tényező a fajta is, s annak minőségi tulajdonságai.

A 16. táblázat azt mutatja, hogy csak a vízellátás hatását figyelembe véve, nem csak a fajtának, hanem az évjáratnak is nagy hatása van a C-vitamin tartalomra. A két fajta közül az UG812J fajta termésében nagyobb a C-vitamin tartalom. 2019-ben, mely a legszárazabb volt a három közül, az öntözés növelte a C-vitamin tartalmat, bár ezt statisztikailag nem tudtuk bizonyítani.

A H-1015 fajta termése magasabb C-vitamin tartalmú volt a mérsékelt száraz évben (2018), mint a jóval csapadékosabb 2020-as évben. Ennél a fajtánál 2018-ban az öntözetlen kezeléseknél volt több a C-vitamin tartalom, míg 2020-ban az I50-es kezeléseknél. Az öntözés és a nagyobb csapadék csökkentették a minőségi paramétereket, s 2020-ban még az öntözetlen kontroll (I0) is kevesebb C-vitamint adott. Szignifikáns különbséget csak 2018-ban tudunk kimutatni.

## 5. 9. BAKTÉRIUMKEZELÉS HATÁSA A MINŐSÉGI TULAJDONSÁGOKRA



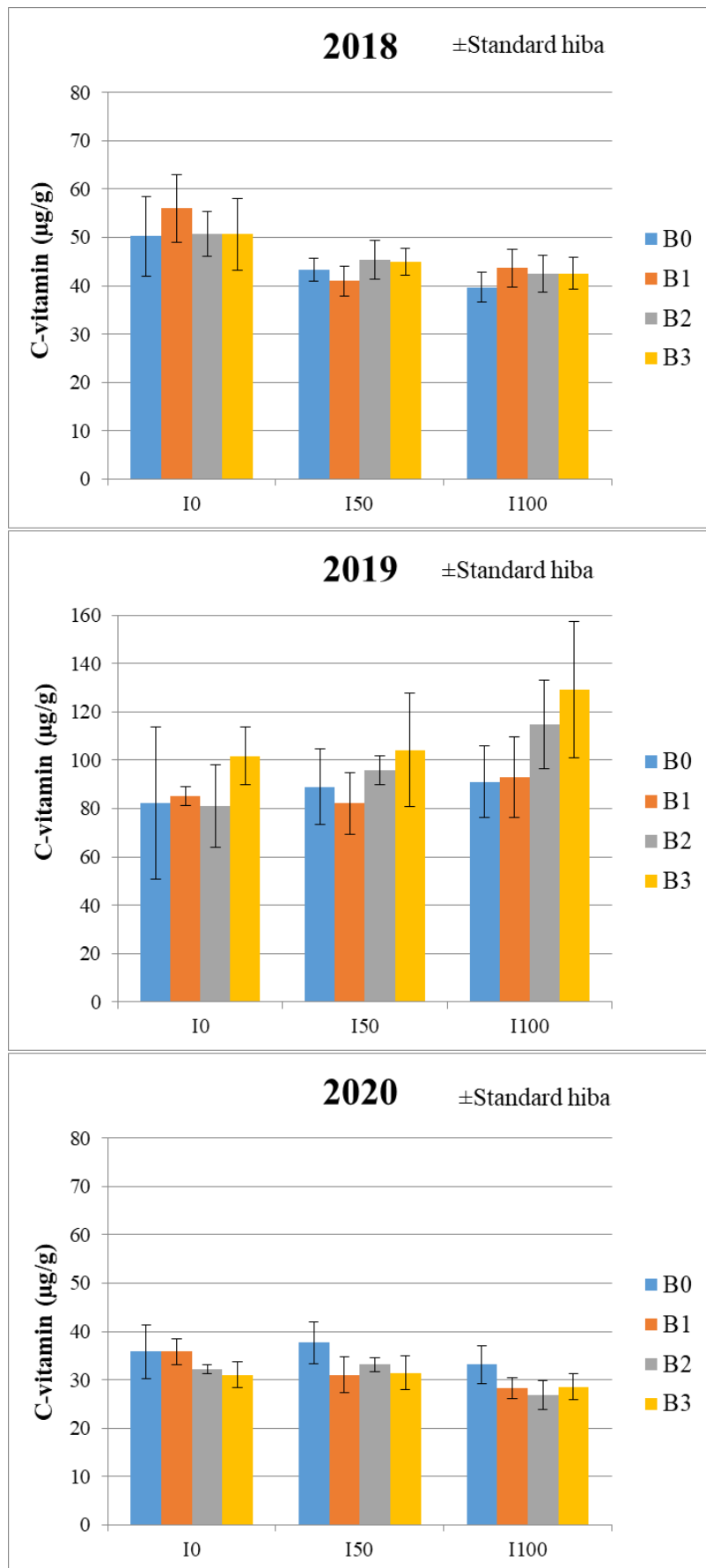
21. ábra. Vízellátás és növényi növekedést segítő baktérium törzsek hatása ipari paradicsom hibridek szárazanyag tartalmára (2018-ban és 2020-ban H-1015, 2019-ben UG812J)

H-1015 hibridnél mérsékelten száraz (2018) és csapadékos (2020) évben, öntözés nélkül a legnagyobb oldható szárazanyag tartalmat a B1 kezelés biztosította (5,08 illetve 4,72 BRIX°) (21. ábra). Ebben a két évben nem csak a baktériumoknál és az öntözésnél külön-külön, hanem a baktérium és az öntözés együttes hatásánál is kimutattunk szignifikáns hatást (1. melléklet táblázat).

Az eredmények azt mutatták (21. ábra), hogy száraz (2019) évben, az öntözés nélkül termesztett UG812J paradicsom hibrid növényeknél a B3 kezelés, míg vízhiányos „deficit” öntözés (I50) mellett a B2 és B3 kezelések jelentősen növelték a paradicsom bogyók vízdoldható szárazanyag tartalmát a kontrollhoz (B0) képest.

2019-ben öntözés nélkül és rendszeres öntözés mellett, az UG812J F1 paradicsomnál a B3 kezelés alkalmazásával érhető el a legmagasabb vízdoldható szárazanyag tartalom (4,7 és 4,62 BRIX°). Statisztikai különbséget tudtunk kimutatni az öntözési és a baktérium kezelések között is (1. melléklet táblázat). A két fajtát összehasonlítva elmondható, hogy H-1015 hibrid paradicsom adta a legmagasabb oldható szárazanyag tartalmat (2018-ban IOB1: 5,08 BRIX°), valamint a legalacsonyabbat is (2020-ban I100B3: 3,03 BRIX°). A 2020-as év azonban jóval csapadékosabb volt, mint a másik két év, ami miatt még jobban csökkent a szárazanyag tartalom az öntözött kezelésű bogyókban. Csak az öntözés nélküli kezeléseket figyelembe véve 2020-ban is jobban teljesített a H-1015 fajta az UG812J fajtánál. UG812J hibridnél minden kezelés között kisebb volt a különbség, mint a másik fajtánál.

A paradicsom fajták termésében a C-vitamin tartalom nagymértékben különbözik; a H-1015 fajta termésében, függetlenül az évektől, alacsonyabb, mint az UG812J fajtáéban. Csapadékos évben (2020) a H-1015 fajta jó vízellátásban alacsony C-vitamin tartalmú bogyókat termelt. 2018-ban csak az öntözésnek, 2020-ban az öntözésnek és baktérium kezeléseknak volt jelentős hatása a bogyók C-vitamin tartalmára (2. melléklet).



22. ábra. Vízellátás és növényi növekedést segítő baktérium törzsek hatása ipari paradicsom C-vitamin tartalmára (2018-ban és 2020-ban H-1015, 2019-ben UG812J)



2018-ban az öntözött növényeknél (I100, I50) nem érvényesült a baktérium kezelések pozitív hatása. Öntözés nélkül a B1 kezelés is csak 8%-kal nagyobb C-vitamin tartalmú termést produkált, mint a kezeletlen (B0) növények (22. ábra). Statisztikailag a baktérium kezeléseknél nincs szignifikáns hatása a C-vitaminra, csak az öntözésnek.

2020-ban deficit öntözés mellett (I50) a H-1015 fajta kezeletlen növényei (B0) termelték a legmagasabb C-vitamin tartalmú bogyókat (37,68  $\mu\text{g/g}$ ), ami 13%-kal kevesebb volt a 2018-as évben termettektől. A legalacsonyabb C-vitamin tartalmú termést a rendszeres öntözés mellett takarítottunk be, ami a baktérium kezelése ellenére a 30  $\mu\text{g/g}$ -t sem érte el. Erre az évre jellemző, hogy a baktériumok negatívan befolyásolták a C-vitamin tartalmat, s minden öntözési kezelésben a kontrollok rendelkeztek a legmagasabb eredményekkel. Kimutattuk, hogy öntözés nélkül és B1 kezeléssel kívül a többi baktériumkezelés hatására jelentősen alacsonyabb a C-vitamin tartalom, mint a kezeletlen (B0) termésben, öntözött (I50, I100) körülmények alatt.

2019-ben, az UG812J fajtánál a B3 kezelés volt a legnagyobb pozitív hatással a termés C-vitamin tartalmára (22. ábra). Jó vízellátásban (I100) volt a legmagasabb a C-vitamin tartalom (I100B3: 129,18  $\mu\text{g/g}$ ), és az öntözetlennél a legalacsonyabb (I0B2: 80,93  $\mu\text{g/g}$ ), ami statisztikailag is kimutatható. Megállapítható, hogy a baktérium kezeléseknél nagyobb hatással voltak a C-vitamin tartalomra, mint az öntözés.

## 6. 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).

Az UG821J ipari paradicsom hibrid adta a legnagyobb összes terméshozamot (t/ha), s mérsékelt öntözéssel nőtt a piacképes termések hozama is. A baktérium kezelések közül B3 kezelés használatával öntözés nélkül és rendszeres öntözés mellett jó szárazanyag tartalom érhető el. Ez a fajta adta a legnagyobb C-vitamin tartalmat is a két fajta közül, amit a jó vízellátás még jobban növelt. B3 kezelés volt a legnagyobb pozitív hatással a termés C-vitamin tartalmára, azonban ez a kezelés csökkentette a piacképes terméshozamot (t/ha).

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, évjárástól függetlenül, amit a B1 kezelés növelt a legjobban. A csapadékosabb években a nagyobb vízellátás már nem növelte, hanem inkább csökkentette a C-vitamin tartalmat. A baktériumok hatása nem, inkább az öntözés hatása érvényesült jobban a C-vitaminnál. 2018-ban deficitöntözés mellett tudtuk legjobban kimutatni, a klorofill fluoreszcencia és a SPAD jelentős kapcsolatát a terméssel.

Vizsgálataink során a különböző PGPR törzset tartalmazó baktérium készítmények segítettek a paradicsom növények fotoszintézisét és a fejlődését a vízhiány stressz mértékétől függően, azonban a fajták között lévő kölcsönhatás alapján, pozitív vagy negatív hatással voltak a mennyiségi és minőségi tulajdonságokra. Az eredmények azt mutatták, hogy baktérium

kezelések hatása nagyban függ a fajtától és a környezeti tényezőktől, ami további vizsgálatokat igényelnek a jövőben.

Fontos kiemelni, hogy az alkalmazott baktérium készítmények több különböző törzsek keverékéből álltak. Nem mindegyik baktérium léphet, vagy léphetett szimbiotikus kölcsönhatásba a növényvel, ezáltal eltérő lehet a hatásuk a növény fotoszintézisére, termésképzésére. Kutatások már kimutatták szójában, hogy elsősorban száraz talajviszonyoknál van nagyobb jelentőségük a növények fejlődésére (Mondani et al. 2019), de kevés adat van az ipari paradicsom és a PGPR-ek kapcsolatáról. A mi eredményeink azt mutatták, hogy például a B2 és a B3 baktérium készítmények hozzájárulnak, hogy a növények hosszabb ideig fenntartsák a fotoszintézist, ami elhúzódó érést, nagyobb mennyiségű zöld, egészséges termést, de kevesebb piros piacképes termést okoz.

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. Úgy gondolom, ez még egy fejlődő kutatás a legalkalmasabb baktérium törzsek kiválasztására, ami a szabadföldi ipari paradicsom termesztésben hatékonyan felhasználható.

## 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. Mérsékeltlen száraz évben B2 és B3 kezelés jelentősen csökkentette a klorofill fluoreszcenciát (Fv/Fm), növelte a levélfelület hőmérsékletet 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 mérsékeltlen száraz évben deficit öntözés 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 mérsékeltlen száraz évben deficit öntözés mellett a B2 és B3 baktérium kezelések szignifikánsan növelték a piacképes és zöld terméshozamot.
6. Száraz évben deficit öntözés 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 deficit öntözés mellett a B3 baktérium kezelés 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.

## 7. ÖSSZEFOGLALÁS

Hazánkban is újra egyre jobban növekszik a paradicsom termesztése, és emiatt fontos folyamatos vizsgálatokkal segíteni gazdaságos termesztését. A paradicsom számos egészségvédő hatása miatt ételeink egyik fő összetevője: előnyös a betegségek megelőzése szempontjából, mivel csökkentheti a rák, a csontritkulás, a vérnyomás, a koleszterinszint, valamint a vércukorszint növekedésének kockázatát.

A környezetünkben beállt változások, legfőképp az átlaghőmérséklet növekedése, globálisan korlátozza a mezőgazdasági termelést. Jelenleg is folyamatosan nő az aszály veszélye és csökkennek a vízkészletek, tehát fontos a megfelelő öntözési és tápanyag technológiák kidolgozása és felhasználása, s ebben fontos szerepet játszanak a növények stressz reakcióinak megismerése és az élettani tulajdonságok – mint a klorofill, vagy a levélhőmérséklet – mérése.

A növényi növekedést elősegítő rhizobaktériumok (PGPR) javíthatják a növények növekedését, termelékenységét és ellenállóságát stressz körülmények alatt. Három éves kísérletünk célja volt, hogy feltérképezzük a kiválasztott ipari paradicsom fajták biotikus stressz tűrését és stresszre való reakcióját, az élettani hatásokat vizsgálva. Arra is kerestük a választ, hogy a felhasznált baktériumkészítmények az öntözéses kezelések mellett mennyire tudják kifejteni hatásukat, és ellensúlyozzák-e a fellépő stresszeket, vagy javítják-e a termékek hozamát és minőségét. Végül megfigyeltük a megjelent stresszek hatását a termés minőségi, mennyiségi és beltartalmi tulajdonságaira, amit statisztikailag is kielemeztünk.

Gödöllői szabadföldi kísérletünk során két ipari paradicsom fajtát vizsgáltunk: 2018-ban (mérsékelt száraz év) és 2020-ban (csapadékos év) a H-1015, míg 2019-ben (száraz év) az UG812J hibrideket. 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, négy ismétlésben kerültek kivitelezésre, s az öntözés csepegtető öntözőberendezéssel történt. Három öntözéses kezelést alkalmaztunk: optimális (I100), deficit (I50) és kontroll (I0), melyet az  $ET_c = ET_0 \times K_c$  egyenlet segítségével állítottunk be.

Folyamatos műszeres vizsgálatokat folytattunk virágzástól a betakarításig: klorofill fluoreszcenciát, relatív klorofill tartalmat, levélhőmérsékletet és talajnedvességet mértünk. Végül mindhárom évben minden parcellából 10-10 növényt takarítottunk be, amelyek bogyótermését 3

csoportba - érett, zöld és piacképtelen – soroltuk, és laboratóriumban szárazanyag és C-vitamin tartalom meghatározást végeztük.

Megállapítottam, hogy a jó vízellátás csökkenti a levélhőmérsékletet mérsékelten száraz (2018) és száraz évben (2019). A levél relatív klorofill tartalma (SPAD érték) jelentősen csökken deficit és rendszeres öntözés mellett igen száraz (2019) és csapadékos (2020) évben az öntöztelen növényekhez (I0) képest.

A baktériumok hatását vizsgálva megállapítottam, hogy 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 fenntartják a fotoszintézist (Fv/Fm és SPAD azonos a kezeletlen kontrollal), de a B1 baktérium csökkenti a klorofill fluoreszcenciát (Fv/Fm).

A növények termékenyülése az évjárártól függően változott; 2019-ben növényenként a legtöbb piacképes bogyót, a legtöbb zöld bogyót 2018-ban, és legtöbb beteg bogyót 2020-ban mértük. 2018-ban deficit öntözés alatt (I50), a B3 baktériummal kezelt növényeken képződött a legtöbb piacképes bogyó a kezeletlen növényekhez képest. 2019-ben deficit öntözés alatt (I50) a legtöbb piacképes bogyó a B1 baktérium kezelt növényeken képződött, míg 2020-ban az öntöztelen (I0) körülmények alatt, a B1 és B2 kezelések hatására.

2018-ban a piacképes bogyók tömege (g) deficit öntözés (I50) alatt volt a legnagyobb, 2019-ben az optimális öntözésnél (I100), 2020-ban pedig az öntöztelen (I0) növényeknél. 2018-ban deficit öntözés (I50) mellett B2 és B3 kezelések adták a legnagyobb piacképes bogyótömeget, és a baktériummal nem kezelték a legkisebbet. 2019-ben az I100 B2 és B1 kezelések adták a legnagyobb piacképes bogyótömeget, és az I100B0 a legkisebbet. A B1 minden öntözéses kezelésben növelte a bogyótömeget, míg a B3 inkább csökkentette. 2020-ban a piacképes bogyóknál az öntöztelen (I0) B3 kezelés adta a legnagyobb bogyótömeget, és az I50B3 kezelés a legkisebbet, és a baktériumok alkalmazása összességében csökkentette a bogyók tömegét.

Csak az öntözés hatását vizsgálva, 2019-ben az UG812J fajta adta a legnagyobb összes terméshozamot (t/ha). 2019-ben és 2020-ban is az I100 kezelések adták a legkevesebb t/ha-t, míg 2018-ban az öntöztelen (I0) kontroll.

A baktériumok hatását figyelembe véve, mérsékelten száraz (2018) évben a B3 kezelés pozitív hatása a piacképes termésekre öntözés nélkül és deficit öntözés mellett is érvényesült. A száraz 2019-es évben a legnagyobb piacképes termést mérsékelt vízhiányban (I50) a B1 kezeléssel értünk el. Csapadékos (2020) évben öntözés nélkül (I0) a B1 kezeléskor volt a legmagasabb az érett terméshozam, és a B3 kezelések – hasonlóan a 2019-es évhez – csökkentették a piacképes termések számát minden öntözési kezelésben.

2018-ban a deficit öntözés mellett a klorofill fluoreszcencia (Fv/Fm), a SPAD érték és a termés kapcsolata szoros. Mérsékelten száraz (2018) évben, a baktériummal kezelt növényeknél, a levélfelület hőmérsékletnek, vízellátástól függően, jelentős befolyása volt a termésre. A 2019-es száraz évben a baktériummal kezelt növényeknél nem volt jelentős kapcsolat a generatív szakasz alatt mért élettani tulajdonságok és a termésmennyiség között. A csapadékos 2020-as évben csak az öntözés nélküli, baktériummal kezelt növényeknél mutatható ki az Fv/Fm és termés között jelentős kapcsolat.

A vízoldható szárazanyag tartalmat ( $^{\circ}$ BRIX) nagyban befolyásolja az öntözés. Mindhárom évben az öntözetlen (I0) állományoknál volt a legnagyobb szárazanyag tartalom. A H-1015 paradicsomfajta öntözetlen és mérsékelt öntözésnél is nagyobb BRIX értékkel rendelkezett, évről-évre függetlenül, mint az UG821J paradicsomfajta. A baktériumkezelések hatására évtől és fajtától függően változott a termés  $^{\circ}$ BRIX értéke: a H-1015 hibridnél mérsékelten száraz (2018) és csapadékos (2020) évben is a legnagyobb oldható szárazanyag tartalmat a B1 kezelés biztosította az öntözetlen kezelésben. A száraz 2019-ben öntözés nélkül és rendszeres öntözés mellett az UG812J F<sub>1</sub> paradicsomnál a B3 kezelés alkalmazásával érhető el a legmagasabb a szárazanyag tartalom.

A két paradicsomfajta közül az UG812J termése tartalmazta a nagyobb C-vitamin tartalmat. Különösen nagy volt optimális öntözés (I100), így megállapítható, hogy a jó vízellátás növeli a C-vitamin tartalmat száraz évben. A H-1015 fajtánál a mérsékelten száraz 2018-as évben az öntözetlen növények termésében volt legnagyobb a C-vitamin tartalom, míg a csapadékos 2020-ban alacsonyabb volt. A csapadékosabb években a nagyobb vízellátás csökkentette a C-vitamin tartalmat a bogyókban.

2018-ban és 2020-ban is bebizonyosodott, hogy az öntözött növényeknél nem érvényesült a baktérium kezelések pozitív hatása. Egyedül az öntözés nélküli és B1 baktériummal kezelt kezelésben őrizhető meg a bogyók C-vitamin tartalma. 2019-ben, az UG821J fajtánál a B3

kezelés volt a legnagyobb pozitív hatással a termés C-vitamin tartalmára, s bebizonyítottuk, hogy a baktérium kezelések nagyobb hatással voltak a C-vitamin tartalomra, mint az öntözés.



## 8. SUMMARY

The cultivation of tomatoes is growing more and more in Hungary, and for that reason it is important to help its economical cultivation with continuous research. Tomatoes are one of the main ingredients in our foods because of their many health-promoting effects: they are beneficial in preventing diseases, as they can reduce the risk of cancer, osteoporosis, blood pressure, cholesterol, and high blood sugar.

While the water supplies is constantly decreasing, the risk of drought is getting bigger and bigger, so it is important to develop, and use appropriate irrigation and nutrient technologies, and to learn about plant stress responses and measure physiological properties such as chlorophyll or leaf temperature.

Plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) can improve the growth, productivity and tolerance of plants under stress conditions. The aim of this study was to investigate the effect of PGPRs on the physiological traits related to photosynthesis, canopy temperature (CT) and the yield of tomato hybrids under water scarcity in open field conditions.

The purpose of our three-year field experiment with industrial tomatoes was to observe the stresses on tomatoes, primarily water supply and temperature; and monitoring the effect of the bacteria used. Then examine the effects of the listed factors on the qualitative, quantitative and content properties of the crop.

In our field experiment in Gödöllő, two varieties of industrial tomatoes were investigated: H-1015 hybrids in 2018 (moderately dry year) and 2020 (rainy year), and UG812J hybrids in 2019 (dry year). Seedlings of H-1015 and UG 812J F1 tomato hybrids were treated by B1, B2, B3 bacteria (from Bay Zoltán Research Institute, BAY-BIO, Szeged) strains before planting, then they were grown under regularly irrigated (RI=ET100%), deficit irrigated (DI=ET50%) and non-irrigated (I0) conditions in the field experiments.

Continuous instrumental studies were carried out from flowering to harvest: when the chlorophyll fluorescence, chlorophyll content, leaf temperature and soil moisture content were measured. Finally, in all three years, 10–10 plants were harvested from each plot, and the berry yield was classified into 3 groups including the ripe, green, and non-marketable yield. The analysis of dry matter and vitamin C content were performed in the laboratory.

We found out, that good water supply reduces leaf temperature in moderately dry (2018) and dry years (2019). The relative chlorophyll content (SPAD value) of the leaves decreases significantly with deficient and regular watering in very dry (2019) and rainy (2020) years compared to the non-irrigated plants (I0).

Examining the effect of bacteria, we found that in moderately dry years (2018), B2 and B3 bacterial treatments significantly reduced chlorophyll fluorescence (Fv/Fm), but increased leaf surface temperature. In the dry year (2019), the SPAD value increased significantly, as a result of treatments B2 and B3. In the rainy year of 2020, treatments B2 and B3 maintained the photosynthesis, but bacterium B1 reduced the chlorophyll fluorescence (Fv/Fm).

The fruit setting of plants was depending on the years. In 2019, we measured the most marketable berries per plant and the most of green berries in 2018, why the most diseased berries were measured in 2020. In 2018, under deficit irrigation (I50), most marketable berries were formed on the plants treated with B3 bacteria in comparisoned with the untreated plants. In 2019, under deficit irrigation (I50) most marketable berries were formed on plants treated with bacteria B1, while in 2020 they were formed on plants treated with B1 and B2 bacteria under non-irrigated (I0) condition.

The weight (g) of marketable berries was the highest for deficit irrigated (I50) treatments in 2018, for fully irrigated (I100) treatments in 2019, and for non-irrigated (I0) treatments in 2020. In 2018, under deficit-irrigation (I50) B2 and B3 treatments gave the highest marketable berry weight. In 2019, under regular irrigation (I100), B2 and B1 treatments gave the highest marketable berry weight and the untreated (B0) plants gave the smallest one. B1 bacterial treatment increased berry weight in all irrigation treatments, while B3 tended to decrease it. In 2020, under non-irrigated (I0) condition, B3 treatment gave the highest berry weight, but this bacteria product reduced the weight of the berries.

Examining only the effect of irrigation, in 2019 UG812J hybrid produced the highest total yield (t/ha). In both 2019 and 2020, the lowest yield (t/ha) were measured under good water supply (I100), and under non-irrigated (I0) control treatment in 2018.

Considering the effects of bacteria, in a moderately dry (2018) year, the positive effects of B3 treatment on marketable crops prevailed without irrigation and under deficient irrigation. In a dry year (2019), the highest marketable yield was achieved with B1 treatment in moderate water shortage (I50). In a rainy year (2020) without irrigation (I0), B1 treatment produced the

highest mature yield, and B3 treatments reduced the number of marketable crops in all irrigation treatments which was similarly to 2019.

Under deficient irrigation, the relationship between chlorophyll fluorescence (Fv/Fm), SPAD value and yield was significant in 2018. In moderately dry (2018) years, the leaf temperature of the plants treated with bacteria depending on the water supply had a significant effect on the yield. In a dry year (2019) there is no significant relationship between physiological traits measured during the generative phase and yield in the bacterial-treated plants. In a rainy year (2020), a significant relationship between Fv/Fm and yield was observed only in non-irrigated, bacterial-treated plants.

The soluble solids content (BRIX) is greatly influenced by irrigation. In all three years, under non-irrigated (I0) condition there was the highest dry matter content of the yield. Tomato variety H-1015 had a higher BRIX value in both non-irrigated and moderate irrigated conditions, regardless of the years, than tomato variety UG821J. As a result of the bacterial treatments, the BRIX value of the crop changed depending on the year and variety: in moderately dry (2018) and rainy (2020) years the highest soluble dry matter content of H-1015 hybrid was provided by the B1 treatment under non-irrigated condition. In dry 2019 the UG812J F<sub>1</sub> tomatoes achieved the highest dry matter content using B3 treatment under non irrigated and regularly irrigated conditions.

Of the two tomato varieties, the yield of UG812J contained the highest vitamin C content and it was particularly high under total irrigation (I100), thus it can be concluded that a good water supply increases the vitamin C content in a dry year. In moderately dry year 2018, H-1015 variety had the highest vitamin C content of the crop of non-irrigated plants, while it was lower in the rainy year of 2020. In the wetter years, the increased water decreased the vitamin C content in the berries.

In both 2018 and 2020, it was proved that the irrigated plants of H-1015 hybrid did not have the positive effect of bacterial treatments. Only in an experiment without irrigation and treated with B1 bacteria can the vitamin C content of the berries be preserved. In 2019, for the UG821J variety, B3 treatment had the greatest positive effect on the vitamin C content of the crop, and we demonstrated that PGPR treatments had a greater effect on the vitamin C content than irrigation.

## 9. IRODALOMJEGYZÉK

1. Abid G., M'hamdi M., Mingeot D., Aouida M., Aroua I., Muhovski Y., Sassi K., Souissi F., Mannai K., Jebara M. (2017): Effect of drought stress on chlorophyll fluorescence, antioxidant enzyme activities and gene expression patterns in faba bean (*Vicia faba L.*). Archives Agronomy and Soil Science 63(4):536–552 p.
2. Abuarab M. E. (2014): Effects of regulated deficit irrigation and phosphorus fertilizers on yield, water use efficiency and total soluble solids of tomato. An ASABE Meeting Presentation. 2-6 p.
3. Adesemoye A. O., Kloepper J. W. (2009): Plant-microbes interactions in enhanced fertilizer use efficiency. Appl. Microbiol. Biotechnol. 85, 1–12 p.
4. Agarwal S., Rao A. V. (2000): Tomato lycopene and its role in human health and chronic diseases. Canadian Medical Association Journal 163(6):739-744 p.
5. Agbna G. H. D., Donglia S., Zhipeng L., Elshaikha N. A., Guangchenga S., Timm L. C. (2017): Effects of deficit irrigation and biochar addition on the growth, yield, and quality of tomato. Scientia Horticulturae 222: 90-101 p.
6. Agroforum 2021: <https://agroforum.hu/agrarhirek/zoldseg-gyumolcs/kina-india-es-torokorszag-a-legnagyobb-paradicsomtermelok/> Keresőprogram: Google. Kulcsszavak: paradicsom, termelők. Lekérdezés időpontja: 2020.09.17.
7. Ahsan N., Lee D. G., Lee S. H., Lee K.W., Bahk J. D., Lee B.H. (2007). A proteomic screen and identification of waterlogging-regulated proteins in tomato roots. Plant Soil 295, 37–51 p.
8. Akhtar S. S., Li G., Andersen M. N., Liu F. (2014) Biochar enhances yield and quality of tomato under reduced irrigation. Agricultural Water Management, Vol. 138 37-44 p.
9. Almeselmani M., Deshmukh P. S., Sairam R. K. (2009): High temperature stress tolerance in wheat genotypes: Role of antioxidant defence enzymes. Acta Agronomica Hungarica, 57, 1–14 p.
10. Alsamir M., Mahmood T., Trethowan R., Ahmad N. (2020): An overview of heat stress in tomato (*Solanum lycopersicum L.*). Saudi Journal of Biological Sciences
11. Araus J. L., Amaro T., Voltas J., Nakkoul H, Nachit M. M (1998): Chlorophyll fluorescence as a selection criterion for grain yield in durum wheat under Mediterranean conditions. Field Crops Res., 55: 209-223 p.
12. Arias R., Lee T. C., Specca D., Janes H. (2000): Quality comparison of hydroponic tomatoes (*Lycopersicon esculentum*) ripened on and off vine. Journal of Food Science 65:545-548 p.
13. Atherton J. G., Rudich J. (1986): A scientific basis for improvement. Chapman and Hall Ltd, London, New York: 661
14. Augé R. M., Toler H. D., Saxton A. M. (2015): Arbuscular mycorrhizal symbiosis alters stomatal conductance of host plants more under drought than under amply watered conditions: a meta-analysis. Mycorrhiza, 25(1): 13-24 p.

15. Bakr J., Daood H. G., Pék Z., Helyes L., Posta K. (2017): Yield and quality of mycorrhized processing tomato under water scarcity. *Applied Ecology and Environmental Research*, 15 (1), 401-413 p.
16. Balázs M. (2020): Beszámoló – Ipari paradicsom szakmai nap. FruitVeb. <https://fruitveb.hu/beszamolo-ipari-paradicsom-szakmai-nap/> Keresőprogram: Google. Kulcsszavak: ipari paradicsom. Lekérdezés időpontja: 2020.09.17.
17. Balázs S. (1985): *Paradicsomtermesztés*, Mezőgazdasági Kiadó, Budapest, 312.
18. Barriuso J., Solano B. R., Mañero F. J. G. (2008): Protection against pathogen and salt stress by four plant growth-promoting rhizobacteria isolated from *Pinus* sp. on *Arabidopsis thaliana*. *Phytopathology* 98: 666–672 p.
19. Bauerle W. L., Weston D. J., Bowden J. D., Dudley J. B., Toler J. E. (2004): Leaf absorbance of photosynthetic active radiation in relation to chlorophyll meter estimates among woody plant species. *Sci Hortic.* 101:169–178 p.
20. Berova M., Stoeva N., Zlatko Z., Ganeva D. (2013): Physiological response of some tomato genotypes (*Lycopersicon esculentum* L.) to high-temperature stress. *J Cent Eur Agric.* 9:723–32 p.
21. Blackmer T. M., Schepers J. S. (1995): Use of a chlorophyll meter to monitor nitrogen status and schedule fertigation for corn. *Journal of production agriculture*. Wiley Online Library
22. Blum A. (1988): Plant breeding for stress environments (No. PA 581.24 B5.).
23. Bogard M., Jourdan M., Allard V., Martre P. et al. (2011): Anthesis date mainly explained correlations between post-anthesis leaf senescence, grain yield, and grain protein concentration in a winter wheat population segregating for flowering time QTLs. *Journal of Experimental Botany* 62, 3621-3636 p.
24. Bohnert H. J., Sheveleva E. (1998): Plant stress adaptations – making metabolism move. *Current Opinion in Plant Biology* 1: 267–274 p
25. Bolhar-Nordenkamp H.R., Hofer M., Leclmer E. G. (1991): Analysis of light-induced reduction of the photochemical capacity in field-grown plants. Evidence for photoinhibition? *Photosynthesis Res.*, 27: 31-39 p.
26. Bona E., Cantamessa S., Massa N., Manassero P., Marsano F., Copetta A., Lingua G., D'Agostino G., Gamalero E., Berta G. (2017): Arbuscular mycorrhizal fungi and plant growth-promoting pseudomonads improve yield, quality and nutritional value of tomato: a field study. *Mycorrhiza* 27:1–11 p.
27. Boyer L. R., Brain P., Xu X. M., Jeffries P. (2015): Inoculation of drought-stressed strawberry with a mixed inoculum of two arbuscular mycorrhizal fungi: effects on population dynamics of fungal species in roots and consequential plant tolerance to water deficiency. *Mycorrhiza* 25 (3), 215–227 p.
28. Branthôme F. X. (2020): California: Impact of increasing temperatures. The Tomato News Online Conference [https://www.tomatonews.com/en/california-impact-of-increasing-temperatures\\_2\\_1149.html](https://www.tomatonews.com/en/california-impact-of-increasing-temperatures_2_1149.html) Keresőprogram: Google tudós. Kulcsszavak: tomato, stress. Lekérdezés időpontja: 2020.09.17.

29. Brennan J. A., Ginkel C. M., Reynolds M. (2007): An economic assessment of the use of physiological selection for stomatal aperture-related traits in the CIMMYT wheat breeding programme. *Journal of Agricultural Science* 145-187 p.
30. Cahn M. D., Herrero E. V., Hanson B. R., Hartz T. K., Miyao E. M. (2001): Water management strategies for improving fruit quality of drip-irrigated processing tomatoes. *Acta Hort.* 542:111–116 p.
31. Camejo D., Rodríguez P., Morales M. A., Dell'Amico J. M., Torrecillas A., Alarcón J. J. (2005): High temperature effects on photosynthetic activity of two tomato cultivars with different heat susceptibility. *Journal of plant physiology*, 162(3), 281-289 p.
32. Carter G. A., Knap A. K. (2001): Leaf optical properties in higher plants: linking spectral characteristics to stress and chlorophyll concentrations. *Am J Bot* 88:677–684 p.
33. Carvalhais L. C., Dennis P. G., Fan B., et al. (2013): Linking plant nutritional status to plant-microbe interactions. *PLoS One* 8, e68555.
34. Chaparro J. M., Sheflin A., Manter D., Vivanco J. M. (2012): Manipulating the soil microbiome to increase soil health and plant fertility. *Biol. Fert. Soils.* 48, 489–499 p.
35. Chaudhary P., Sharma A., Singh B., Nagpal A. (2018): Bioactivities of phytochemicals present in tomato. *Journal of Food Science and Technology* 55(8):2833-2849 p.
36. Chen Z., Cuin T. A., Zhou M., Twomey A., Naidu B. P., Shabala S. (2007): Compatible solute accumulation and stress-mitigating effects in barley genotypes contrasting in their salt tolerance. *Journal of experimental botany*, 58(15-16), 4245-4255 p.
37. Compant S. W., Duffy B., Nowak J., Clement C., Barka E. A. (2005): Use of plant growthpromoting bacteria for biocontrol of plant diseases: principles, mechanisms of action, and future prospects. *Appl. Environ. Microb.* 71, 4951–4959 p.
38. Costa, J. M., Ortuño M. F., Chaves M. M. (2007): Deficit irrigation as a strategy to save water: physiology and potential application to horticulture. *J. Integr. Plant Biol.* 49, 1421–1434 p.
39. Cotta S. R., Dias A. C. F., Marriel I. E., Andreote F. D., Seldin L., van Elsas J. D. (2014): Different effects of transgenic maize and nontransgenic maize on nitrogen-transforming archaea and bacteria in tropical soils. *Appl. Environ. Microbiol.* 80, 6437–6445 p.
40. Cselótei L., Helyes L (1988): The possibility of determining irrigation requirements by means of plant temperature. *Acta Horticulturae* 220, 353-358 p.
41. Damania RDesbureaux S., Hyland M., Islam A., Moore S., Rodella A-S., Russ J., Zaveri E. (2017): *Uncharted waters: The new economics of water scarcity and variability*. S.l.: World Bank Publications.
42. Daood G. H., Bencze Gy., Palotás G., Pék Z., Sidikov A., Helyes L. (2014): HPLC Analysis of Carotenoids from Tomatoes Using Cross-Linked C18 Column and MS Detection. *Journal of Chromatographic Science* 52(9): 985-991 p.
43. Deák K., Szigedi T., Pék Z. (2015): Az ipari paradicsom minőségének meghatározása közeli infravörös spektroszkópiával. *Kertgazdaság*, 47 (1): 3-7 p.

44. Deák K., Szuvandzsiev P., Helyes L., Lugasi A., Pék Z. (2013): Az öntözés és az évjárat hatása a paradicsom termésmennyiségére és minőségére. *Acta Agrar Debrecenensis*.
45. Dey R., Pal K. K., Bhatt D. M., Chauhan S. M., (2004): Growth promotion and yield enhancement of peanut (*Arachis hypogea L.*) by application of plant growth-promoting rhizobacteria. *Microbiol. Res.* 159, 371–394 p.
46. Dodd I. C., Zinovkina N. Y., Safronova V. I., Belimov A. A. (2010): Rhizobacterial mediation of plant hormone status. *Annals of Applied Biology*, 157: 361-379 p.
47. Dorais M., Ehret D. L., Papadopoulos A. P. (2008): Tomato (*Solanum lycopersicum*) health components: from the seed to the consumer. *Phytochem. Rev.*, 7: 231–250 p.
48. Driedonks N. J. W. (2018): From flower to fruit in the heat-Reproductive thermotolerance in tomato and its wild relatives (Doctoral dissertation, [SI: sn]) <https://repository.uhn.ru.nl/handle/2066/187212> Keresőprogram: Google tudós. Kulcsszavak: tomato, thermotolerance. Lekérdezés időpontja: 2020.09.17.
49. Duc N. H., Mayer Z., Pék Z., Helyes L., Posta K. (2017): Combined inoculation of arbuscular mycorrhizal fungi, *Pseudomonas Fluorescens* and *Trichoderma spp.* For enhancing defense enzymes and yield of three pepper cultivars. *Ecology and Environmental Research*, 15. (3), 1825-1829 p.
50. Dufková R. (2006): Difference in canopy and air temperature as an indicator of grassland water stress. *Soil Water Res.* 1, 127–138 p.
51. ELIR (2019): Egy főre jutó élelmiszerfogyasztás. <https://elir.aki.gov.hu/cikk/egy-fore-juto-elelmiszerfogyasztas>. Keresőprogram: Google. Kulcsszavak: paradicsom, fogyasztás. Lekérdezés időpontja: 2021.09.30.
52. English. M., Raja. S. N. (1996): Perspective on deficit irrigation. *Agric. Water Manage.* 32, 1–14 p.
53. FAOSTAT (2019): Food and Agriculture Organization of the United Nations. <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC> Keresőprogram: Google. Kulcsszavak: tomato, FAO. Lekérdezés időpontja: 2020.09.17.
54. Fereres E., Evans R. G. (2006): Irrigation of fruit trees and vines. *Irrigation Sci.* 24, 55–57 p.
55. FruitVeB Hungary Magyar Zöldség-Gyümölcs Szakmaközi Szervezet és TermékTanács (2021): Magyar zöldség-gyümölcs ágazati stratégia. Budapest.
56. Gamalero E., Glick B. (2011): Mechanisms used by plant growthpromoting bacteria. Maheshwari DK (ed) *Bacteria in agrobiolgy: plant nutrient management*. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, 17–47 p.
57. Gianquinto G., Goffart J. P., Olivier M., Guarda G., Colauzzi M., Dalla Costa L., Delle Vedove G., Vos J., Mackerron D. K. L. (2004): The use of hand-held chlorophyll meters as a tool to assess the nitrogen status and to guide nitrogen fertilization of potato crop. *Potato research* 47: 35–80 p.
58. Goffart J. P., Olivier M., Frankinet M. (2008): Potato crop nitrogen status assessment to improve N fertilization management and efficiency: past–present–future. *Potato research* 51: 355–383 p.

59. Gribovszki Z., Heil B. (1998): Talajnedvesség-vizsgálatok módszerei. Erdészeti lapok. 112-116 p.
60. Ha C. V., Leyva-Gonzalez M. A., Osakabe Y., Tran U. T., Nishiyama R., Watanabe Y., et al. (2014): Positive regulatory role of strigolactone in plant responses to drought and salt stress. Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A. 111, 581–856 p.
61. Hameed A., Wu Q. S., Abd-Allah E. F., Hashem A., Kumar A., Lone H. A., Ahmad P. (2014): Role of AM fungi in alleviating drought stress in plants. Miransari, M. (Ed.), Use of Microbes for the Alleviation of Soil Stresses. Springer, New York. Ny. 55-75 p.
62. Hammond-Kosack K. E., Jones J. D. G. (2000): Response to plant pathogens. Biochemistry and molecular biology of plants. Rockville, MD: American Society of Plant Physiologists, 1102–1157. pp
63. Hanson P.M., Chen J., Kuo G. (2002): Gene action and heritability of high-temperature fruit set in tomato line CL5915. HortScience, 37(1): 172-175 p.
64. Harris J. R. (1996): Subcellular biochemistry, Ascorbic acid: Biochemistry and Biomedical Cell Biology, Vol. 25. Plenum, New York.
65. Hartz T. K. (1996): Water management in drip-irrigated vegetable production. HortTechnology 6 (3):165–167 p.
66. Hashem A., Kumar A., Al-Dbass A. M., Alqarawi A. A., Al-Arjani A. B. F., Singh G., Farooq M., Abd-Allah E. F. (2019): Arbuscular mycorrhizal fungi and biochar improves drought tolerance in chickpea. Saudi Journal of Biological Sciences 26 (2019) 614–624 p.
67. Helyes L., Böcs A., Nemeskéri E. (2018): Víztakarékos öntözés hatása az ipari paradicsom termésmennyiségére és minőségére. Kertgazdaság 2018. 50. (4) 3-9 p.
68. Helyes L., Böcs A., Pék Z. (2010): Effect of water supply on canopy temperature, stomatal conductance and yield quantity of processing tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.). International Journal of Horticultural Science 2010, 16 (5): 13–15 p.
69. Helyes L., Dimény J., Böcs A., Schober Gy., Pék, Z. (2009): The effect of water and potassium supplement on yield and lycopene content of processing tomato. Acta Horticulturae. 823: 103-108 p.
70. Helyes L., Lugasi A., Pék Z. (2012): Effect of Irrigation on Processing Tomato Yield and Antioxidant Components. Turkish Journal of Agriculture and Forestry, 36.(6): 702-709 p.
71. Helyes L., Pék Z., Lugasi A. (2008): Function of the variety technological traits and growing conditions on fruit components of tomato (*Lycopersicon lycopersicum* (L) Karsten) Acta Alimentaria 37 (4): 427-436 p.
72. Helyes L., Varga Gy. (1994): Irrigation demand of tomato according to the results of threedecades. Acta Horticulturae, 376, 323- 328 p.
73. Helyes, L. (1999): A paradicsom és termesztése. SYCA Szakkönyvszolgálat, Budapest: 233
74. 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)
75. Horváth K. Zs., Helyes L., Nemeskéri E. (2019): Növekedést segítő baktériumok hatása ipari paradicsom fotoszintézisére és termésére vízhiányban. *Növénynemesítés a 21. század elején: kihívások és válaszok szerk. Karsai Ildikó. XXV. Növénynemesítési Tudományos Nap Kiadó: MTA Agrártudományok Osztályának Növénynemesítési Tudományos Bizottsága, Magyar Tudományos Akadémia, Budapest. 86-89 p.*
  76. Howarth C. J. (2005): Genetic improvements of tolerance to high temperature. Ashraf M., Harris P. J. C. (Eds.): *Abiotic Stresses: Plant Resistance Through Breeding and Molecular Approaches*. Howarth Press Inc., New York.
  77. Hsiao T.C., Heng L., Steduto P., Rojas-Lara B., Raes D., Fereres E. (200): Aquacrop- The FAO crop model to simulate yield response to water: III. Parameterization and testing for maize. *Agronomy Journay*, 3: 448–459 p.
  78. Huang J., Zhang P-J., Zhang J., Lu Y-B., Huang F., Li M-J. (2013): Chlorophyll Content and Chlorophyll Fluorescence in Tomato Leaves Infested With an Invasive Mealybug, *Phenacoccus solenopsis* (Hemiptera: Pseudococcidae). *Environmental Entomology*, (42):5 973–979 p.
  79. Ilahy R., Siddiqui M. W., Piro G., Lenucci M. S., Hdider C. (2016): Year-to-year variations in antioxidant components of high-lycopene tomato (*Solanum lycopersicum* L.) breeding lines. *Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology*, 4(6), 486-492 p.
  80. Jabran K., Ullah E., Akbar N., Yasin M., Zarnan U., Nasim W., Riaz M., Arjumend T., Azhar M. F., Hussain M. (2017): Growth and physiology of basmati rice under conventional and water saving production systems. *Arch Agron Soil Sci*. 63(10):1465–1476 p.
  81. Jiang C., Johkan M., Hohjo M., Tsukagoshi S., Maruo T. (2017): A correlation analysis on chlorophyll content and SPAD value in tomato leaves. *HortResearchNo*. 71, 37–42 p.
  82. Johnstone P. R., Hartz T. K., LeStrange M., Nunez J. J., Miyao E. M. (2005): Managing Fruit Soluble Solids with Late-season Deficit Irrigation in Drip-irrigated Processing Tomato Production. *Hortscience* 40(6):1857–1861 p.
  83. Kalam S., Basu A., Podile A. R. (2020): Functional and molecular characterization of plant growth promoting Bacillus isolates from tomato rhizosphere. *Heliyon* 6 Vol 6 (8)
  84. Kamilova F., Kravchenko L. V., Shaposhnikov A. I., Azarova T., Makarova N., Lugtenberg B. (2006): Organic acids, sugars and L-tryptophane in exudates of vegetables growing on stonewool and their effects on activities of rhizosphere bacteria. *Mol. Plant Microbe Interact*. 9: 250–256 p.
  85. Karapanos I., Akoumianakis K., Olympios C., Passam H. C.(2010): Tomato pollen respiration in relation to in vitro germination and pollen tube growth under favourable and stress-inducing temperatures. *Sexual plant reproduction*, 23(3): 219-224 p.
  86. Kaur G., Vikal Y., Kaur L., Kalia A., Mittal A., Kaur D., Yadav I. (2021): Elucidating the morpho-physiological adaptations and molecular responses under long-term

- waterlogging stress in maize through gene expression analysis. *Plant Science* 304 110823
87. Kaushal N., Bhandari K., Siddique K. H. M., Nayyar H. (2016): Food crops face rising temperatures: An overview of responses, adaptive mechanisms, and approaches to improve heat tolerance. *Cogent Food & Agriculture* 2:1134380
  88. Kirda C. (2002): Deficit irrigation scheduling based on plant growth stages showing water stress tolerance. *Deficit irrigation practices*. FAO Corp. Doc. Rep. 22 , Rome, 3–10 p
  89. Kirnak H., Demirtas M. N. (2006): Effects of different irrigation regimes and mulches on yield and macronutrition levels of drip-irrigated cucumber under open field conditions. *J. Plant Nutr.* 29, 1675–1690 p.
  90. Kissoudis C., van de Wiel C., Visser R. G. F., Van Der Linden G. (2014): Enhancing crop resilience to combined abiotic and biotic stress through the dissection of physiological and molecular crosstalk. *Frontiers in Plant Science* 5, 207 p.
  91. Kloepper J. W., Lifshitz R., Zablotowich R. K. (1989): Free living bacterial inocula for enhancing crop productivity. *Trends Biotechnol.* 7, 39–43 p.
  92. Koh R. H., Song H. G. (2007): Effects of application of *Rhodopseudomonas* sp. on seed germination and growth of tomato under axenic conditions. *J. Microbiol. Biotechnol.* 17: 1805–1810 p.
  93. Kumar A., Kumar V., Gull A., and Nayik G. A. (2020): *Tomato (Solanum Lycopersicon); Antioxidants in Vegetables and Nuts – Properties and Health Benefits*; Springer Nature Singapore Pte Ltd. 191-208 p.
  94. Kumar S., Kaur R., Kaur N., Bhandhari K., Kaushal N., Gupta K., Bains T. S., Nayyar H. (2011): Heat-stress induced inhibition in growth and chlorosis in mungbean (*Phaseolus aureus Roxb.*) is partly mitigated by ascorbic acid application and is related to reduction in oxidative stress. *Acta Physiologiae Plantarum*, 33, 2091–2101 p.
  95. Kumar S., Thakur P., Kaushal N., Malik J. A., Gaur P., Nayyar H. (2013): Effect of varying high temperatures during reproductive growth on reproductive function, oxidative stress and seed yield in chickpea genotypes differing in heat sensitivity. *Archives of Agronomy & Soil Science*, 59, 823–843 p.
  96. Lawlor D. W. (2009): Musings about the effects of environment on photosynthesis. *Ann. Bot.* 103: 543–549 p.
  97. Le A. T., Takács S., Bakr J. (2016): Vízellátás és mikrobiológiai oltás együttes hatása a paradicsom mennyiségi és minőségi paramétereire. *Kertgazdaság*, 48.(4): 32-39 p.
  98. Ledó F. (2019): Beszámoló – „Ipari paradicsom bemutató” című szakmai rendezvényről. *FruitVeb*. <https://fruitveb.hu/beszamolo-ipari-paradicsom-bemutato-cimu-szakmai-rendezvenyrol/>. Keresőprogram: Google. Kulcsszavak: ipari paradicsom. Lekérdezés időpontja: 2020.09.17.
  99. Li Z., Palmer W. M., Martin A. P., Wang R., Rainsford F., Jin Y., Ruan Y. L. (2011): High invertase activity in tomato reproductive organs correlates with enhanced sucrose import into, and heat tolerance of, young fruit. *Journal of Experimental Botany*, 63(3), 1155-1166 p.

100. Lohar D., Peat W.(1998): Floral characteristics of heat-tolerant and heat-sensitive tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) cultivars at high temperature. *Scientia horticulturae*, 73(1): 53-60.
101. Long S. P., Marshall-Colon A., Zhu, X. G. (2015): Meeting the global food demand of the future by engineering crop photosynthesis yield potential. *Cell*, 161(1), 56–66 p.
102. Macua J. I., Lahoz I., Arzoz A., Garnica J. (2003): The Influence of Irrigation Cut-off Time on the Yield and Quality of Processing Tomatoes. *Acta Horticulturae*, 613: 151-53 p.
103. Mahmood Y. A. (2020): Drought effects on leaf canopy temperature and leaf senescence in barley. *Iraqi Journal of Agricultural Sciences*. 2020:51(6):1684-1693 p.
104. McGrann G. R. D., Stavrinides A., Russell J., Corbitt M. M., Booth A., Chartrain L., Thomas W. T. B., Brown J. K. M. (2014): A trade off between mlo resistance to powdery mildew and increased susceptibility of barley. *Journal of Experimental Botany* 65, 1025–1037 p.
105. Mclaughlin J. E., Boyer J. S.(2004): Sugar-responsive gene expression, invertase activity, and senescence in aborting maize ovaries at low water potentials. *Annals of Botany*, 94(5): 675-689 p.
106. Miret J. A., Munné-Bosch S. (2013): Plant amino acid-derived vitamins: biosynthesis and function. *Amino Acids*, 46(4), 809–824 p.
107. Mondani F., Khani K., Honarmand S. J., Saeidi M. (2019): Evaluating effects of plant growth-promoting rhizobacteria on the radiation use efficiency and yield of soybean (*Glycine max*) under water deficit stress condition. *Agricultural Water Management* 213 (2019) 707–713 p.
108. Mondani F., Khani K., Honarmand, S. L., Saeidi M. (2019): Evaluating effects of plant growth-promoting rhizobacteria on the radiation use efficiency and yield of soybean (*Glycine max*) under water deficit stress condition. *Agricultural Water Management*, 2019, 213: 707-713 p.
109. Monje A., Bugbee B. (1992): Inherent limitations of nondestructive chlorophyll meters: a comparison of two types of meters. *HortScience*, 27: 69- 71 p.
110. Nankishore A., Farrell A. D. (2016): The response of contrasting tomato genotypes to combined heat and drought stress. *Journal of plant physiology*, 202, 75-82 p.
111. Nemeskéri E., Helyes L. (2019a): Physiological Responses of Selected Vegetable Crop Species to Water Stress. Review. *Agronomy* 2019, 9(8), 447 p.
112. Nemeskéri E., Molnár K., Vigh R., Nagy J., Dobos A. (2015): Relationships between stomatal behaviour, spectral traits and water use and productivity of green peas (*Pisum sativum* L.) in dry seasons. *Acta Physiol Plant* 37:34
113. Nemeskéri E., Neményi A., Böcs A., Pék Z., Helyes L. (2019): Physiological factors and their relationship with the productivity of processing tomato under different water supplies. *Water*, 11 (3), 586
114. Nuruddin M. M., Madramootoo C. A., Dodds G. T. (2003): Effects of Water Stress at Different Growth Stages on Greenhouse Tomato Yield and Quality. *Hortscience* 38(7):1389–1393 p.

115. Osakabe Y., Osakabe K., Shinozaki K., Tran L-SP. (2014): Response of plants to water stress. *Front. Plant Sci.* 5:86.
116. Padilla F. M., Peña-Fleitas M. T., Gallardo M., Thompson R. B. (2014): Evaluation of optical sensor measurements of canopy reflectance and of leaf flavonols and chlorophyll contents to assess crop nitrogen status of muskmelon. *European Journal of Agronomy.* 58: 39-52 p.
117. Paknejad F., Nasri M., Moghadam H. R. T., Zahedi H., Alahmadi M. J. (2007): Effects of Drought Stress on Chlorophyll Fluorescence Parameters, Chlorophyll Content and Grain Yield of Wheat Cultivars. *Journal of Biological Sciences*, 7: 841-847 p.
118. Parveen S. S., Ramaraju K., Jeyarani S. (2020): Influence of spraying techniques on the efficacy of *Beauveria bassiana* based mycoinsecticide against chilli and tomato thrips. *Vegetos* 33: 345–351 p.
119. Patané C., Cosentino S. L. (2010): Effects of soil water deficit on yield and quality of processing tomato under a Mediterranean climate. *Agricultural Water Management*, (97):1, 131-138 p.
120. Patané C., Tringali S., Sortino O. (2011): Effects of deficit irrigation on biomass, yield, water productivity and fruit quality of processing tomato under semi-arid Mediterranean climate conditions. *Scientia Horticulturae* 129: 590–596 p.
121. Pedro A. M., Ferreira M. M. (2007): Simultaneously calibrating solids, sugars and acidity of tomato products using PLS2 and NIR spectroscopy. *Analytica Chimica Acta.* 595: 221-227 p.
122. Pék Z., Pintérmé Gálfi Zs., Takács S., Palotás G. (2019): Az ipari paradicsom termesztés helyzete. Részben a 2018. évi Ipari Paradicsom Világkongresszus eredményeinek felhasználásával. *Kertgazdaság* (51):3, 66-74 p.
123. Pék Z., Szuvandzsiev P., Neményi A., Helyes L. (2015): Effect of Season and Irrigation on Yield Parameters and Soluble Solids Content of Processing Cherry Tomato. *Acta Horticulturae*, 1081: 197-202 p.
124. Peralta I. E., David M. S. (2001): Granule-bound starch synthase (GBSSI) gene phylogeny of wild tomatoes (*Solanum L.* section *Lycopersicon* [Mill.] Wettst. subsection *Lycopersicon*). *American Journal of botany* 88.10: 1888-1902 p.
125. Pereira L. B., Gambarini V. M. O., de Menezes A. B., Ottoboni L. M. M., Vicentini R. (2021): Responses of the sugarcane rhizosphere microbiota to different levels of water stress. *Soil Ecology* 159: 103817
126. Pérez-Blanco D. C., Hrast-Essenfelder A., Perry C. (2020): Irrigation Technology and Water Conservation: A Review of the Theory and Evidence. *Review of Environmental Economics and Policy*, 14:2, 216–239 p.
127. Perveen R., Suleria H. A. R., Anjum F. M., Butt M. S., Pasha I., Ahmad S. (2015): Tomato (*Solanum lycopersicum*) carotenoids and lycopenes chemistry; metabolism, absorption, nutrition, and allied health claims. A comprehensive review. *Crit Rev Food Sci Nutr* 55(7): 919–929 p.

128. Ráth Sz., Égei M., Horváth K. Zs., Daood H. (2019): Különböző termőhelyen és évjáratban termesztett ipari paradicsom fontosabb karotinoid vegyületeinek mennyiségi összehasonlítása. *Kertgazdaság* 51 (2019) 3: 56-65 p.
129. Reddy K. R., Kakani V. G. (2007): Screening *Capsicum* species of different origins for high temperature tolerance by in vitro pollen germination and pollen tube length. *Scientia horticulturae*, 112(2), 130-135 p.
130. Ren B., Zhang J., Dong S., Liu P., Zhao B. (2016): Effects of duration of waterlogging at different growth stages on grain growth of summer maize (*Zea mays L.*) under field conditions. *Crop Sci.* 202: 564–575 p.
131. Rodríguez-Bustamante E., Sánchez S. (2007): Microbial production of C13-norisoprenoids and other aroma compounds via carotenoid cleavage. *Crit Rev Microbiol* 33(3):211–230 p.
132. Rozpądek P., Rapała-Kozik M., Wężowicz K., Grandin A., Karlsson S., et al. (2016): Arbuscular mycorrhiza improves yield and nutritional properties of onion (*Allium cepa*). *Plant Physiology and Biochemistry*, 107, 264–272 p.
133. Ruiz-Lozano J. M. (2003): Arbuscular mycorrhizal symbiosis and alleviation of osmotic stress. New perspectives for molecular studies. *Mycorrhiza* 13(6): 309–317 p.
134. Sablani S. S., Opara L. U., Al-Balushi K. (2006): Influence of bruising and storage temperature on vitamin C content of tomato fruit. *Journal of food, agriculture & environment*. v.4(1):54-56 p.
135. Salomon M. V., Bottini R., De Souza Filho G. A., Cohen A. C., Moreno D., Gil M., Piccoli P. (2014): Bacteria isolated from roots and rhizosphere of *Vitis vinifera* retard water losses, induce abscisic acid accumulation and synthesis of defense-related terpenes in in vitro cultured grapevine. *Physiol. Plant.* 151: 359–374 p.
136. Sasse J., Martinoia E., Northern T. (2018): Feed your friends: do plant exudates shape the root microbiome? *Trends Plant Sci.* 23, 25–41 p.
137. Sass-Kiss A., Kiss J., Milotay P., Kerek M. M., Tóth-Markus M. (2005): Differences in anthocyanin and carotenoid content of fruits and vegetables. *Food Research International*, 38.(8-9): 1023-1029 p.
138. Sato S., Kamiyama M., Iwata T., Makita N., Furukawa H., Ikeda H. (2006): Moderate increase of mean daily temperature adversely affects fruit set of *Lycopersicon esculentum* by disrupting specific physiological processes in male reproductive development. *Annals of Botany*, 97, 731–738 p.
139. Scholberg J., McNeal B. L., Jones J. W., Boote K. J., Stanley C. D., Obreza T. A. (2000): Growth and canopy characteristics of field-grown tomato. *Agron. J.* 92, 152–159 p.
140. Sharifi R., Ryu C. M. (2017): Chatting a with tiny belowground member of holobiome: communication between plants and growth-promoting rhizobacteria. *Advance in Botanical Research*, 82: 135-160 p.
141. Shen M., Kang Y. J., Wang H. L., Zhang X. S., Zhao Q. X., (2012): Effect of Plant Growth Promoting Rhizobacteria (PGPRs) on plant growth, yield, and quality of tomato

- (*Lycopersicon esculentum* Mill.) under simulated seawater irrigation. J. Gen. Appl. Microbiol. 58: 253–262 p.
142. Shuttleworth J. W., Wallace J. S. (1985): Evaporation from sparse crops - an energy combination theory. Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society 3: 839-855 p.
  143. Sibomana I. C., Aguyoh J. N., Opiyo A. M. (2013): Water stress affects growth and yield of containergrown tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill) plants. Global Journey Of Bio-science and Biotechnology, Vol.2(4) 461-466 p.
  144. Singh M., Kumar A., Singh R., Pandey K. D. (2017b): Endophytic bacteria: a new source of bioactive compounds. 3 Biotech 7: 315 p.
  145. Singh V. K., Singh A. K., Kumar A. (2017a): Disease management of tomato through PGPR: current trends and future perspective. 3 Biotech (7) 4: 255–264 p.
  146. Skirycz A., Inze, D. (2010): More from less: plant growth under limited water. Curr. Opin. Biotechnol. 21, 197–203. p
  147. Song H., Gao J. F., Gao X. L., Dai H. P. P., Zhang P., Feng B. L., Wang P. K., Chai Y. (2012): Relations between photosynthetic parameters and seed yields of Adzuki bean cultivars (*Vigna angularis*). J Integr Agric. 11(9):1453–1461 p.
  148. Stahl W., Sies H. (2012): Photoprotection by dietary carotenoids: concept, mechanisms, evidence and future development. Molecular Nutrition and Food Research, 56: 287–95 p.
  149. Stainforth D. A., Aina T., Christensen C., Collins M., Faull N., Frame D. J., Piani, C. (2005): Uncertainty in predictions of the climate response to rising levels of greenhouse gases. Nature, 433(7024), 403 p.
  150. Steiner B. M., McClements D. J., Davidov-Pardo G. (2018): Encapsulation systems for lutein: A review. Trends in Food Science and Technology 82:71-81 p.
  151. Sudhir P., Murthy S. D. S. (2004): Effects of salt stress on basicó processes of photosynthesis, Photosynthetica, 481-486 p.
  152. Suslow T. V., Schroth M. N., Isaka M. (1982): Application of a rapid method for Gram differentiation of plant pathogenic and saprophytic bacteria without staining. Phytopathology 72: 917–918 p.
  153. Szalai I. (1994): A növények élete. Az életjelenségek analízise a molekuláris szinttől az ökológiai szintig (I-II.kötet) JATEPress, Szeged, 1103 p.
  154. Szuvandzsiev P. (2017): A tápanyag-utánpótlás jelentősége az ipari paradicsom termesztésben alacsony humusztartalmú homoktalajon. Agrofórum, 28: 152-155 p.
  155. Tain L., Li J., Bi W., Zuo S., Li L., Li W., Sun L. (2019): Effects of waterlogging stress at different growth stages on the photosynthetic characteristics and grain yield of spring maize (*Zea mays* L.) under field conditions. Agri. Water Manage. 218 (2019) 250–258 p.
  156. Takács S., Máthé B., Katona B. L., Le T. A., Pék Z. (2017): Ipari paradicsom modellezése Aquacrop szoftverrel. Kertgazdaság 2017. 49. (4) 32-38 p.

157. Tan J. S., Wang J. J., Flood V., Rochtchina E., Smith V., Mitchell P. (2008): Dietary antioxidants and the long-term incidences of age-related macular degeneration: the Blue Mountains Eye Study. *Ophthalmology* 115(2):334-341 p.
158. Tanner V. (1963): Plant temperature. *Agron. J.* 55, 210-211 p.
159. Topcu S., Kirda C., Dasgan Y., Kaman H., Cetin M., Yazici A., Bacon M.A. (2007): Yield response and N-fertiliser recovery of tomato grown under deficit irrigation. *Eur. J. Agron.* 26, 64–70 p.
160. Ulissi V., Antonucci F., Benincasa P., Farneselli M., Tosti G., Guiducci M., Tei F., Costa C., Pallottino F., Pari L., Menesatti P. (2011): Nitrogen Concentration Estimation in Tomato Leaves by VIS-NIR Non-Destructive Spectroscopy. *Sensors* 11: 6411-6424 p.
161. Umar A. S. S., Abdulkadir M. B. (2015): Analysis of Resource-use Efficiency and Productivity of Residual Soil Moisture Tomato Production in Kaduna State, Nigeria; *International Letters of Social and Humanistic Sciences* Vol. 51: 152-157 p.
162. van Bezouw R. F. H. M., Keurentjes J. J. B, Harbinson J, Aarts M. G. M. (2019): Converging phenomics and genomics to study natural variation in plant photosynthetic efficiency. *The Plant Journal* 97, 112–133 p.
163. Varga Zs., Gilingerné P. M. (2008): Zöldségfélék bioaktív anyagainak hatása az emberi egészségre.  
<http://www.arpadbiokontroll.hu/taplalkozas/3.%20Z%F6lds%E9gf%E9l%E9k%20bioakt%EDv%20doc.pdf> . Keresőprogram: Google tudós. Kulcsszavak: paradicsom, C-vitamin. Lekérdezés időpontja: 2020.10.01.
164. Vazan S. (2002): Effects of chlorophyll parameters and photosynthesis efficiency in difference beet. Ph.D. Thesis, Islamic Azad University Science and Research Tehran-Branch, 285. p
165. Veisz O., Bencze Sz., Balla K., Karsai I., Vida Gy., Varga B., Bedő Z. (2007): Abiotikus stresszrezisztencia kutatások a gabonafélékben. A martonvásári agrárkutatások hatodik évtizede. *Academia.* 53-58 p.
166. Vollenweider P., Günthardt-Goerg M. S. (2005): Diagnosis of abiotic and biotic stress factors using the visible symptoms in foliage. *Environmental Pollution*, 137, 455–465 p.
167. Wahid A., Gelani S., Ashraf M., Foolad M. R.(2007): Heat tolerance in plants: an overview. *Environmental and experimental botany*, 61(3): 199-223 p.
168. Wang W. X., Vinocur B., Altman A. (2003): Plant responses to drought, salinity and extreme temperatures: towards genetic engineering for stress tolerance. *Planta* vol. 218. 1-14 pp.
169. WEF. (2019): Global risks 2019. Report 14th Edition. Global Risks. World Economic Forum. <https://www.weforum.org/reports/the-global-risks-report-2019> Keresőprogram: Google tudós. Kulcsszavak: tomato, global risk. Lekérdezés időpontja: 2020.09.17.
170. White P., Broadley M. (2005): Biofortifying crops with essential mineral elements. *Trends in Plant Science*, 10(12), 586–593 p.

171. Wu Q. S., Zou Y. N., Liu W., Ye X. F., Zai H. F., Zhao L. J. (2010): Alleviation of salt stress in citrus seedlings inoculated with mycorrhiza: changes in leaf antioxidant defense systems. *Plant Soil Environ.* 56, 470–475 p.
172. Xiong Y. W., Li X. W., Wang T. T., et al. (2020): Root exudates-driven rhizosphere recruitment of the plant growth-promoting rhizobacterium *Bacillus flexus* KLBMP 4941 and its growth-promoting effect on the coastal halophyte *Limonium sinense* under salt stress. *Ecotoxicology and environmental safety* 194:110374
173. Xu L., Li T., Wu Z., Feng H., Yu M., Zhang X., Chen B. (2018): Arbuscular mycorrhiza enhances drought tolerance of tomato plants by regulating the 14-3-3 genes in the ABA signaling pathway. *Applied Soil Biology*, 125: 213-221 p.
174. Yamada M., Hidaka T., Fukamachi H. (1996): Heat tolerance in leaves of tropical fruit crops as measured by chlorophyll fluorescence. *Sci. Hortic.* 67, 39–48 p.
175. Yan B., Qiujie D., Dai Q. J. (1995): Ameliorative effects of exogenous active oxygen scavengers of water-logging injury in maize. *Acta Agric. Boreali Sinica* 10:51–55 p.
176. Yuan X. K., Yang Z. Q., Li Y. X., Liu Q., Han W. (2016): Effects of different levels of water stress on leaf photosynthetic characteristics and antioxidant enzyme activities of greenhouse tomato. *Photosynthetica*, 54(1), 28–39 p.
177. Zhou R., Yu X., Kjær K. H., Rosenqvist E., Ottosen C. O., Wu Z. (2015): Screening and validation of tomato genotypes under heat stress using Fv/Fm to reveal the physiological mechanism of heat tolerance. *Environmental and Experimental Botany* 118: 1–11 p.
178. Zhou W., Chen F., Meng Y., Chandrasekaran U., Luo X., Yang W., Shu K. (2020): Plant waterlogging/flooding stress responses: From seed germination to maturation. *Plant Physiology and Biochemistry* 148: 228–236 p.
179. Zhu Q., Zhang M., Ma Q. (2012): Copper-based foliar fertilizer and controlled release urea improved soil chemical properties, plant growth and yield of tomato. *Scientia Horticulturae*. 143: 109-114 p.



# AZ ÉRTEKEZÉS TEMAKÖRÉHEZ 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 Horti*. 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 Növénynevelési 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. Növénynevelési 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.

## MELLÉKLETEK

1. melléklet táblázat. Vízellátás (WS) és növényi növekedést segítő baktérium törzsek (PGPR) hatása ipari paradicsom hibridek szárazanyag tartalmára (2018-2020)

Vízellátás (WS)	PGPR	BRIX		
		2018	2019	2020
<b>I0</b>	B0	4,25 b	4,12	4,63 a
	B1	5,08 a	4,16	4,72 a
	B2	4,36 b	4,40	4,55 a
	B3	4,39 b	4,70	4,20 a
<i>átlag</i>		4,52 A	4,34 A	4,53 A
<b>I50</b>	B0	3,65 b	3,43	4,00 a
	B1	3,54 b	3,45	3,62 b
	B2	3,61 b	3,91	3,80 b
	B3	3,69 b	4,01	3,88 b
<i>átlag</i>		3,62 B	3,70 C	3,82 B
<b>I100</b>	B0	3,38 c	3,50	3,40 c
	B1	3,47 c	3,69	3,24 c
	B2	3,33 c	4,09	3,42 c
	B3	3,23 c	4,62	3,03 c
<i>átlag</i>		3,35 C	3,98 B	3,27 C
<b>Baktérium (PGPR)</b>	B0	3,76 b	3,68	4,01 a
	B1	4,03 a	3,77	3,86 b
	B2	3,77 b	4,13	3,92 b
	B3	3,77 b	4,44	3,70 b
<b>Szignifikancia</b>				
	WS	***	***	***
	PGPR	***	***	***
	WS x PGPR	***	ns	***

2019 UG 812J F1, 2018-2020-ban H-1015 F1 paradicsom

\*P≤0.05, \*\*P<0.01, \*\*\*P<0.001 ns=non-significant

A szignifikáns különbséget a nagybetű a vízellátás között, a kis betű a baktériumkezelések között jelöli.

2. melléklet táblázat. Vízellátás (WS) és növényi növekedést segítő baktérium törzsek (PGPR) hatása ipari paradicsom hibridek C-vitamin tartalmára ( $\mu\text{g/g}$ ) (2018-2020)

Vízellátás (WS)	PGPR	C-vitamin ( $\mu\text{g/g}$ )		
		2018	2019	2020
<b>I0</b>	B0	50,20 a	82,32	35,85 a
	B1	56,02 a	85,23	35,83 a
	B2	50,72 a	80,93	32,18 a
	B3	50,62 a	101,82	31,05 a
<i>átlag</i>		<i>51,89 A</i>	<i>87,57 B</i>	<i>33,73 A</i>
<b>I50</b>	B0	43,34 b	89,06	37,68 a
	B1	40,98 b	82,11	31,03 a
	B2	45,36 b	95,81	33,13 a
	B3	44,93 b	104,18	31,45 a
<i>átlag</i>		<i>43,65 B</i>	<i>92,79 B</i>	<i>33,32 A</i>
<b>I100</b>	B0	39,64 b	91,12	33,15 a
	B1	43,65 b	92,99	28,25 b
	B2	42,51 b	114,69	26,93 b
	B3	42,57 b	129,18	28,58 b
<i>átlag</i>		<i>42,09 B</i>	<i>107,00 A</i>	<i>29,23 B</i>
<b>Baktérium (PGPR)</b>	B0	44,39 a	87,50 b	35,56 a
	B1	46,88 a	86,78 b	31,70 b
	B2	46,20 a	97,14 ab	30,74 b
	B3	46,04 a	111,73 a	30,36 b
<b>Szignifikancia</b>				
	WS	***	*	**
	PGPR	ns	**	**
	WS x PGPR	ns	ns	ns

2019 UG 812J F<sub>1</sub>, 2018-2020-ban H-1015 F<sub>1</sub> paradicsom

\* $P \leq 0.05$ , \*\* $P < 0.01$ , \*\*\* $P < 0.001$  ns=non-significant

A szignifikáns különbséget a nagybetű a vízellátás között, a kis betű a baktériumkezelések között jelöli.

# TÁBLÁZAT ÉS ÁBRAJEGYZÉK

## Táblázatok

1. TÁBLÁZAT. A KÍSÉRLETEKBEN RÉSZT VEVŐ BAKTÉRIUM KÉSZÍTMÉNYEK ÖSSZETEVŐI .....	23
2. TÁBLÁZAT. A KÍSÉRLETBEN HASZNÁLT IPARI PARADICSOM HIBRIDEK VÍZELLÁTÁSA ÉS AZ ÁTLAGOS HŐMÉRSÉKLETI ADATOK (2018-BAN ÉS 2020-BAN H-1015, 2019-BEN UG812J) .....	25
3. TÁBLÁZAT. LEVÉLHŐMÉRSÉKLET VÁLTOZÁSÁNAK STATISZTIKAI ANALÍZISE A BAKTÉRIUM NÉLKÜLI (B0) KONTROLLNÁL ÖNTÖZÉS NÉLKÜL (I0), DEFICIT ÖNTÖZÉSÉNél (I50) ÉS OPTIMÁLIS ÖNTÖZÉSÉNél (I100) AZ IPARI PARADICSOM FENOLÓGIAI SZAKASZAIBAN .....	38
4. TÁBLÁZAT. BAKTÉRIUM KEZELÉSEK HATÁSÁNAK STATISZTIKAI ANALÍZISE A LEVÉLHŐMÉRSÉKLETRE AZ IPARI PARADICSOM FEJLŐDÉSE ALATT, FENOLÓGIAI SZAKASZOKRA BONTVA .....	41
5. TÁBLÁZAT. VÍZELLÁTÁS (WS) ÉS NÖVÉNYI NÖVEKEDÉST SERKENTŐ RHIZOBAKTÉRIUMOK (PGPR) HATÁSA AZ ÉLETTANI TULAJDONSÁGOKRA IPARI PARADICSOM FEJLŐDÉSE ALATT.....	43
6. TÁBLÁZAT. SPAD VÁLTOZÁSÁNAK STATISZTIKAI ANALÍZISE A BAKTÉRIUM NÉLKÜLI (B0) KONTROLLNÁL ÖNTÖZÉS NÉLKÜL (I0), DEFICIT ÖNTÖZÉSÉNél (I50) ÉS OPTIMÁLIS ÖNTÖZÉSÉNél (I100) A PARADICSOM FENOLÓGIAI SZAKASZAIBAN .....	46
7. TÁBLÁZAT. BAKTÉRIUM KEZELÉSEK HATÁSÁNAK STATISZTIKAI ANALÍZISE A SPAD-RA AZ IPARI PARADICSOM FEJLŐDÉSE ALATT, FENOLÓGIAI SZAKASZOKRA BONTVA.....	49
8. TÁBLÁZAT. KLOROFILL FLUORESZCENCIA (Fv/Fm) VÁLTOZÁSÁNAK STATISZTIKAI ANALÍZISE A BAKTÉRIUM NÉLKÜLI (B0) KONTROLLNÁL ÖNTÖZÉS NÉLKÜL (I0), DEFICIT ÖNTÖZÉSÉNél (I50) ÉS OPTIMÁLIS ÖNTÖZÉSÉNél (I100) AZ IPARI PARADICSOM FENOLÓGIAI SZAKASZAIBAN.....	52
9. TÁBLÁZAT. BAKTÉRIUM KEZELÉSEK HATÁSÁNAK STATISZTIKAI ANALÍZISE A KLOROFILL FLUORESZCENCIÁRA (Fv/Fm) AZ IPARI PARADICSOM FEJLŐDÉSE ALATT, FENOLÓGIAI SZAKASZOKRA BONTVA .....	55
10. TÁBLÁZAT. RHIZOBAKTÉRIUM KEZELÉSEK (PGPR) HATÁSA H-1015 (2018, 2020) ÉS UG812J (2019) PARADICSOM BOGYÓ DARABSZÁMÁRA .....	57
11. TÁBLÁZAT. VÍZELLÁTÁS (WS) ÉS RHIZOBAKTÉRIUMOK (PGPR) HATÁSA IPARI PARADICSOM TERMÉKENYÜLÉSÉRE 2018-2020 .....	61
12. TÁBLÁZAT. VÍZELLÁTÁS (WS) ÉS BAKTÉRIUM KEZELÉSEK (PGPR) HATÁSA IPARI PARADICSOM ÖSSZES FÖLD FELETTI NÖVÉNYTÖMEGÉRE (H-1015 FAJTA 2018-BAN ÉS 2020-BAN; UG812J FAJTA 2019-BEN).....	63
13. TÁBLÁZAT. VÍZELLÁTÁS HATÁSA IPARI PARADICSOM TERMÉSÉRE ÉS ZÖLD TÖMEGÉRE (H-1015 FAJTA 2018-BAN ÉS 2020-BAN; UG812J FAJTA 2019-BEN) .....	64
14. TÁBLÁZAT. VÍZELLÁTÁS (WS) ÉS NÖVÉNYI NÖVEKEDÉST SERKENTŐ RHIZOBAKTÉRIUMOK (PGPR) HATÁSA IPARI PARADICSOM TERMÉSÉRE (2018-2020).....	68
15. TÁBLÁZAT. BAKTÉRIUMMAL KEZELT NÖVÉNYEK GENERATÍV* SZAKASZA ALATT AZ ÉLETTANI TULAJDONSÁGOK BEFOLYÁSA AZ ÖSSZES TERMÉSRE ELTÉRŐ VÍZELLÁTÁS ALATT .....	73
16. TÁBLÁZAT. VÍZELLÁTÁS HATÁSA IPARI PARADICSOM MINŐSÉGI TULAJDONSÁGÁIRA (H-1015 FAJTA 2018-BAN ÉS 2020-BAN; UG812J FAJTA 2019-BEN) .....	74

## Ábrák

1. ÁBRA. MAGYARORSZÁGON TERMESZTETT PARADICSOM MENNYISÉGE (TONNA). (FORRÁS: AGROFÓRUM 2021) .....	8
2. ÁBRA. H-1015 IPARI PARADICSOM PALÁNTÁK A 2020-AS SZÁRÍTÓPUSZTAI KIÜLTETÉSKOR (FORRÁS: SAJÁT).....	23
3. ÁBRA. A KÉT IPARI PARADICSOM HIBRID SZÁRÍTÓPUSZTÁN (FORRÁS: SAJÁT) .....	24

4. ÁBRA. CSEPEGTETŐ ÖNTÖZŐ BERENDEZÉS KIÉPÍTÉSE A 2019-ES PARADICSOM KÍSÉRLETBEN (FORRÁS: SAJÁT).....	26
5. ÁBRA. A KÍSÉRLET SORÁN HASZNÁLT MÉRŐESZKÖZÖK ÉS NEVEIK.....	28
6. ÁBRA. A KÉT IPARI PARADICSOM HIBRID PIACKÉPES TERMÉSEI .....	29
7. ÁBRA. PÜRÉSÍTETT IPARI PARADICSOM BRIX MÉRÉSE A LABORATÓRIUMBAN KRÜSS DR 201-95 DIGITÁLIS KÉZI REFRAKTOMÉTERREL (FORRÁS: SAJÁT) .....	30
8. ÁBRA. 2018-AS ÉV METEOROLÓGIAI ADATAI .....	31
9. ÁBRA. 2019-ES ÉV METEOROLÓGIAI ADATAI .....	32
10. ÁBRA. 2020-AS ÉV METEOROLÓGIAI ADATAI .....	33
11. ÁBRA. TALAJNEDVESSÉG VÁLTOZÁSA A BAKTÉRIUM NÉLKÜLI (B0) KONTROLLNÁL ÖNTÖZÉS NÉLKÜL (I0), DEFICIT ÖNTÖZÉSÉNél (I50) ÉS OPTIMÁLIS ÖNTÖZÉSÉNél (I100) A PARADICSOM FENOLÓGIAI SZAKASZAIBAN .....	35
12. ÁBRA. LEVÉLHŐMÉRSÉKLET VÁLTOZÁSA A BAKTÉRIUM NÉLKÜLI (B0) KONTROLLNÁL ÖNTÖZÉS NÉLKÜL (I0), DEFICIT ÖNTÖZÉSÉNél (I50) ÉS OPTIMÁLIS ÖNTÖZÉSÉNél (I100) A PARADICSOM FENOLÓGIAI SZAKASZAIBAN .....	37
13. ÁBRA. BAKTÉRIUM KEZELÉSEK HATÁSA A LEVÉLHŐMÉRSÉKLETRE AZ IPARI PARADICSOM FEJLŐDÉSE ALATT, FENOLÓGIAI SZAKASZOKRA BONTVA.....	40
14. ÁBRA. SPAD VÁLTOZÁSA A BAKTÉRIUM NÉLKÜLI (B0) KONTROLLNÁL ÖNTÖZÉS NÉLKÜL (I0), DEFICIT ÖNTÖZÉSÉNél (I50) ÉS OPTIMÁLIS ÖNTÖZÉSÉNél (I100) A PARADICSOM FENOLÓGIAI SZAKASZAIBAN .....	45
15. ÁBRA. BAKTÉRIUM KEZELÉSEK HATÁSA A SPAD-RA AZ IPARI PARADICSOM FEJLŐDÉSE ALATT, FENOLÓGIAI SZAKASZOKRA BONTVA .....	48
16. ÁBRA. KLOOROFILL FLUORESZCENCIA (Fv/Fm) VÁLTOZÁSA A BAKTÉRIUM NÉLKÜLI (B0) KONTROLLNÁL ÖNTÖZÉS NÉLKÜL (I0), DEFICIT ÖNTÖZÉSÉNél (I50) ÉS OPTIMÁLIS ÖNTÖZÉSÉNél (I100) AZ IPARI PARADICSOM FENOLÓGIAI SZAKASZAIBAN .....	51
17. ÁBRA. BAKTÉRIUM KEZELÉSEK HATÁSA A KLOOROFILL FLUORESZCENCIÁRA (Fv/Fm) AZ IPARI PARADICSOM FEJLŐDÉSE ALATT, FENOLÓGIAI SZAKASZOKRA BONTVA .....	54
18. ÁBRA. BAKTÉRIUMKEZELÉSEK HATÁSA ELTÉRŐ VÍZELLÁTÁSBAN IPARI PARADICSOM HIBRIDEK PIACKÉPES TERMÉSÉRE (T/HA) .....	66
19. ÁBRA. BAKTÉRIUMKEZELÉSEK HATÁSA ELTÉRŐ VÍZELLÁTÁSBAN IPARI PARADICSOM HIBRIDEK ZÖLD TERMÉSÉRE (T/HA).....	70
20. ÁBRA. BAKTÉRIUMKEZELÉSEK HATÁSA ELTÉRŐ VÍZELLÁTÁSBAN IPARI PARADICSOM HIBRIDEK BETEG TERMÉSÉRE (T/HA) .....	71
21. ÁBRA. VÍZELLÁTÁS ÉS NÖVÉNYI NÖVEKEDÉST SEGÍTŐ BAKTÉRIUM TÖRZSEK HATÁSA IPARI PARADICSOM HIBRIDEK SZÁRAZANYAG TARTALMÁRA (2018-BAN ÉS 2020-BAN H-1015, 2019-BEN UG812J) .....	76
22. ÁBRA. VÍZELLÁTÁS ÉS NÖVÉNYI NÖVEKEDÉST SEGÍTŐ BAKTÉRIUM TÖRZSEK HATÁSA IPARI PARADICSOM C-VITAMIN TARTALMÁRA (2018-BAN ÉS 2020-BAN H-1015, 2019-BEN UG812J) .....	78

## Mellékletek

1. MELLÉKLET TÁBLÁZAT. VÍZELLÁTÁS (WS) ÉS NÖVÉNYI NÖVEKEDÉST SEGÍTŐ BAKTÉRIUM TÖRZSEK (PGPR) HATÁSA IPARI PARADICSOM HIBRIDEK SZÁRAZANYAG TARTALMÁRA (2018-2020).....	106
2. MELLÉKLET TÁBLÁZAT. VÍZELLÁTÁS (WS) ÉS NÖVÉNYI NÖVEKEDÉST SEGÍTŐ BAKTÉRIUM TÖRZSEK (PGPR) HATÁSA IPARI PARADICSOM HIBRIDEK C-VITAMIN TARTALMÁRA (μG/G) (2018-2020) .....	107

# KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

Ezúton szeretnék köszönetet mondani Dr. Nemeskéri Eszter témavezetőmnek kiemelkedő szakmai segítségéért, türelméért és folyamatos támogatásáért. Szeretnék köszönetet mondani Dr. Helyes Lajos témavezetőmnek, amiért segítséget nyújtott publikációim és e disszertáció elkészítéséhez.

Szeretném megköszönni a SZIE MKK Kertészeti Intézet munkatársainak és doktoranduszainak a segítségét, külön kiemelve Dr. Neményi Andrást és Dr. Pék Zoltánt, akik a szabadföldi kísérlet lefolytatásában nyújtottak kiemelkedő támogatást.

Szeretném megköszönni a Regionális Egyetemi Tudásközpontjának Élelmiszer analitikai Laboratórium munkatársainak, Dr. Daood Husseinnek és Ráth Szilviának az analitikai munkákban nyújtott felbecsülhetetlen segítségét.

Továbbá köszönöm családomnak és barátaimnak a támogatásukat és a szeretetüket !