



**AZ ELTÉRŐ VÍZELLÁTOTTSÁG HATÁSA AZ IPARI PARADICSOM
TERMÉSKÉPZÉSÉRE ÉS SZTÓMAKONDUKTANCIÁJÁRA**

Doktori (PhD) értekezés

BÓCS ANDRÁS

Gödöllő

2018

A doktori iskola

megnevezése: SZIE Növénytudományi Doktori Iskola
tudományága: Növénytermesztési és kertészeti tudományok

vezetője: Dr. Helyes Lajos
egyetemi tanár, MTA doktora
SZIE, Mezőgazdasági- és Környezettudományi Kar
Kertészeti Intézet

Témavezető: Dr. Helyes Lajos
egyetemi tanár, MTA doktora
SZIE, Mezőgazdasági- és Környezettudományi Kar
Kertészeti Intézet

.....
Az iskolavezető jóváhagyása

.....
A témavezető jóváhagyása

TARTALOMJEGYZÉK

1	BEVEZETÉS	5
1.1	A kutatómunka célkitűzései.....	6
2	IRODALMI ÁTTEKINTÉS.....	8
2.1	A paradicsomtermesztés jelentősége	8
2.1.1	Az ipari paradicsomtermesztés helyzete.....	8
2.2	A paradicsom ökológiai igényei	10
2.2.1	Hőigénye	10
2.2.2	Fényigénye	11
2.2.3	Tápanyagigénye.....	12
2.2.4	Vízigénye	13
2.3	A paradicsom táplálkozás-élettani jelentősége.....	14
2.4	Konzervipari minőség	17
2.5	Rendelkezésre álló víz, aszályhajlam.....	19
2.6	A szárazságstressz hatásai	21
2.7	Vízkezelés-gazdálkodás kihívásai, öntözés fejlesztése	23
2.8	Új öntözési stratégiák.....	26
2.9	A paradicsom öntözésének tervezése.....	27
2.9.1	Az öntözés időpontjának meghatározása közvetett módszerekkel.....	28
2.9.2	Az öntözés időpontjának meghatározása közvetlen módszerekkel.....	29
3	ANYAG ÉS MÓDSZER	35
3.1	A kísérleti körülmények	35
3.2	Kísérleti módszerek ismertetése	37
3.2.1	A kísérletek beállítása, az alkalmazott agrotechnika.....	37
3.2.2	Kísérletekben szereplő fajták jellemzése	46
3.2.3	Időjárás és csapadék adatok	48
3.2.4	Kísérlet során alkalmazott mérőműszerek	55
3.2.5	Kísérlet során végzett mérések.....	57
3.3	Kísérleti eredmények kiértékelése, statisztikai elemzések.....	60
4	EREDMÉNYEK	61
4.1	2008-as év kísérleti eredmények.....	61
4.1.1	A 2008-as év sztómakonduktancia adatainak értékelése	61
4.1.2	A 2008-as év terméseredményeinek értékelése.....	63
4.1.3	A vízellátottság és a termésparaméterek kapcsolata 2008-ban	66
4.1.4	A levélfelszín hőmérséklet és léghőmérséklet kapcsolata 2008-ban.....	67
4.1.5	A 2008-as év levélfelszín-léghőmérséklet különbség és halmozott sztómakonduktancia összefüggés vizsgálata.....	68
4.2	2009-es év kísérleti eredmények.....	70
4.2.1	A 2009-es év sztómakonduktancia adatainak értékelése	70
4.2.2	A 2009-es év terméseredményeinek értékelése.....	71
4.2.3	A vízellátottság és a termésparaméterek kapcsolata 2009-ben	74
4.2.4	A levélfelszín hőmérséklet és léghőmérséklet kapcsolata 2009-ben.....	75

4.2.5	A 2009-es év levélfelszín-léghőmérséklet különbség és halmozott sztómakonduktancia összefüggés vizsgálata.....	77
4.3	2010-es év kísérleti eredmények.....	78
4.3.1	A 2010-es év sztómakonduktancia adatainak értékelése.....	78
4.3.2	A 2010-es év terméseredményeinek értékelése.....	80
4.3.3	A vízellátottság és a termésparaméterek kapcsolata 2010-ben.....	82
4.3.4	A levélfelszín hőmérséklet és léghőmérséklet kapcsolata 2010-ben.....	83
4.3.5	A 2010-es év levélfelszín-léghőmérséklet különbség és halmozott sztómakonduktancia összefüggés vizsgálata.....	85
4.4	2011-es év kísérleti eredmények.....	86
4.4.1	A 2011-es év sztómakonduktancia adatainak értékelése.....	86
4.4.2	A 2011-es év terméseredményeinek értékelése.....	88
4.4.3	A vízellátottság és a termésparaméterek kapcsolata 2011-ben.....	91
4.4.4	A levélfelszín hőmérséklet és léghőmérséklet kapcsolata 2011-ben.....	91
4.4.5	A 2011-es év levélfelszín-léghőmérséklet különbség és halmozott sztómakonduktancia összefüggés vizsgálata.....	93
4.5	A négy kísérleti év összefoglalása.....	94
4.6	Új tudományos eredmények.....	102
5	KÖVETKEZTETÉSEK ÉS JAVASLATOK.....	103
6	ÖSSZEFOGLALÁS.....	105
7	SUMMARY.....	107
M1	- IRODALOMJEGYZÉK.....	109
M2	- MELLÉKLETEK.....	123
	KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS.....	129

1 BEVEZETÉS

A paradicsom (*Lycopersicon esculentum* Mill.) a világ egyik legnagyobb gazdasági jelentőséggel bíró zöldségnövénye, amelynek fogyasztási igényéhez óriási termőfelület és termésmennyiség párosul.

Magyarország természeti adottságai lehetővé teszik a jó minőségű, táplálkozás-élettani szempontból értékes összetételű paradicsom termesztését, amit a mérsékelt klíma, a kiváló termőföld és a mezőgazdaság számára rendelkezésre álló vízvagyon biztosít, ami a nemzeti örökség része (Terbe et al., 2010). Az ipari paradicsom, a pár évvel ezelőtti mélypontot követően újra egyre fontosabb növényévé vált a magyar zöldségtermesztésnek és a termelők az üzemméret növelésével, valamint korszerű, 80-100 t/ha termőképességű, intenzív technológiát igénylő, géppel betakarítható hibridek alkalmazásával, és precízen megtervezett öntözési technológiákkal stabil partnereivé váltak a feldolgozóiparnak (FruitVeb, 2017; KSH-STADAT, 2017).

A paradicsom hosszú tenyészideje alatt nagy vízfelhasználású, vízigényes növény, de fejlett és mélyre hatoló, nagy szívóerejű gyökérzetével a vizet gazdaságosan hasznosító zöldségfélék közé tartozik (Hodossi, 2009). A paradicsombogyónak alacsony kalóriatartalma (22 kcal/100g) mellett (Helyes, 1999a), magas a karotinoid tartalma, amik antioxidáns hatású biológiailag aktív vegyületek (Riahi és Hdider, 2013), és egészségmegőrző hatásukat számos klinikai vizsgálat bizonyította (Pernice et al., 2010; Li et al., 2013). Ezek közül is a legtöbbet kutatott vegyület a likopin, aminek a paradicsom a legfőbb forrása az emberi táplálkozásban (Clinton, 1998; Giovannucci et al., 2002; Lugasi et al., 2004). A paradicsom piros színét a likopintartalma határozza meg, ami az egyik legfontosabb belső értékmérő tulajdonsága, és a feldolgozóipar számára alapvető minőségi követelmény (Stevens és Rick, 1986).

A termés minőségét a külső tulajdonságok (méret, alak, egységes szín, egyöntetűség stb.) mellett, a beltartalmi összetevők mennyisége és egymáshoz viszonyított aránya határozza meg. A feldolgozóipar számára legfontosabb az érett paradicsom szárazanyag-tartalma, amely oldott és oldhatatlan formában szénhidrátokat (cukor, keményítő), szerves savakat, ásványi anyagokat, proteineket, lipideket, festékanyagokat, illó flavonoidokat, fenolokat és sejtfalalkotó anyagokat (cellulóz, hemicellulóz, pektin) tartalmaz (Helyes, 1999a).

A szárazanyag-tartalmat számos tényező befolyásolja, ami függ a fajtától, a bogyó érettségi állapotától, és a környezeti paraméterektől (hőmérséklet, besugárzás, tápanyag- és vízellátottság, évjáráthatás) (Helyes és Varga, 1994; Sass-Kiss et al., 2005).

Magyarországon az egyik legfontosabb termelést akadályozó tényező a vegetációs időszakban fellépő vízhiány. Az éghajlatváltozást tekintve rendkívül bizonytalanok az előrejelzések, de az szinte biztosra vehető, hogy több lesz az aszályosság térbeli és időbeli kiterjedése, nagyobb lesz az extrém csapadék valószínűsége. A növénytermesztés jövőbeni lehetőségeit a klimatikus

változásokhoz való alkalmazkodás szintje fogja meghatározni, ami elsősorban a vízzel való hatékonyabb gazdálkodást jelenti (Láng et al. 2007; Jolánkai és Birkás, 2010; Birkás et al., 2015).

Az aszálynak három fő típusa (légköri, fiziológiai, taljaszály) közül, a taljaszály a legkárosabb forma, amikor a talaj nedvességtartalma a holtvíz szintjéig süllyed, tehát nem tudja kielégíteni a növény vízigényét. Ha ez nem szűnik meg rövid időn belül (pl. öntözéssel), az visszafordíthatatlan gazdasági veszteséget okoz (Turcsányi, 1998).

A növények vízigényét az általuk felhasznált víz mennyiségével, és a talaj nedvességtartalma iránti igényükkel lehet jellemezni, amit a kialakulásának folyamatában kell vizsgálni, hogy jobban megismerhessük és folyamatosan elősegíthessük a vízfelvétel és a vízleadás termelési célnak megfelelő egyensúlyát (Cselötei, 1993; Zegbe-Domínguez et al., 2003; Favati et al., 2009).

A paradicsom vízellátásának kritikus időszaka a tömeges kötődés kezdetétől a termésnövekedés végéig tart, tehát június közepétől, a teljes július hónapot átfedve augusztus elejéig (Balázs, 1985). Hazánk klimatikus adottságai között a korszerű, gazdaságos zöldségtermesztés elengedhetetlen eleme az öntözés, ami az egyik leginkább megtérülő aszályvédelmi beruházás.

Az öntözés hatása értékelhető a növény termésképzésével, a termés kialakulásával, éréisdinamikájával, beltartalmi összetevőivel. A későn megkezdett öntözés és a túlöntözés is terméseszkökenéssel jár (Helyes, 1999a).

Fontos azonban, hogy az öntözés objektív információk alapján megtervezve kerüljön kivitelezésre. Az optimális öntözési és idénynorma megállapítása rendkívül fontos, mind a minél nagyobb termésátlag biztosítása, mind az elkerülhetetlennél nagyobb mértékű beltartalmi minőségsökkenés elkerülése, mind pedig a termelés gazdaságossága szempontjából. Az előre tervezést azonban nehezíti az időjárás változékonysága, ezért fontos olyan, növényi paraméterek mérésén alapuló módszerek alkalmazása, melyekkel a termesztési időszak közben is folyamatosan nyomon követhető az állomány vízellátottsága és melyek alapján optimalizálható az öntözés.

1.1 A kutatómunka célkitűzései

Kutatási tevékenységem az ipari paradicsom termésképzésére és a beltartalmi összetevőire ható fontosabb abiotikus és biotikus tényezők hatásmechanizmusának feltárására, számszerűsítésére irányult. A vízhiány stressz meghatározásának növényi jellemzőiből, roncsolásmentesen kapott információk közül a sztómakonduktanciát és a növényállomány felszínhőmérsékletét vizsgáltam.

A SZIE Kertészeti Intézetében (illetve jogelődjénél) az 1950-es évek közepén kezdődtek el a zöldségnövényekkel kapcsolatos vízforgalmi és öntözési vizsgálatok. Az Intézet vízforgalmi kísérleteinek 1959-től, öntözési kutatásainak, pedig 1962-től legfontosabb tesztnövénye a paradicsom (*Lycopersicon esculentum* Mill.). A Kertészeti Intézet a levél felszínhőmérsékletet

1985-óta vizsgálja, ezért erre sok adat született, nem csak ipari paradicsomra vonatkozóan. A sztómakonduktancia mérést porométerrel 10 éve kezdte az Intézet.

Lényeges növényi alkalmazkodási reakció a vízvesztés hatására bekövetkező sztómazáródás, ami a nappali órákban a fotoszintézis korlátozásával jár együtt. A fotoszintézis intenzitásának hosszan tartó csökkenése lassítja a növény fejlődését, korlátozza a biomassa-termelést, ami kevesebb termést eredményez. A sztóma-tevékenység jellemzésével az optimális termesztési feltételek, és a stresszhelyzetet kialakító környezeti tényezők jellemzése válik lehetővé. A levélfelszín hőmérséklet szintén jól meghatározza a növényállomány vízellátottságát (Cselótei és Helyes, 1988; Helyes, 1999b). A sztómakonduktancia és levélfelület hőmérséklet ismeretében előre jelezhető az öntözés szükségessége (Bócs et al., 2010a; Helyes et al., 2010; Bócs és Pék, 2011; Bócs et al., 2011).

A tudományos kutatásom céljai az alábbi témakörökre terjedtek ki:

- Négy egymást követő évben, az eltérő vízellátottság hatásának értékelése az ipari paradicsom sztómakonduktanciájára és levélfelszín hőmérsékletére.
- A környezeti tényezők és az évjárat együttes hatásmechanizmusának vizsgálata, valamint a vízellátottság hatásának számszerűsítése a paradicsombogyó fontosabb termésparamétereire (termésmennyiség, hektáronkénti bogyószám, bogyó átlagtömeg és Brix°) vonatkozóan.

2 IRODALMI ÁTTEKINTÉS

2.1 A paradicsomtermesztés jelentősége

A paradicsom a világ legjelentősebb zöldségfaja. Őshazája a Csendes-óceáni partvidék Egyenlítő és Észak Chile közötti partvidéki sávjától, az Andok-hegység mintegy 2000 méteres magasságáig terjed, azonban a nemesítést és termesztést a Mexikóban élő indián törzsek kezdték el (Giordano és Silva, 2000).

A paradicsom eredményes termesztése a mérsékelt övben meghatározó. A trópusi területeken hiányoznak a megfelelő éghajlati feltételek, ott csupán a hűvösebb évszakokban, illetve a magasabb fekvésű melegebb területeken lehet szabadföldi termesztést folytatni. A paradicsomtermő területek kb. 75 %-a és az előállított termés kb. 90%-a Ráktérítő és az 50. északi, valamint a Baktérítő és az 50. déli szélességi fok között található (Helyes, 1999a).

Jelenleg közel 5 millió hektárról mintegy 177 millió tonna termést takarítanak be. Ez azt jelenti, hogy a zöldségtermesztéssel hasznosított termőterületnek 9%-án termelnek paradicsomot. A termés mennyiségét vizsgálva még jelentősebb részarányt képvisel, mivel a világon évente előállított termésnek 16%-át adja (FAO, 2017).

A világtermelés 57%-át Ázsia adja, 17%-át Amerika, 14%-át Európa, és 12%-át Afrika. A világ négy legfontosabb paradicsomtermesztő és feldolgozó országa: Kína (56 mill. t.), India (18 mill. t.) USA (13 mill. t.) és Törökország (13 mill. t.). Európán belül a legnagyobb termelők Olaszország (6,4 mill. t.), Spanyolország (4,7 mill. t.), Ukrajna (2,2 mill. t.), Portugália (1,7 mill. t.) és Görögország (1 mill. t.). A száraz klímán elhelyezkedő országokban/országrészekben a paradicsomtermesztés jól irányítható; öntözve, korszerű tápanyag-utánpótlással magas hozamot lehet elérni, jó beltartalmi értékekkel. Az Európai Unió 17,7 millió tonna paradicsomot (friss és ipari) termelt 2015-ben, amelynek kétharmadát Olaszország és Spanyolország szolgáltatta (Eurostat, 2016).

Magyarországon a friss fogyasztásra kerülő paradicsom legnagyobb részét hajtásban állítják elő, mintegy 380-400 ha-on, az étkezési paprika mögött a második legfontosabb zöldségfaj. Az ilyen módon előállított termés mennyisége is viszonylag állandó, 100 ezer tonna körül mozog évente. A paradicsom hajtás 2016-os produktuma 126 ezer tonna körül alakult, amely átlagban 33 kg/m² fajlagos hozamnak felel meg. A korszerű növényházakban az átlagtermés 55 kg/m² volt (FruitVeb, 2017).

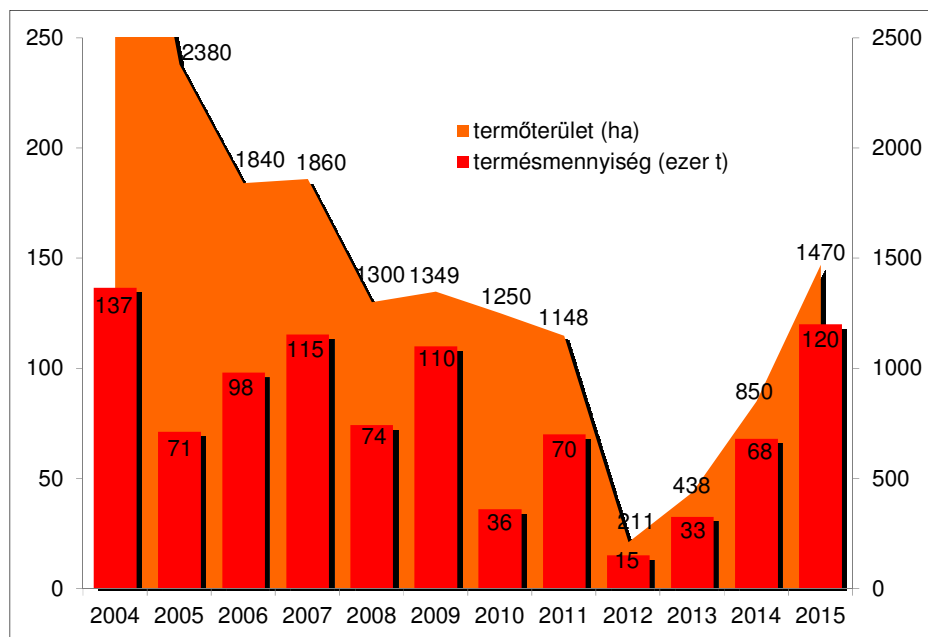
2.1.1 Az ipari paradicsomtermesztés helyzete

A Paradicsomfeldolgozók Világszövetségének (WPTC, 2017) jelentése szerint az elmúlt években világviszonylatban nőtt a megtermelt ipari paradicsom mennyisége, ami 2017-ben 37,5

millió tonna volt. Ez a világon megtermelt paradicsom mennyiségének közel 21%-a. A világon Kalifornia a legnagyobb piaci szereplő 11 millió tonnával, a második pedig Kína 5 millió tonnával. Európában Olaszország, Spanyolország és Portugália együttesen több mint 9 millió tonnát állított elő szabadföldi paradicsomból (AMITOM, 2017).

Magyarországon az elmúlt 10-15 évben az ipari paradicsomtermelésben erőteljes területi koncentráció zajlott le. A termelés 80%-ban a dél-alföldi régióban történik, ebből is kiemelkedik Békés megye. Az elmúlt néhány évben a paradicsom készítmények fogyasztása dinamikusan fejlődött világviszonylatban, így Magyarországon is. A hazai egy főre eső átlagfogyasztás kb. 12 kg/év, mely még mindig csak a fele az EU-s fogyasztásnak, de folyamatosan emelkedik, és a termésátlagok is évről-évre javulnak. A megfelelő gyártástechnológia alkalmazásával a hazai kedvező éghajlati, időjárási körülmények között termesztett, jelentős likopintartalmú ipari paradicsomból jó minőségű, táplálkozás-élettani szempontból kedvező összetételű termékek állíthatók elő (FruitVeb, 2017).

Az elmúlt 5–6 évben lényeges változások történtek Magyarországon a szabadföldi paradicsomtermesztésben (NAK, 2016). Az uniós kvóta (130 ezer t/év) kivezetése után jelentős terület- és mennyiségi csökkenés következett be, 2012-re a megszűnés közelébe került az ágazat. Ekkor a megtermelt mennyiség 16 ezer tonna volt, a terület pedig 211 hektárra csökkent (1. ábra).



1. ábra A hazai ipari paradicsomtermelés alakulása (FruitVeb, 2016)

Ebben az időszakban az importfüggőségünk is rekord magas volt, mélypontnak a 2010-es év számított 82%-kal. Csak azok a termelők maradtak talpon, akik képesek voltak magas technológiai színvonalon, nagy terméseredmények mellett (80-100 t/ha) kiváló beltartalmi értéket produkálni.

A 2013-as évi fordulóponttól folyamatosan nő a termőterület és a betakarított

termésmennyiség, 2016-ban 1300 ha-ról 86 ezer tonnát takarítottak be, ami kismértékű visszaesés az elmúlt évhez képest, de 2017-ben már tovább növekedtek a termésátlagok (80-85 t/ha), és a minőség (5,5-6 Brix°) is kedvező volt. Az ipari paradicsom korszerű termesztéstechnológiájának (gépesítés, öntözésfejlesztés, palántázás, tápanyagutánpótlás, növényápolás, integrált növényvédelem) és a gyártókapacitás további bővítésének köszönhetően az elkövetkezendő években további jelentős területi- és mennyiségi növekedés várható (FruitVeb, 2017).

Az Európai Unió közös fajtalistáján jelenleg több mint 3700 paradicsomfajta (friss fogyasztású és ipari) található, ezen belül a Nemzeti Fajtajegyzékben 195 Magyarországon állami elismerésben részesített paradicsomfajta van nyilvántartva. Szabadföldi síttermesztésben elsősorban ipari feldolgozásra szánt determinált növekedésű, főként hosszúkás bogyójú, 60-100 g átlagtömegű fajtákat termesztnek. Ezek többnyire sűrítmény gyártására és speciális célokra, pl. kockázásra, hámozásra alkalmasak. Hazánkban a mediterrán országoknál rövidebb termesztési időszak miatt, a viszonylag nem túl késői fajták jöhetnek számításba. A bogyók szárazanyag-tartalmát a fajta mellett a talajadottságok és az időjárási körülmények is jelentősen befolyásolják (Nébih, 2017).

2.2 A paradicsom ökológiai igényei

2.2.1 Hőigénye

A paradicsom a mérsékelt melegigényes zöldségnövények közé tartozik, amely Markov és Haev (1953) beosztása alapján a $22\pm 7^{\circ}\text{C}$ -os hőigényű növények csoportjába tartozik (Somos, 1971).

A hőmérsékleti összeg fogalmat Réaumur 1735-ben vezette be. Megállapította, hogy a léghőmérsékleti összeg alapján pontosabban lehet meghatározni a fenofázisok bekövetkeztét, mint a naptári dátumok alapján (Réaumur, 1735 idézi Saykewich, 1995). A tenyészidő naponkénti hőmérséklet átlagainak és a csapadék mennyiségeinek a kiültetéstől halmozott értékei jól jellemzik a növények növekedésének, fejlődésének és termésképzésének időjárási körülményeit (Helyes, 1999a). Monteith (1981) nyomán az így értelmezett hőmérsékleti összeget termikus időnek is nevezik. Az ipari paradicsomnak a teljes tenyészidőszak alatt átlagosan $2200\text{-}2400^{\circ}\text{C}$ hőösszeg felhalmozódásra van szüksége (Hodossi, 2009).

Ideális hőmérsékleti tartománya fenológiai fázisonként változik. A csírázás 10°C felett indul meg, optimuma 22°C körül van. Ennél magasabb hőmérsékleten csökken a csírázási százalék. Szikleveles állapotban a $17\text{-}18^{\circ}\text{C}$ -os hőmérséklet a megfelelő, borús időben azonban a megnyúlás veszélye miatt még alacsonyabb hőmérséklet (13°C) ajánlott. Ha nem tudjuk a hőmérsékletet kellően alacsony szinten tartani, akkor a palántamegnyúlás elkerülése végett szellőztetni kell, és visszafogni az öntözést (Balázs, 1985).

Az intenzív növekedési szakaszban a paradicsom hőigénye nappal 18-27°C, éjjel pedig 15-18°C (Perry et al., 1997). A kötődés mértéke 13-14°C alatt, ill. 30°C felett romlik. A pollenképződés alatt az optimális hőmérséklet 19°C, ha a nappali/éjszakai hőmérséklet meghaladja a 26/20°C-os értéket, a kötődés folyamata leáll (El Ahmadi, 1977). Magas hőmérsékleten romlik a pollen minősége, növekszik az abnormális virágok aránya, aminek következményeként csökken a bogyószám (Dorais et al., 2001). Ezzel szemben az alacsony éjszakai hőmérsékleten (10-13°C) a kötődés folyamata gátolódhat, mivel a pollenszemek sokat veszítenek életképességükből (Ho, 1996).

A bogyó napi növekedési rátája szorosan összefügg a hőmérséklet alakulásával és a vízellátottsággal, ami folyamatosan emelkedik reggeltől egészen délig, azután viszont egyre csökken a nap végéig (Ehret és Ho, 1986; Pék, 2004). A hőmérséklet emelkedésével a növényállomány transzspirációja is erősödik, ami vízhiányos állapotot idéz elő, gátolva ezzel a bogyó gyarapodását (Thompson et al., 1998).

A hőmérséklet kihat a termés formájára, színére és keménységére is (Pék, 2004). 12°C alatti éjszakai hőmérséklet lelassítja az érést és elősegíti deformált bogyók képződését (Tomer et al., 1998). A pigmentek (legfőképpen a likopin) képződése szempontjából optimális hőmérsékleti tartomány: 16-21°C. A likopin szintézise 32°C felett leáll, onnan már csak β -karotin termelődik. A likopin bioszintézisének alsó hőmérsékleti határa 12°C (Leoni, 1992; Dumas et al., 2003). 30°C felett a likopin, 40°C felett pedig a β -karotin szintézise gátolt, ilyenkor az érett termésem sárga, sárgászöld foltok alakulhatnak ki (Tomes, 1963). Ilyen magas hőmérsékleten sem az etilén, sem a bogyó puhulásáért felelős poligalakturonáz enzimek nem termelődnek (Ishida, 1998).

A hőmérséklet befolyásolja a fotoszintézis során előállított asszimilátumok eloszlását a növény vegetatív és generatív részei között. A magas hőmérséklet a bogyó tápanyagfelvételének kedvez. De Koning szerint (1992) 1°C-os hőmérsékletemelkedés hatására 0,07%-kal nő a termés szárazanyag-tartalma.

2.2.2 Fényigénye

A paradicsom fényigényes zöldségnövény. Fejlődésére a fény erősségén és összetételén túl, a megvilágítás időtartama is hat. Normális növekedéséhez minimum 5000 lux (200-300 J/cm²/nap) megvilágítás szükséges (Balázs, 1985). A fény minőségét tekintve a vörös fény a növények megnyúlását okozza, a kék fény pedig gátolja azt, ami a palántaneveléskor lehet fontos tényező (Farkas, 1994).

A paradicsom származása szerint hosszú nappalos (Cselőtei, 1993), de általában a nappalközömbös növények közé sorolják (Kinet és Peet, 1997). Hazai körülmények között 10-12 órás megvilágítás nélkülözhetetlen a normális virágzáshoz és kötődéshez, ezért kb. február közepétől lehet számítani a termesztő berendezésekben kielégítő termés-kötődésre. Szabadföldi

termesztésben a fényviszonyok a paradicsom igényét kielégítik (Helyes, 1999a). A nappalhosszúságot általában a hőmérséklettel együtt szokták figyelembe venni additív vagy multiplikatív formában (Yan és Wallace, 1998).

A fényintenzitás meghatározza a termés által felvehető fotoasszimilátumok mennyiségét, ami kihat a bogyó szárazanyag-tartalmára (Ho, 1996). Az érés ugyan fénytől függetlenül sötétben is lezajlik (Paksi et al., 2010; Pék et al., 2010), de a kényszerérlelt bogyók kevésbé édesek, ami mutatja a cukortartalom és a napsugárzás közötti szoros kapcsolatot. Erős fényintenzitás hatására nő a cukor koncentrációja a termésben (Guan és Janes, 1991), de az intenzív napsugárzásnak kitett bogyókban a piros színért felelős pigment, a likopin bioszintézise gátlódik, ami feltehetően a szövetek túlzott felmelegedésének káros következménye, és narancssárga termésszín eredményez. Alacsony fényintenzitásnál viszont elégtelen lesz a bogyószíneződés mértéke, mivel a likopin szintézise csökken (Dumas et al., 2003; Helyes et al., 2007; Böcs et al., 2008).

2.2.3 Tápanyagigénye

Magyarországon legtöbbször az 1 t termés előállításához szükséges 2,4 kg N; 0,9 kg P₂O₅; 3,5 kg K₂O hatóanyag képezi a tápanyagmérleg számítások alapját paradicsomnál (Terts, 1967).

Intenzív ipari paradicsomtermesztésnél az elvárt 80-100 t/ha hozamhoz célszerű tervezni, amelyet a makroelemek (N, P, K, S, Ca, Mg) biztosításán túl, a fontosabb mikroelemek (B, Fe, Cu, Zn, Mn, Mo) pótlására is kiterjedő, talaj- és növényvizsgálatokra alapozott, arányos tápelem ellátással lehet biztosítani (Kalocsai, 2006; Hodossi, 2009).

- N: A nitrogén a vegetatív és generatív részek fejlődésére hat. Legnagyobb nitrogénigény a tömeges virágzás, kötődés és a bogyónövekedés időszakában alakul ki.
- P: Növekedés során a paradicsom foszforigényének két kritikus időszaka van. Az egyik a palántanevelés időszaka. Ha a fiatal növények nem részesülnek megfelelő foszforellátásban, akkor ezt később nem lehet már pótolni. A másik nagy foszforigényű fázis a tömeges virágzás és kötődés időszaka.
- K: A kálium több mint 80%-a a termésben halmozódik fel. Különböző metabolikus folyamatokban, membránon keresztüli transzportfolyamatokban és a sejtek turgor-nyomásának kialakításában vesz részt. A vegetációs időszak alatt a növény számára lehetővé kell tenni a folyamatos kálium felvételt. A kálium a termés minőségét és betegség ellenálló képességét javítja, valamint növeli a bogyó savasságát, szárazanyag- és cukortartalmát, valamint a jó színhez is nélkülözhetetlen. A három fő makroelem közül a növények káliumot tartalmaznak a legnagyobb mennyiségben (Ombódi et al., 2009).

Öntözött kezelésben a műtrágyázás termésmenővelő hatása nagyobb, mint öntözés nélkül, de az erős műtrágya-öntözés kölcsönhatás miatt a műtrágya szükséglet is nagyobb. Az öntözéses gazdálkodásban azonban az évjáráthatás mérséklődik (Nagy, 1996).

2.2.4 Vízigénye

A paradicsom a hosszú tenyészideje és a nagy, intenzív párologtató lombfelülete miatt sok vizet használ fel. Közepesen érzékeny a talaj nedvességtartalmára, de mélyre hatoló gyökérzetével a vizet jól hasznosítja. Mindezek alapján a paradicsomot vízigényes növénynek tekintjük, amely növekedésével, termésképzésével egyaránt kedvezően reagál a megfelelő vízellátásra (Balázs, 1985).

A napi vízfelhasználása növekedési típusonként és fajtánként is eltérő, függ többek között a növényállomány fejlettségétől (Leaf Area Index - LAI), és a környezeti tényezők alakulásától, többek között a hőmérséklettől, a besugárzás erősségétől és beesési szögétől és a páratartalomtól. A növények vízhasznosító képességét a vízhasznosítási együttható (Water Use Efficiency - WUE) mértékével is ki lehet fejezni termésmennyiségre vonatkoztatva, ami 1 kg termés előállításához felhasznált vízmennyiséget jelent. Ez a paradicsom esetében szabadföldi termesztésben 30-60 l/kg (Farkas, 1994). A vízhasznosítás hatékonysága meghatározza a növény produktivitását és összefügg a sztómaműködéssel és a sztómasűrűséggel, korlátozott vízviszonyok mellett (Hardy et al., 1995).

A paradicsom vízfelhasználása, vagyis a növények által naponta felvett víz mennyisége, a növény életkorával, fejlődésével, a termőhellyel, az alkalmazott agrotechnikával és az időjárással van kapcsolatban (Helyes, 1999a). A kiültetett növények eleinte kevés vizet használnak fel, majd a lombfelület növekedésével egyenes arányban nő a transzspiráció mértéke is. Vízigényét illetően a virágzás, kötődés és az intenzív bogyónövekedés időtartama jelenti a kritikus időszakot, amikor az összes vízszükségletük 35-40%-át felhasználják (Hodossi, 2009). A bogyóérés szakaszában a lombzat előregedésével a vízfelhasználás is mérséklődik. A potenciális evapotranszpirációból számított napi vízigénye átlagosan 2-3 mm/nap az egész tenyészidőre vonatkoztatva, ami a teljes lombkifejlődéskor napi 5-6 mm-t is elérhet (Helyes, 1999a).

A transzspirációs együttható, ami az egységnyi szárazanyagra vetített elpárologtatott vízmennyiséget mutatja, 240-370 l/kg között mozog a paradicsom esetében. A szabadföldi determinált fajták mutatója a kisebb értékhez vannak közelebb, ami nemcsak a termésre, hanem az egész növény szárazanyag-tartalmára (biomassza) vonatkozik. A transzspirációs együttható függ a növény korától, az alkalmazott fajtától, növekedési típusától, a tápanyagellátástól és a környezeti tényezőktől (Somos, 1971).

Az öntözővizek minőségi mutatóinak megállapításánál a víz-talaj-növény hármaskölcsönhatást javasolt vizsgálni (Darab és Ferencz, 1969). A felhasználható öntözővíz minőségét a növények

sóérzékenysége mellett a talajszelvény és a terület drénviszonyai, a talajvízviszonyok, a talaj szikesedési viszonyai, valamint a talajoldat koncentrációja és kémiai összetétele befolyásolják elsősorban (Várallyay, 2001).

Az öntözővízzel szemben támasztott minőségi követelmények (Vermes, 1997; Dorais et al., 2008; Terbe és Slezák, 2008; Hodossi, 2009):

- pH-érték,
- Hőmérséklet,
- Vízen oldott sók mennyisége, minősége és aránya,
- Nitrit és nitrát tartalom,
- Nátrium-adszorbeáló képesség,
- Fém- és nehézfém-tartalom,
- Növényvédő szerek,
- Egyéb toxikus anyagok mennyisége,
- Oldott oxigén és egyéb gázok mennyisége és aránya,
- Vízen lebegő szerves és szervetlen anyagok mennyisége,
- Vízen előforduló élő szervezetek mennyisége és minőségi összetétele.

2.3 A paradicsom táplálkozás-élettani jelentősége

A paradicsom élettani hatása jelentős, csekély kalóriatartalmával a szervezetet nem terheli meg (15-23 kcal/100g). Számos vitamin (A-, C-, E-, B₁-, B₂-, B₃-, B₆-, B₇-, B₉-vitamin), és ásványi anyag forrása, hozzájárul a szervezet megfelelő sav-bázis egyensúlyához (Dorais et al., 2008; Souci et al., 2008). A paradicsombogyó teljes ásványi anyag tartalmának több mint 90%-át a kálium, a nitrogén és a foszfor alkotja (Davies és Hobson, 1981; Hertog et al., 1992; Clinton, 1998; Yeum és Russel, 2002). Ezen felül gazdag antioxidánsokban (karotinoidok, polifenolok), amelyek szintén fontos egészségmegőrző szereppel rendelkeznek a humán táplálkozásban (Giovannucci et al., 2002; Santos-Sánchez et al., 2012).

A paradicsom biológiailag aktív vegyületei:

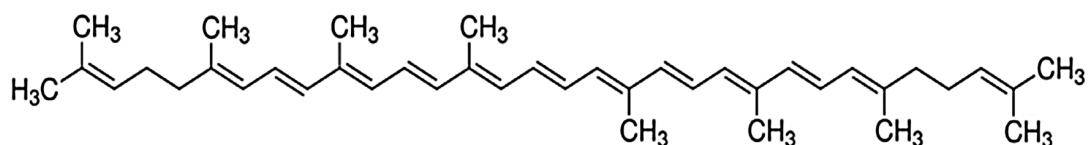
A polifenolok (flavonoidok, fenolos savak) antioxidáns hatással rendelkező metabolitok, amelyeket a növények különböző stresszhatások ellen termelnek. Közrejátszanak abban, hogy magas szinten tartsák az emberi szervezet saját antioxidáns védőrendszerét és egyéb védekező mechanizmusokat, ezáltal lecsökkentve a szabad gyökökre és egyéb toxikus vagy stresszhatásokra adott válasz reakcióidejét (Helyes et al., 2006).

A karotinoidok sárga-vörös színű festéksavak. 40 C-atomból álló (C₄₀H₅₆) izoprén-vázis, konjugált kettőskötés-rendszerrel rendelkező lipid jellegű tetraterpének, melyek természetes

antioxidánsként védik a szervezetet a fiziológiás és toxikus eredetű, oxidációs folyamatok következtében keletkezett reaktív oxigénformák káros hatásaival szemben (Matos et al., 2000; Rao, 2006). A karotinoidok fotoszintetikus pigmentekként is funkcionálnak. Szerepük a fotoszintézisben elsősorban az elnyelt fényenergiának a klorofillok felé történő továbbításában van, ugyanakkor védi a sejtalkotókat az UV-sugárzás okozta károsodástól (Clinton, 1998; Harker és Hirschberg, 1998; Stahl és Sies, 2012). A karotinoid tartalmú gyümölcsök és zöldségek, kellő mennyiségben történő fogyasztása összefüggésben áll számos rákos jellegű-, valamint szív- és érrendszeri megbetegedés kockázatának csökkenésével (Yeum és Russel, 2002; Rodler, 2009; Dias, 2012; Morales-Soto et al., 2014). A karotinoidok két fő csoportra: karotinokra és oxigént is tartalmazó xantofilokra oszthatók (Kerti et al., 2008).

Likopin:

A likopin a karotinoidok családjába tartozó bioaktív vegyület (2. ábra), amely a paradicsom piros színét elsődlegesen meghatározza (Stevens és Rick, 1986). Kemopreventív szerepét számos daganatos megbetegedés kialakulásában epidemiológiai és experimentális adatok is alátámasztják (Leal et al., 1999; Giovannucci et al., 2002; Lugasi et al., 2004; Del Giudice et al., 2015). Antioxidáns kapacitása mellett, a sejtek közötti anyag- és információáramlásban is részt vesz (Bertram és Vine, 2004), valamint az előzőekkel is összefüggő immunmodulációs hatása is kiemelendő (Rao és Agarwal, 1999).



2. ábra A likopin molekuláris szerkezete (http1)

Számos nemzetközi kutatási program, mint pl. a Lycocard projekt foglalkozik a likopin táplálkozás-élettani jelentőségével. Számos publikáció jelent meg a program keretében, amelynek célja a likopin molekuláris, biokémiai és fiziológiai szerepének tanulmányozása és ezeknek az eredményeknek a felhasználása új élelmiszerek és ételmezei irányelvek kifejlesztésében (Moussa et al., 2008; Palozza et al., 2009; 2010; Mordente et al., 2011; Müller et al., 2011). Az élelmiszerek likopin tartalmára vonatkozóan az elfogadható napi bevétel (Acceptable Daily Intake - ADI) értéke 0,5 mg/kg testtömeg/nap, azaz 60 kg testsúllyal számolva 30 mg/nap (EFSA, 2010).

A növényi sejtekben az α - és β -karotin képződése a likopin molekulán keresztül történik. A β -karotin nem csak az A-vitamin előanyagaként, hanem antioxidánsként is fontos a szervezet számára (Szalai, 1994).

A paradicsom likopintartalmát befolyásoló tényezők:

A paradicsom likopintartalmát befolyásolják a termesztés feltételei, mint a vízellátottság, a napfénynek való kitettség, a termesztéstechnológia (Brandt et al., 2006; Ilahy et al., 2011; Pék et al., 2011) csakúgy, mint a tárolási hőmérséklet (Pék et al., 2010; Pinheiro et al., 2013).

A likopin felhalmozódásának közel fele az érési folyamat végső, sötétpiros érettségi fázisában történik (Helyes et al., 2006; Lenucci et al., 2009). Ipari paradicsomfajtáknál, a betakarítás késleltetésével nő a karotinoidok mennyisége és javul a bogyók színe, de a túlérett termékek miatt csökken a termés mennyisége és keménysége is (Lopez, et al. 2001; Helyes, 2003).

A likopin két legfontosabb izomérje a cisz és a transz. Friss paradicsomban a likopin nagy részét a transz-forma adja. Azonban feldolgozás (mechanikai feltárás, pépesítés, hőkezelés) során megszűnik a sejtfalak integritása, és jelentős része átalakul cisz izomerré, ami egy instabilabb, az emberi szervezet számára jobban hasznosítható forma, ezért a feldolgozott paradicsomtermékekből történő likopin hasznosulása is kedvezőbb (Tonucci et al., 1995; Clinton, 1998; Böhm és Bitsch, 1999; Rao és Agarwal, 1999; Barrett és Anton, 2001).

Állatok takarmányozásában betöltött szerepe:

A paradicsom és annak konzervipari melléktermékei (pl. paradicsomtörköly) alkalmasak a baromfi takarmányozásában történő alkalmazásra, különös tekintettel a tojássárgája színezésére (Kang et al., 2003; Bárdos et al., 2005, Papócsi-Réthy, 2012). Alkalmas továbbá egyes húsmínőségi paraméterek növelésére (Kerti et al., 2008; Holbok et al., 2013), de hasznosítható még a szarvasmarha, sertés, nyúl és vadak takarmányozásában is (Schmidt, 1990). Egyéb kedvező hatásai miatt pedig funkcionális élelmiszerek előállításánál is felhasználhatják (Bárdos et al., 2006; Sahin et al., 2008). A paradicsomtörköly döntően a paradicsom héját, magját és a gyümölcshús rostos alkotóit tartalmazza, aminek kiemelkedően magas a totál antioxidáns státusz szintje (Toor és Savage, 2005).

Egy másik takarmányozási kísérletben Papócsi-Réthy (2012) vizsgálatai szerint a likopin hatással van a vér egyes biokémiai paramétereire, mint az összfehérje, a glükóz és fruktóz-amin, valamint a vér összkoleszterin szintjére japán fűrjben.

A magas karotinoid tartalmú termékek közül a fűszerpaprika takarmány célú felhasználását is régóta kutatják Magyarországon (Benedek, 1937). Hatását elsősorban a tojássárgájának színezésére (Kőrösiné Molnár et al., 2008), valamint össz-karotinoid tartalmának növelésére bizonyították (Lantos et al., 2017).

2.4 Konzervipari minőség

A konzervipari minőség fogalma:

A paradicsom minőségét a külső morfológiai jegyeken kívül alapvetően a beltartalmi összetevők határozzák meg, különösképpen a bogyó szárazanyag-tartalma (Kinet és Peet, 1997). A minőség megítélését azonban befolyásolja a termesztés célja, illetve az ezzel összefüggő felhasználási mód. Míg a friss fogyasztásra szánt paradicsom esetében a legfontosabb értékmérő tulajdonságok a bogyó alakja, egyöntetű színeződöttsége, sérülésmentessége, valamint az íz és zamatanyagok, addig az ipari, determinált növekedésű fajták esetében fontos értékmérő tulajdonságnak számít a koncentrált kötődés, a piros szín, a magas Brix°, a megfelelő pH és viszkozitás. A gépi betakaríthatóság és szállítás miatt fontos még a jó száron tárolhatóság, a kocsány nélküli leválás és a bogyókeményesség (Helyes, 2007), melynek mono- és poligénikus típusai ismertek (Milotay, 1996). A keménység a bogyóalakokkal is összefügg, amit a vastag terméshártya, a kisebb bogyó átlagtömeg és kevesebb rekesz szám tud növelni (Somos, 1971).

Szárazanyag-tartalom:

A szárazanyag-tartalom két részből áll, oldható és oldhatatlan fázisból. Az oldhatatlan szárazanyag jelentős része vízben oldhatatlan szénhidrátokat tartalmaz, de ennek egy része alkoholban sem oldódik (Farkas, 1994).

Az érett paradicsombogyó víztartalma 93-96% között van. Ebből következik, hogy a paradicsom vízdoldható szárazanyag-tartalma (Brix°) 4-7% között alakul (Atherton és Rudich, 1986; Helyes, 1999a), de ha az öntözetlen bogyók oldható szárazanyag-tartalma meghaladja a 7%-ot, az már kedvezőtlenül befolyásolhat más értékmérő tulajdonságokat (Helyes és Varga, 1994). A Brix° 50-70%-át főleg redukáló cukrok alkotják (Davies és Hobson, 1981; Thaker et al., 1996). A termesztett fajtákban a cukor szinte kizárólag csak hexóz, azaz glükóz és fruktóz formájában raktározódik, amelyek közel azonos mennyiségben fordulnak elő a bogyóban (Anza et al., 2006). A paradicsom savtartalma 0,3–0,9% között ingadozik, ami főként citrom- és almasav, így a bogyó pH értéke 4,26–4,82 között alakul (Ho és Hewitt, 1986; Petro-Turza, 1986; Helyes et al., 2003, 2006).

A beltartalmi összetevők egymáshoz viszonyított aránya határozza meg a paradicsom organoleptikus tulajdonságait. A magas cukortartalom magas savtartalommal párosulva adja a legjobb ízt. Magas sav- és alacsony cukortartalom fanyar ízt, míg a magas cukor- és alacsony savtartalom édeskés ízt ad (Helyes, 1999a, Helyes et al., 2008). A Brix° értékét leginkább a termesztett fajta, a termesztés módja és a termesztési körülmények befolyásolják. A termesztési körülmények közül az öntözésnek, illetve a vízellátottságnak van jelentős hatása a paradicsom beltartalmi paramétereire (Ho, 1999; Helyes, 2008).

Általában a magasabb szárazanyag-tartalom alacsonyabb termőképességgel és puhább bogyóval párosul, valamint negatív összefüggés van a bogyó átlagtömeg és a szárazanyag-tartalom között is (Farkas 1992; Cselótei, 1993; Varga, 2002). A korai, rövid tenészsídejű fajták többnyire alacsonyabb szárazanyag-tartalmúak (Farkas, 1994). A cseresznye paradicsom fajták Brix^o értéke magasabb, mint az átlagos bogyó átlagtömegű (kb. 90-110 g) fajtáké (Lapushner et al., 1990; Pék et al., 2015).



3. ábra A betakarítás menete és a feldolgozás egyes fázisai (fotó: Pék 2016, Univer Product Zrt)

Az ipari paradicsomfajtákkal szemben kívánalom az alkoholban oldhatatlan szárazanyag-tartalom (cellulóz, hemicellulóz, pektin, fehérjék) magas aránya, míg a friss fogyasztásra kerülő fajtáknál fontos a magasabb cukortartalom és alacsonyabb alkoholban oldhatatlan szárazanyag-tartalom (Stevens és Rick, 1986). A vízben (ill. alkoholban is) oldhatatlan szárazanyag-tartalom határozza meg a bogyó keménységét, a feldolgozott paradicsomlé viszkozitását és a püré konzisztenciáját. A nyersanyag oldható szárazanyag-tartalma és az előállított paradicsomtermék (sűrítmény) konzisztenciája között negatív összefüggés van. Konzervipari szempontból az az ideális, ha mind a két paraméter magas (Helyes, 1999a).

A feldolgozás során (3. ábra) meghatározzák a Brix^o-ot (refraktométerrel), a viszkozitást (viszkoziméterrel vagy konzisztométerrel), a savtartalmat (pH-mérővel, kromatográfiával vagy enzimatis reakciókkal), valamint a nyersanyag és a késztermék színmérése törénik különböző, színeképelemzésre szolgáló módszerrel.

Színeképelemzési módszerek:

Az érett paradicsom végső színének kialakításában több karotinoid is szerepet játszik, amely alapvetően genetikailag meghatározott (Daood et al., 2014; Ilahy et al., 2017), de a környezeti tényezők, például a hőmérséklet és a fény is erősen befolyásolhatják (Dumas et al., 2003; Helyes et al., 2006).

Érése során tehát a bogyó beltartalma folyamatosan változik, összetevői közül a likopint folyamatosan roncsolásmentesen is ki lehet mutatni (Johjima és Matsuzoe, 1995; Arias et al., 2000; Paksi et al., 2010), aminek meghatározására leggyakrabban CIELab szín-indexeket használnak, amelyek L* a* b* színparamétereket, illetve az ezekből származtatott értékeket (a*/b* és a chroma)

állapítják meg. Az L^* érték a lumineszcenciát, azaz a paradicsom minta világosságát értékeli, az a^* érték a zöldből a pirosba való átmenetet detektálja, míg a b^* érték a kékből a sárgába való változást számszerűsíti (Arias et al., 2000; León et al., 2006; Helyes et al., 2007; Böcs et al., 2008; 2010b; Wu és Sun, 2013).

Másik roncsolásmentes színmérési lehetőség az ultraviola-, a látható- és a közeli infravörös tartományban (UV, VIS, NIR) mérő hiper- és multispektrális eszközök használata, valamint az ezekből számított „normalizált differenciájú vegetációs index” (NDVI), amelyek a minta mérését és szoftveres elemzést követően képesek fontos beltartalmi összetevők detektálására, valamint mennyiségük meghatározására (Farneti et al., 2012; Seifert et al., 2014; Szuvandzsiev, 2014; 2017; Xiaowei et al., 2014).

Egyéb beltartalmi paraméterek változása a feldolgozás során:

A paradicsom ipari feldolgozása a Totál Antioxidáns Státuszra (TAS) is kihat. A TAS-tartalom elsősorban a vízdékony antioxidánsok (C-vitamin, hidrofíl polifenolok) hatását képes mérni. A C-vitamin mennyisége lecsökken hőkezelés során, de a polifenolok és a vízben oldható antioxidánsok koncentrációjának növekedésével a feldolgozott termék teljes antioxidáns kapacitása megemelkedik (Gahler et al., 2003).

Fontos még megemlíteni a paradicsom feldolgozása során hőkezelés hatására keletkező intermedier terméket, az 5-hidroximetil-2-furfurolt (HMF), melynek kedvezőtlen élettani hatása van az emberi szervezetre, ezért a cél az, hogy a paradicsomtermékek előállításánál minél kevesebb HMF képződjön (Cámara et al., 2003).

2.5 Rendelkezésre álló víz, aszályhajlam

Vízkészlet-gazdálkodás:

A víz a növényekben a fotoszintézis kiindulási anyaga, az ásványi anyagok oldószere és szállítója, továbbá biztosítja a sejtek, szövetek és szervek alaktartását, valamint jelentős hőszabályozó tényező. A víz a jövő egyik legfontosabb stratégiai erőforrása.

A Föld vízkészlete mintegy 2 milliárd km^3 , melyből a szabad vízkészlet 1,36 milliárd km^3 -re tehető. Ebből az édesvíz aránya 3%, melynek jelentős része a sarki jégtakaróban található, így a ténylegesen rendelkezésre álló édesvízkészlet a Föld teljes vízkészletének csupán 0,03%-a (8,7 millió km^3). A rendelkezésre álló édesvíz egy kis része az atmoszférában van jelen, a nagyobb része felszíni és a felszín alatti vízként fordul elő (USGS, 2016).

A világ vízfelhasználásának 70%-át a mezőgazdaság adja, és ez az arány sok fejlődő országban a 85%-ot is meghaladja. Az UNESCO adatai szerint, a növekvő szükséglet miatt nő a felszín alatti készletek kitermelése is, aminek mintegy 65%-át öntözésre fordítjuk, 25% ivóvíz-ellátási és 10%

ipari célt szolgál. Az öntözővíz felhasználás hatékonysága jelenleg világátlagban mindössze 38% (BGR/UNESCO, 2008).

Magyarországon a vízkészletek kb. 85%-a a Duna és 15%-a a Tisza vízrendszeréhez kötődik. Az agrárszerkezet és a vízkészletek rendelkezésre állás különbségeinek köszönhetően, az összes mezőgazdasági vízkivétel közel 50%-a a Tisza vízgyűjtőn valósul meg, így különösen aszályos időszakokban a Tisza térségében vízellátási gondok jelentkezhetnek (KSH-STADAT, 2017), ezért fontos szempont a vízfelhasználás hatékonyságát javító öntözéses gazdálkodásfejlesztés, melynek célja a vízfogyasztás mértékének hatékony csökkentése (VGT, 2015).

Az évi országos csapadékmennyiség hazánkban is lényeges térbeli változatosságot mutat. Az Alföld Tisza-völgyi része kétszeresen is hátrányos térség, hiszen belvízi szempontból is meglehetősen veszélyeztetett területnek számít (Pálfai, 2004). A hazai szabadföldi paradicsomtermesztésünk nagy része a dél-alföldi régióra korlátozódik (FruitVeb, 2017).

Aszály:

Magyarország a Föld egyik legzártabb medencéjében helyezkedik el, melynek természetföldrajzi adottságai kedvezőek. Azonban a nagy változékonyságú csapadéklímája különösen jó alapot szolgáltat az aszályhelyzetek kialakulásának, amelyek mindig is hozzátartoztak a térség éghajlati jellemzőihez, annak természetes velejárói voltak. A növénytermesztés jövőbeni lehetőségeit a Kárpát-medencében, a klimatikus változásokhoz való alkalmazkodás szintje fogja meghatározni. Az alkalmazkodás elsősorban a vízzel való hatékonyabb gazdálkodást jelenti (Szalai, 2011).

Az aszály következményeit alapul véve megkülönböztethetünk meteorológiai, mezőgazdasági, hidrológiai és gazdasági értelemben vett aszályhelyzetet (Palmer, 1965; Szász, 1988; Varga-Haszonits, 1989; WMO, 1989; Urbán, 1993; Bussay et al., 1999).

Általában véve, ha az októbertől a következő szeptemberig lehullott csapadék összege legalább 20%-kal kevesebb a sokévi átlagnál, akkor aszályos évről beszélünk. Jelenleg ennek a valószínűsége, a hidrometeorológiai szélsőségek folytán nagyobb, mint egy átlagos vagy csapadékos évnél. Csapadékos években az ország területének több mint 50%-át veszélyeztetik belvizek (Jolánkai és Birkás, 2009; Birkás, 2010).

Az éghajlat természetes változása, változékonysága mellett folyamatban van egy antropogén eredetű klímaváltozás is. Az éghajlatváltozás hatásai miatt kialakuló tartós aszály, a vízhiány, valamint az árvizek, egyre több társadalmi konfliktust generálnak.

Az aszálykárok okai között a csapadékhiány az elsődleges tényező, de a kár mértékét a talaj nedvességtartalmán és nedvességforgalmán keresztül a talaj használata is befolyásolja. A talajhasználatnak alkalmazkodnia kell a klimatikus és edafikus tényezők változásához, a biztonságos növénytermesztés érdekében, amivel az élelmiszerellátás kockázata csökkenthető

(Várallyay, 1990; Láng et al., 2007). Klímakár enyhítő műveléssel, többek között kis vízvesztő felszín kialakításával, talajfelszín takarással, valamint öntözéssel tehetünk a legtöbbet a nyári hő- és vízhiány stressz, a víz- és szénvesztés, valamint a kiszáradás ellen (Radics és Pusztai, 1994; Pusztai et al., 2011; Birkás et al., 2015).

Klímaváltozás:

A Világmeteorológiai Szervezet (WMO) az ENSZ Környezetvédelmi Programjával (UNEP) közösen 1988-ban létrehozta a Kormányközi Klímaváltozási Bizottságot (IPCC), aminek a feladata, hogy tudományos, szakmai és társadalmi-gazdasági információk biztosításával segítsen egy átfogó, objektív és átlátható képet alkotni a klímaváltozás kockázatairól, annak lehetséges hatásairól, illetve az alkalmazkodás és megfékezés lehetőségeiről. Az IPCC A2 forgatókönyvének Magyarországra vetített adatai szerint hazánkban 3-3,5°C hőmérséklet-emelkedéssel lehet számolni, csaknem változatlan csapadékmennyiséggel az évszázad végére (IPCC, 2007).

Pálfai (2004) szerint is jelentkezni fog a globális éghajlatváltozás hatása hazánk területén, ami legfőképp az Alföld éghajlatában okozhat komoly változásokat. A kutatások eredményeképp +0,5°C-os átlaghőmérséklet-változás prognosztizálható, aminek következtében a csapadék közel 10%-kal csökken, az aszályos hónapok gyakorisága viszont akár 60%-kal nőhet.

Aszályindexek:

A fentieket tovább erősítik a jelenleg megfigyelhető tendenciák, és az előre vetített éghajlatváltozási klímamodellek (pl. RegCM3), amelyek a hosszútávon megfigyelhető, emelkedő hőmérsékleti átlagokat és az ezzel párhuzamosan csökkenő csapadékmennyiséget mutatnak, és nagymértékben befolyásolhatják egy térség jellemzőit, fokozhatják aszályosságát (Láng et al., 2007; Jolánkai és Birkás, 2010; Turcsán, 2017).

A hazai aszályjelleg vizsgálatok során legtöbbször a Pálfai-féle aszályindexet (PAI) alkalmazzák (Pálfai, 1993). A nemzetközi szakirodalomban a Palmer-féle aszály erősségi index (Palmer Drought Severity Index = PDSI), a Standardizált Csapadék Index (Standardized Precipitation Index = SPI) terjedt el, de találkozhatunk még légköri szárazsági mutatóval (LSZI) is (Lakatos et al., 2005). Az aszályindexek az öntözött területtel és a kiszolgáltató öntözővíz mennyiségével is szoros kapcsolatban állnak (Pálfai, 2012).

2.6 A szárazságstressz hatásai

A szárazságstressz komplex hatás, melynek paraméterei hazánkban évente jelentősen eltérnek, ezért erre a komplex és változó stresszre a növényi válasz is változó és összetett. Az aszály következtében kialakuló szárazságstressz első következménye, hogy csökken a vitalitás, az anyagcsere lebontó folyamatai dominálnak a felépítő jellegűek felett, amely az ellenállás

minimumának elérése, illetve túllépése esetén akut károsodáshoz vezethet (Szigeti, 1998; Chaves et al., 2003). Ilyenkor a gyökérzet nem tud annyi vizet felvenni, mint amennyit az erős párologtatás miatt a föld feletti vegetatív részek igényelnek, ezért a növények vízmérlege felborul, vagyis a vízleadás meghaladja a vízfelvételt, és a hajtásokban vízhiány (dehidratáció) alakul ki (Taiz és Zeiger, 2010).

A párologtatás csökkentésével a növények célja, hogy a sejtekben fennmaradjon a megfelelő turgorállapot, vagyis a vízleadás korlátozásával a sejtek megóvása a túlzott vízvesztéstől (Pethő, 1993).

Az aszálynak kitett növények különböző morfológiai és élettani reakciókkal próbálják megakadályozni, hogy a vegetatív és generatív szövetek sejtjeiben vízhiány alakuljon ki. Ebből a célból a sejtekben különböző sejt dehidratációt csökkentő ozmotikumok (aminosavak, aminok, cukrok és cukoralkoholok), védő fehérjék (stresszfehérjék), detoxifikáló fehérjék (lipid peroxidáz), növekedésszabályozók (pl. abszcizinsav) termelődnek. A tolerálás során az új molekulák szintetizálása viszont energiát von el a sejtektől (Salisbury és Ross, 1992).

Az aszályos években jelentkező szárazságstressz elemek változatos formáit a 1. táblázat mutatja be.

1. táblázat A szárazságstressz elemei (Heszky, 2007; Birkás et al., 2010)

Aszály	Napsugárzás	Csapadék	Talaj
kezdet	erősség	mennyiség	fizikai állapot
időtartam	hőségnapok száma	eloszlás	biológiai állapot
			víz tartalom
Termesztett növény	Levegő	Növényvédelem	talajvíz magasság
faj, fajta	hőmérséklet	gyomborítottság	hőmérséklet
rezisztencia viszonyok	páratartalom	kórokozók	tápanyag ellátottság
növény kora	szélerősség	kártevők	kémiai talajhibák
fejlődési állapota			
állománysűrűség			Eszközvászték
tenyésztési hosszúság			alkalmazkodó képesség
növényi sorrend			
vetésváltás			

Az élettani megközelítések a növekedést szabályozó anyagok koncentrációjának változásából következtetnek a növények vízháztartására (szárazságstressz mértékére), ami a szárazságtűrésre történő nemesítésnek is az egyik alapja. Másik fontos nemesítési cél a minél erőteljesebb gyökérrendszerrel rendelkező hibridek kifejlesztése, hiszen fejlettebb gyökérrel jobban ki tudják használni a talaj nedvességtartalmát (Helyes, 1999a). A legtöbb növényfaj vízhiányra

legérzékenyebb fejlődési fázisa a reprodukciós szakasz, amit a nemesítők rövid tenyészidejű fajták nemesítésével használhatnak ki (Heszky, 2007).

Az aszályhajlam növekedésével indokolt a szárazságtűrő fajták arányának növelése (Farkas, 1992; Varga et al., 2005), azonban a szárazságtűrés és a termőképesség jelenleg negatív korrelációban van, ezért az ökotoleranciával és minél nagyobb ellenálló képességgel rendelkező, legbőtermőbb fajtát érdemes választani a termesztésben (Heszky, 2007).

2.7 Vízkészlet-gazdálkodás kihívásai, öntözés fejlesztése

Az öntözés helyzete:

Az Európai Unió 28 tagállama esetén 15 millió hektár a potenciális öntözhető terület és ebből 10 millió hektáron öntöztek legalább egy alkalommal, ami a hasznosított mezőgazdasági földterület 6%-a. Az öntözött részarány a mediterrán térségben a legmagasabb (OECD, 2013).

Magyarországon az öntözhető terület felső határa jelenleg 300 ezer ha-ra tehető, ehhez képest a vízjogi üzemeltetési engedéllyel rendelkező területek 200 ezer ha körül alakultak az elmúlt években, amelyből az öntözőberendezéssel ellátott, vagy legalábbis öntözésbe esetlegesen bevonható terület 100 ezer ha körül van az országban, ami a vetésterület 2%-a. Tehát Magyarország mezőgazdasági területének 98%-án ún. „csapadékgazdálkodás” folyik. Az öntözhető mezőgazdasági terület mintegy 75%-a az Alföld két régiójában található. Az öntözés legfőképpen az intenzív termesztéstechnológiájú, jó öntözési reakciójú növényekre koncentrálódik (FAO, 2016; KSH-STADAT, 2017).

Hazánk éghajlati szempontból nagyrészt a szemiárid, illetve száraz szubhumid klímazónába sorolható, tehát nem tartozik a világ száraz vidékei közé, ahol minden évben rendszeresen számolni lehet a szárazságstresszel és annak évjáratonként közel azonos paramétereivel. Így nem lehet a Mediterráneum térségéhez hasonlóan pontosan időzíteni az öntözést, hiszen nálunk bármikor előfordulhat nagyobb mennyiségű csapadék, akár a betakarítást megelőző hetekben is.

Az öntözött terület több mint 90%-át felszíni vízzel öntözték a gazdálkodók, s csak az öntözött terület 8,3 százalékát öntözték felszín alatti víztestekből. A víz tározását a kiépített tározók, halastavak, csatornák, holtágak teszik lehetővé, mintegy 600 millió m³ tározó kapacitással. Az évi 3-400 millió m³ felhasznált vízmennyiség kb. kétharmad része halastavi vízkivétel és harmada öntözési célú (FAO, 2016; KSH-STADAT, 2017).

A megöntözött területek kilencztedén esőztető öntözőberendezéssel biztosítják az öntözővizet, mobil vagy fix eszközzel. Ezen belül a legelterjedtebb kiadagolási mód hazánkban a lineár öntözőberendezés (56%), de a csévélődobos, ill. körforgós rendszert is 23-, ill. 11%-ban használják. A leginkább víz és energiatakarékos csepegtető öntözést 4%-ban alkalmazták az elmúlt évek átlagában. Mikroszórófejes, barázdás, sávós, zárt vezetékes és felszín alatti kiadagolási módot az

öntözött területek 1%-án használtak (AKI, 2016; KSH-STADAT, 2017).

Az öntözésfejlesztés szükségességei:

A mezőgazdasági vízgazdálkodási ágazat fenntartható fejlesztése az egyik legfontosabb feladat a zöldségtermelés biztonsága és a klímaváltozáshoz való alkalmazkodás érdekében, amelyet az öntözött területek növelésével, valamint a víz- és energiatakarékos öntözési technológiák elterjesztésével lehet megvalósítani (Terbe et al., 2010).

Az átlagos üzemméretek alapján, az 50 ha feletti gazdaságok rendelkeznek a hatékony szántóföldi öntözéshez elegendő területtel. A 10 ha alatti gazdaságokban, a szükséges közüzemi infrastruktúra mellett, csak zöldség és gyümölcs vízellátása teremthető meg gazdaságosan. Az öntözésfejlesztés szempontjából figyelembe kell venni, hogy a kedvező adottságú termőhelyeken az öntözés termésmenvelő hatása nagyobb a gyenge termékenységű talajokhoz képest. Az öntözésfejlesztés nagy beruházási- és forgatóke igényű, ezért csak a tartós földbérlet mellett tud megtérülni (Jolánkai és Birkás, 2009; Apáti, 2014).

Az öntözéses gazdálkodás további lényeges elemei a víztakarékos és talajvédő földművelési módszerek alkalmazása, a korszerű felvételezési–vizsgálati–térképezési–monitoring rendszer kidolgozása és gyakorlati alkalmazása a talaj vízgazdálkodási tulajdonságainak, vízháztartásának és anyagforgalmának jellemzésére, azok hatékony szabályozása érdekében (Kapronczai, 2014). Ebben segít a hazai digitális talajadat térképek és adatbázisok fejlesztése (Waltner et al., 2014; Pásztor et al., 2016).

A helyi növénytermesztési hagyományok figyelembevételével, a hagyományos növényi kultúrák és vetésszerkezetek alkalmazásával csökkenthető a növények diszpozíciós állapotba való kerülésének lehetősége, amihez hozzájárul az okszerű fajtaválasztás is, az adott terület a talaj-, és éghajlati viszonyaihoz, valamint a szokásos agronómiai gyakorlathoz. Fontos tényező még a szaporítás módja és az öntözési mód is (Jolánkai és Birkás, 2011).

Víztakarékos öntözési módok:

Az esőszerű öntözés a legelterjedtebb öntözési mód, mert domborzati adottságoktól függetlenül alkalmazható és jól automatizálható. Előnye többek között, hogy a nyomás szabályozásával és a megfelelő szórófej választásával nagy terület lefedése lehetséges. Hátránya, hogy a légmozgás befolyásolja az öntözött terület lefedettségét, valamint a rosszul időzített öntözés akár 30%-os párolgási vízvesztést okozhat. Továbbá a páratartalom emelésével és a levélfelület nedvesítésével a kórokozók számára kedvező életfeltételeket biztosít (Howell, 2003).

A csepegtető öntözési mód víz és energiatakarékos gazdálkodást tesz lehetővé, mivel alacsony nyomáson működik, közvetlenül a gyökérszót nedvesíti át, és evaporációs vesztesége alacsony.

Másik nagy előnye, hogy a lombfelületet nem nedvesíti, ezért növénykórtani szempontból ez a legelőnyösebb. Hátránya a nagy telepítési költsége (Hsiao et al., 2007; Irmak et al., 2011).

Csepegtető öntözésnél, a csepegtetőtest eldugulásának megakadályozása céljából szükséges az öntözővíz fizikai (hőmérséklet, lebegő anyagok, oldott oxigén), kémiai (keménység, vas- és mangántartalom, hidrogén-szulfid tartalom) és biológiai (vas- és szulfát baktériumok) vizsgálata (MI-08-1780-1988 műszaki irányelv szerint).

Mindkét öntözési mód előnye, hogy műtrágyák, és növényvédő szerek kijuttatására is alkalmasak (Helyes, 1999a).

2.7.1.1 Az öntözés és az évjáratok együttes értékelése

A Szent István Egyetem (jogelődje: GATE) Kertészeti Intézetében végzett több évtizedes vízforgalmi és öntözési kísérleteinek adatai azonos tápanyagellátás mellett jól mutatták, hogy az öntözés termésre gyakorolt hatása nagymértékben függ az egyes évek időjárásától, különösen a tenyészidő hőmérsékleti és csapadékviszonyaitól. A paradicsomtermesztés eredményessége szempontjából többféle jellegzetes évjáratípust különböztettek meg, és ezek alapján elmondható, hogy a rendszeresen öntözött és az egyszeri, jól időzített öntözést igénylő évjáratokkal együtt az évek 75-80%-ában kell a paradicsom öntözésére számítani. A megfelelő időben kiadott egyszeri 40 mm-es vízadag, de különösen a rendszeres öntözés növeli a betakarítható termés mennyiségét. A bogyók átlagtömege az évjáratától függetlenül az öntözés hatására mindig növekedett és a rendszeresen öntözött állományokban volt a legnagyobb. A rendszeres öntözés javította a virágok kötődését, a termés kialakulásának és növekedésének feltételeit, valamint növelte a bogyók darabszámát is (Helyes és Varga, 1994; Helyes, 1999a; Varga, 2002).

2.7.1.2 Öntözés hatása a termésképzésre és a szárazanyag-tartalomra

Az ipari paradicsom fő vízfelhasználási időszakában (június–július), legfőképp a magas hőmérséklet, a besugárzás, valamint a növényállomány fejlettsége miatt a rendszeres vízpótlás elősegíti a kötődést és a termésnövekedést, aminek következtében emelkedik a bogyók darabszáma és átlagtömege (Cahn et al., 2001; Hanson et al., 2006), csökken az értékesítésre alkalmatlan termés aránya (Candido et al., 2000). Azonban a paradicsom esetében a bogyótömeg és -méret negatív korrelációban áll a szárazanyag-tartalommal (Aljibury és May, 1970; Davies és Hobson, 1981; Lapushner et al., 1990; Prieto et al., 2000).

A szárazanyag-tartalmat, mint az egyik legfontosabb feldolgozóipari értékmérő mutatót, a víz és a fotoszintézis során keletkező asszimilátumok felhalmozódása határozza meg. A víz az asszimilátumokkal együtt a floómen keresztül szállítódik, azonban a vízfelvételt egyedül csak a

növény vízháztartása szabja meg, függetlenül a fotoszintetikus termékek koncentrációjától (Ho, 1999). Az asszimilátumok képződése a fénytől (fotoszintézis) és a hőmérséklettől (metabolikus folyamatok) függ (Heuvelink 1995; Heuvelink és Dorais, 2005).

Hasonló megállapításra jutott Helyes és Varga (1994) egy több évtizedes vízforgalmi kísérlet értékelésénél, ahol az öntözés időpontjától és az öntözővíz mennyiségétől függően, a bogyók oldható szárazanyag-tartalma 10-20%-kal csökkent, viszont a jelentős mértékű termésmennyiség gyarapodás miatt az 1 ha-ra jutó szárazanyag mennyisége 30-50%-kal emelkedett. A Brix^o mindig a rendszeresen öntözött kezelésnél volt a legalacsonyabb, és az öntözetlenben volt a legmagasabb. A rendszeres öntözés negatív hatását a szárazanyag-tartalomra optimális tápanyag-utánpótlással bizonyos mértékig ellensúlyozni lehet (Helyes, 1999a).

Az elégtelen öntözés mellett a túlóntözésnek is lehetnek káros ökológiai és ökonómiai vonzatai. A túlóntözés elősegítheti a tápanyagok (különösen az ásványi nitrogén) mélyebbre mosódását, gátolja a gyökerek oxigénfelvételét és elősegíti a betegségek kialakulását, de előidézheti a talajvízszint lényeges emelkedését is, ami káros hatással lehet a szomszédos területek hidrológiai állapotára.

Az elégtelen mennyiségű öntözővíz pedig gátolja a növények növekedését, csökkenti a hozamot, elősegíti a növény idő előtti öregedését, valamint a növény-egészségügyi gondok kialakulását (Cahn et al., 1999). Víztakarékos öntözésnél a hozam kiegészítő tápanyag-utánpótlással növelhető (Kuşçu et al, 2016).

Szakszerű öntözés hatására, a kedvezőbb vízellátás és a megfelelő víz/levegő arány végett élénkül a talajélet, és megnő az oldatba kerülő tápanyagok mennyisége. Ezért, mind a szerves kötésű, mind a nehezen oldható ásványi sók formájában található tápanyagok felvehetősége javul, feltáródásuk meggyorsul, ami nagyobb terméseredményekben nyilvánul meg (Varga, 1998; Varga-Haszonits et al., 2008).

2.8 Új öntözési stratégiák

A vízutánpótlás csökkentésével, vagy az öntözési fordulók növelésével bizonyos mértékű vízhiány stresszt generálva optimális szinten tartható a hozam és a beltartalmi minőség (Prieto, 1999; Cahn et al., 2001), javítható a vízhasznosítási együttható (Favati et al., 2009), és javítható az öntözéses gazdálkodás fenntarthatósága (Battilani et al., 2009; Battilani, 2012). A kaliforniai ipari paradicsomtermesztés gyakorlata szerint abban az esetben, ha a betakarítás előtt 25-40 nappal fejezik be az öntözést, azaz ún. „cut off” öntözést alkalmaznak, akkor lényeges termésnövekedés nélkül tudják növelni az egyes bogyók oldható-szárazanyag-tartalmát (Atherton és Rudich, 1986).

A vízfelhasználás hatékonyságának javítására alkalmazzák még a szabályozott deficitöntözést (Regulated Deficit Irrigation = RDI), és a részleges gyökérszárazítást (Partial Rootzone Drying

= PRD), amit szőlő-, gyümölcsstermesztésben alkalmaztak először a gyakorlatban (Slatyer, 1967; Smart, 1974; Chalmers et al., 1981). Az RDI lényegében a növények teljes vízigényénél kevesebb vízmennyiség kijuttatását jelentette bizonyos fenológiai fázisokban. Alapvető célkitűzése az egységnyi öntözővíz felhasználásával előállítható piacképes termés maximalizálása, valamint a beltartalmi összetevők kedvezőbb alakulása. Az RDI során olyan öntözővíz-mennyiséget alkalmaznak, mely elegendő ahhoz, hogy ne álljon le a fotoszintézis folyamata, de a kijuttatott vízmennyiség ne tegye lehetővé az erőteljes hajtásnövekedés megújulását. Így az öntözővíz visszafogásával, kismértékű vízhiány stressz kiváltásával lehetővé válik a növény vegetatív és generatív tevékenységének szabályozása (Fereses és Soriano, 2007; Prichard et al., 2009; Papenfuss és Black, 2010; Navarro et al., 2015; Grilo et al., 2017).

A PRD az aktív gyökérszóna egyik, majd másik felének részleges kiszárítását jelenti, ami a kiszáradó gyökérrészben keletkező abszcizinsav révén fokozza a szárazságtűrést (Liu et al., 2008).

A zöldségnövények sokkal érzékenyebben reagálnak a vízhiány stresszre, mint a gyümölcsfélék, ezért esetükben kisebb mértékű, de összességében lényeges vízmegetakarítással járnak ezek a módszerek. Adu és munkatársai (2018) az RDI és PRD hatását vizsgálva zöldségnövényeken nem találtak különbséget, míg Sadras (2009) szerint a PRD öntözés minimálisan, de javította a vízfelhasználás hatékonyságát az RDI-hez képest, azonban a technológia komplexitása, és a nagyobb költségvonzata miatt ez a különbség elhanyagolható. E technológiák termésre gyakorolt hatása nagyban függ a növényfajtól és a talajszerkezettől (Adu et al., 2018).

Dorji és munkatársai (2005) chili paprikánál azt tapasztalták, hogy a vízdeficit- és a részleges gyökérszóna öntözésnél súlyozottabban érvényesül a vízmegőrzés a betakarított termésátlaghoz képest. Hasonló megállapításra jutottak Savic és munkatársai (2009) is paradicsomot vizsgálva hajtatási körülmények között.

Ipari paradicsom esetében a szabályozott vízdeficit öntözés javította a vízhasznosítást és a Brix^o-ot (Amor és Amor, 2007; Psarras et al., 2014), valamint csökkentette a csúcsrothadás előfordulását (Sun et al., 2013). Cara és Giovanni (2008) tapasztala szerint az RDI növeli a respirációt és az etilén bioszintézist, ami elősegíti a klorofill lebomlását és ezzel párhuzamosan a karotinoid akkumulációt.

2.9 A paradicsom öntözésének tervezése

Az öntözés tervezésének kritikus pontja az öntözés időpontjának precíz meghatározása (real time). A növényélettani folyamatok jól jellemzik a vízhiányos helyzeteket, habár a termesztési gyakorlat számára nehezen értelmezhetőek. Gyakorlati jellegű megközelítések a vízhiány mértékének jellemzésére a környezeti és talaj paraméterek, valamint a növényi tulajdonságok. A vízhiány mértéke, valamint az öntözés időpontjának meghatározása közvetett és közvetlen

módszerekkel történhet (Helyes, 1999a).

A talajszelvényre ható input és output elemek határozzák meg a talaj vízmérlegét, amelynek elemzésével összetett módon lehet megközelíteni a növények vízellátását. Számításba kell venni a hidrometeorológiai vizsgálatok során az elsődleges vízbevételt jelentő csapadékot, valamint a vízvesztéseget okozó produktív (transzspiráció) és inproduktív (evaporáció, leszivárgás, elszivárgás, elfolyás) folyamatokat (Szász, 1988; Bussay et al., 1999; Stefanovits et al., 1999).

2.9.1 Az öntözés időpontjának meghatározása közvetett módszerekkel

Az öntözés következménye legszembetűnőbben a talaj nedvességtartalmának megváltozásában érzékelhető. Öntözött területeken tartósan megnő a talaj hasznosvíz-készlete (DV), ami nemcsak a növényzet vízellátása és az oldódási folyamatok szempontjából kedvező, hanem fokozza a talaj biológiai aktivitását is.

Közvetett módszerekkel a növényt körülvevő környezeti tényezők alakulásából következtetünk az állomány vízellátottságára.

A környezeti tényezők alapvetően meghatározzák a paradicsom transzspirációját, illetve az egységnyi területről történő vízfogyás jellemzésére használt evapotranszspiráció mértékét (ET), ami a tömeges kötődés és bogyónövekedés időszakában a legnagyobb, és az érés fázisában, a lomb előregedése végett fokozatosan csökken. A transzspiráció, illetve az evapotranszspiráció mértéke és az elérhető termés mennyisége között nagyon szoros összefüggés van (Helyes, 1999a).

Az ET mértékét meghatározó éghajlati paraméterek, a levegő hőmérséklete, páratartalma, és a besugárzás mértéke; valamint talaj paraméterek, a szabadföldi vízkapacitás (VK_{sz}), a holtvíz tartalom (HV) a diszponibilis víztartalom ($DV = VK_{sz} - HV$), valamint a pF értékek (Cselőtei, 1997).

A diszponibilis víztartalom a növény számára hozzáférhető/felvehető talajnedvesség-tartalom, amelyből a növényzet biztosítani tudja vízigényét. A pórusokban lefelé szivárgó gravitációs víz egy része és a kapilláris erő által megkötött kapilláris víztartalom, illetve a talajszemcsékhez lazán kötődő víztartalom értendő ide. A talaj szabadföldi vízkapacitása az a vízmennyiség, amelyet a gravitációs erővel szemben a talaj meg tud tartani, a holtvíz tartalom pedig a növények számára felvehetetlen, a talajkolloidok hidrátburkát képző higroszkópos víz (Stefanovits et al., 1999; Várallyay, 2001).

Az öntözési normát a szabadföldi vízkapacitás és a talaj aktuális nedvességtartalma determinálja. Ha a talaj nedvességtartalma VK_{sz} 65-70%-ra, vagy az alá süllyed, akkor szükséges megkezdeni az öntözést. A növény szempontjából a legelőnyösebb, ha a talaj nedvességtartalmát a vízkapacitás 80-90%-án tartjuk (Cselőtei, 1997). Ez az érték a talajtípusok víztartó képességétől is függ. Egy másik megközelítésben, az öntözést a talaj DV 50%-nál kell kezdeni és DV 80%-os

telítettségi szintig kell feltölteni, hogy az esetleg később leeső természetes csapadéknak is legyen helye a talaj pórusaiban (Helyes, 1999a).

A talajnedvesség meghatározására számos módszer létezik, úgymint a neutronszóródásos, az elektromos vezetőképességen alapuló eljárás, a gamma-radiációs módszer, a TDR szonda (amely a rádiófrekvenciás elektromágneses hullám terjedési sebességének meghatározásán alapul), és a távérzékeléssel történő nedvesség mérés (Füleky, 2011). Az elektronikus mérőműszerek egyik legnagyobb gyenge pontja, a talaj specifikus kalibrálás szükségessége. Ezért a gyakorlatban, a talaj vízpotenciáljának meghatározására leginkább a tenziométerek használata terjedt el, amellyel a talajnedvesség szívóerejét kifejező mátrixpotenciált lehet mérni (Goodwin és Boland, 2002).

Az öntözővíz mennyiségének meghatározásához, az adott területre számított potenciális evapotranszpiráció (ET_{pot} , mm/nap) értékét egyszerűen fel lehet használni a termesztési gyakorlatban. A potenciális evapotranszpiráció csak a légköri feltételektől függ. Azt fejezi ki, hogy mennyi víz párologna el abban az esetben, amikor a talajnedvesség nem jelentkezik limitáló tényezőként, ha a víz hiánya nem korlátozná a növény transzspirációját és a talaj evaporációját (Thornthwaite, 1944). Egy kifejlett paradicsomállomány napi potenciális vízfogyasztását jól jellemzi a napi középhőmérséklet egyötöde (mm) (Helyes és Varga, 1994).

2.9.2 Az öntözés időpontjának meghatározása közvetlen módszerekkel

A precíz, víztakarékos öntözés alapja, hogy megpróbáljuk minél pontosabban meghatározni a növényállományok tényleges evapotranszpirációját (ET_c). Pontosabb képet kaphatunk a növény vízellátottságáról, ha növényi paraméterekből mért információkat is felhasználunk.

Az öntözést megalapozó növényi információk:

- **Turgor állapot** (a vízzel telt sejtek feszes állapota),
- **Vízpotenciál** (nyomáskamrával, pszichrométerrel, higrométerrel, vagy ozmométerrel),
- **Növényi nedváramlás sebessége** (radiális áramlásmérővel),
- **Növényi szervek vastagságának és átmérőjének változása** (dendrométerrel, levélvastagság és termésátmérő szenzorral),
- **Visszavert elektromágneses sugárzás** (multi- és hiperspektrális képalkotó berendezésekkel),
- **Sztóma aktivitás** (porométerrel),
- **Lombfelszín hőmérséklet** (infravörös távhőmérővel),
- **Levélterület index (LAI)**,
- **Növény színe** (SPAD klorofill mérővel).

2.9.2.1 A növény vízállapotát jelző külső tulajdonságok: a növény színe és hervadása

A növény vízigényének méréséhez Kramer (1983) szerint is célszerűbb a növényi jellemzőket mérni. Példaként említi, hogy reggelente a párolgási vízvesztés a növények először nem a gyökereikkel a talajból, hanem a leveleiből pótolják. Ilyenkor a növény nedves talajban is ideiglenesen hervad, ami szemmel látható, de a talajt mérve nem kimutatható. Szerinte a növény vízpotenciálja, víztartalma és a növényen szabad szemmel megfigyelhető jelek is alkalmasak a növény vízellátottságának a mérésére.

Cselótei (1991) szerint is látszódnak a vízhiányra utaló jelek a növény színén. Egyes növényeken a világosabb "friss, üde zöld" tónus jó vízellátottságra, a "haragos, sötétzöld" szín vízhiányra utal. Nagyobb vízhiányt jelezhet a "matt, fakózöld" színárnyalat. A vízhiány okozta színváltozás növényenként különböző lehet, paradicsomnál pl. a szövetek "lilas elszíneződésében" mutatkozik meg. A barnuló, sárguló levél tartós vízhiányt, a szövetek elhalását mutatja.

Wenkert (1980) megfigyelte, hogy szárazság hatására a kukorica levele előbb elveszti fényét, majd elszíneződik, végül a levél csavarodik. A levélcsvarodás látványos jele a kukorica vízhiányának, ilyenkor mondják, hogy "furulyázik a kukorica". A szójabab esetében a szélső levelek iránya mellett viszonylag általános és könnyen megfigyelhető jelenség a levelek és száruk lehajlása.

A rizs levelének vízpotenciálja is jól korrelál a levelek csavarodásával, de sok növény, pl. a paradicsom, paprika, uborka levele vízhiány esetén lehajlik (O'Toole és Cruz, 1980).

Peacock (2001) szőlő kiszáradásának első jelét a szőlőlevél felülete és a levél szára közti szög csökkenésében látja. Ha a vízhiány fokozódik, a hajtások növekedési sebessége csökken, majd a csomópontok közötti növekedés lassul. További vízhiány hatására a szárvégek és az indák elhalnak, majd az idősebb levelektől a fiatalabbak felé haladva lehullanak a levelek.

A növény fejlődését befolyásoló, egymást gyakran átfedő tényezők miatt, a hiánytünetek vizuális diagnózisának felállítása nem egyszerű feladat, alapos gyakorlati ismereteket igényel.

2.9.2.2 Sztómakonduktancia szerepe az öntözés előrejelzésében

A transzspiráció mértéke szorosan összefügg a talaj és a növény vízellátottságával, amely a növényben lévő tápanyagáramlással kihat a növény fejlődésére. A zavartalan, folyamatos transzspiráció és tápanyagáramlás, az ionizált tápelemeket eljuttatja a növény számára beépíthető területekre (Láng, 2007).

A növények átlagos víztartalma 60-80%, de a zöldségek még ennél az értéknél is nagyobb 70-95% víztartalommal rendelkeznek (Martinez et al., 2010). A víztartalom fenntartása érdekében a növény egész élete során folyamatos vízellátást, tehát folyamatos vízfelvételt igényel. A felvett

víznek azonban csak 1-2%-át használja fel a növény, és az anyagcsere során építi be a szintetizálódó szerves anyagokba. A felvett víz 98-99%-át a növény elpárologtatja, amivel egyben hűti is magát (Jones et al., 2013).

A vízpotenciál (Ψ) a növény vízháztartásának mértéke, két pont között mért különbsége a vízmozgás hajtóereje, a turgor pedig a növények vízzel teltségét jellemzi. A párologtatás során 80-95%-ban a gázcsere nyílásokon át elpárologtatott víz hiánya, a növényben a gyökérszóna felé irányuló szívóerőt kelt. Ez a vízpotenciál csökkenés vezet a talajból az atmoszféra felé irányuló vízáramláshoz, ez teszi lehetővé a folyamatos vízfelvételt (Turcsányi, 1998).

A növények vízfelvétele összefügg a sztómányitással és zárással endogén ritmusával (Hopkins és Hüner, 2009). A sztómák nyitottsági állapotuk változtatásával központi szerepet töltenek be a vízháztartásban, ugyanis a növények a gázcsere nyílások záródásával próbálják mérsékelni a vízvesztést. A sztómamozgások élettani mechanizmusa összetett (2. táblázat), amelyben elsődleges irányító szerepet játszik a zárócellák és a szomszédos epidermisz-sejtek közötti turgor-differencia (Heszky, 2007).

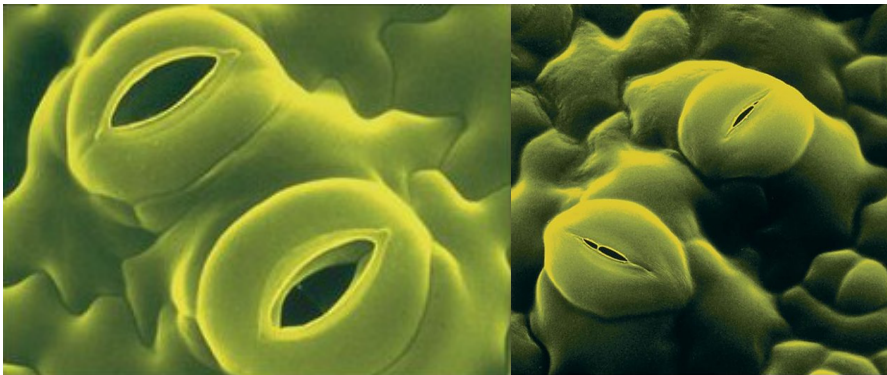
Hőmérséklet emelkedés hatására, a vízvesztés elkerülésére sztómazáródás következhet be, ami az intercelluláris CO_2 koncentrációjának csökkenését okozza. Ilyenkor a sztómazárósejtek turgora alacsony. A sztómányitáshoz a zárósejtek hidrosztatikus nyomásának növekednie kell. Ezt a zárósejtek víz és kálium-ionok felvételével érik el úgy, hogy hiperpolarizációra nyíló, a K^+ -ot befelé transzportáló csatornákat (K^+ influx csatornák) nyitnak. A nyomásnövekedés hatására a sejtterfogat nő, ezért légrés keletkezik a zárósejtek között, és bekövetkezik a sztómányitás. Vízvesztés esetén a sejtek összehúzódnak, megszűnik a légrés, és a sztóma becsukódik. Záráskor a depolarizáció által aktivált, K^+ -ot a citoplazmából kifelé szállító csatornák nyílnak. A K^+ ion mozgását a víz passzívan követi (Tari, 2008).

2. táblázat Sztómaaktivitást befolyásoló tényezők (Tari, 2008)

Nyit →	<ul style="list-style-type: none"> • fény (elsősorban a kék hullámhossz tartomány) • kis CO_2 koncentráció • átlagos hőmérséklet • elegendő víz • indolecetsav hormon
Zár →	<ul style="list-style-type: none"> • sötétség • nagy széndioxid koncentráció • szélsőséges hőmérséklet • vízhiány • abszcizinsav hormon

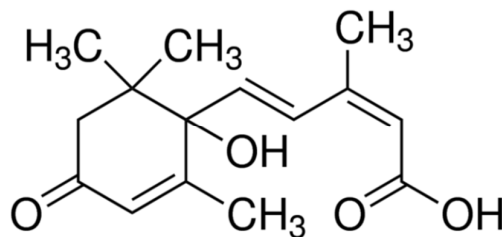
A fény hatására a növényekben számos élettani folyamat aktiválódik. A földre érkező napsugárzásból a kék és a vörös fény hatására nyitnak a sztómák (4. ábra). Ezzel egy időben a

fotoszintézis folyamatai is megindulnak és ennek során O_2 képződik és CO_2 kötődik meg. E gázok ugyancsak a sztómákon át cserélődnek ki a környezettel. Megfigyelték, hogy a CO_2 tenzió fokozódásával a gázcsere nyílások elkezdnek záródni (Lawlor, 2002). Ez azt mutatja, hogy a légrés elsősorban a fotoszintézis CO_2 ellátására szolgál, és amennyiben elégséges az intercellulárisokban a tenziója, a légrések szűkülnek, ezzel is csökkentve a növény vízvesztését. Ezen keresztül hat a hőmérséklet is: növekedésével a légzés biokémiai folyamatainak sebessége gyorsabban nő, mint a fotoszintézis sebessége, ezért magasabb hőmérsékleten a CO_2 kompenzációs pont eltolódik. Átmenetileg megnő az intercellulárisok CO_2 tenziója és ezért egyes növényeknél a déli órákban részleges sztómazáródást figyeltek meg (Chaves et al., 2003).



4. ábra Nyitott és zárt állapotú gázcsere nyílások, mesterségesen színezett pásztázó elektronmikroszkóp (PEM) felvételen (Pearson Education Inc., 2005)

A sztómák zárását azonban elsősorban vízhiány idézi elő. Kiszáradó talajban a növény egyre nehezebben tudja felvenni a vizet és ilyenkor a gyökérben képződő és a xilém nedvvel a hajtásba szállítódó hormon, az abszcizinsav (ABS) (5. ábra) hatására sztómazáródás következik be (Guóth et al., 2010). Az ABS bioszintézise szárazságstressz során először a gyökérben emelkedik meg, majd a xilémen keresztül transzportálódik a hajtásba, és mint hosszútávú kémiai jel működik (Thompson et al., 2000; Davies et al., 2005; Wilkinson és Davies, 2002; 2010).



5. ábra Az abszcizinsav (ABS) molekulaképlete ([http1](http://))

A transzspiráció reggeltől a déli órákig növekszik, majd sötétedésre megszűnik, tehát párhuzamosan változik a fotoszintetikusan aktív sugárzással (PAR). Nappal minél alacsonyabb a gyökérzet és a levelek vízpotenciálja, annál több vizet vesz fel a növény a transzspirációhoz. Száraz talajban a vízpotenciál olyan alacsonnyá válik, hogy a gyökér nem tud már ionok felvételével

vízpotenciál különbséget előidézni, így a gyökér és a talaj vízpotenciálja kiegyenlítődik. Ilyenkor a növény nem tud vizet felvenni a talajból, de a sztómáin keresztül vizet veszít. Végül lecsökken a turgornyomás és a növény eléri a hervadáspontot (Salisbury és Ross, 1992).

A fokozatosan emelkedő vízhiány számos metabolikus folyamat megváltozását vonja maga után, amelyek a vízhiány erősségétől függően következnek be. Enyhe vízhiány hatására bekövetkező válasz a sejt-expanzió mérséklődése, a fehérjeszintézis csökkenése, a sztómakonduktancia csökkenésével párhuzamosan a szénasszimiláció csökkenése (Taiz és Zeiger, 2010). Erős szárazságstressz hatására a CO₂ fixálás mezofillumában lezajló biokémiai folyamatai is részlegesen vagy teljesen gátlódhatnak (Singh és Reddy, 2011).

A növény víztartalmának mérésére kezdetben a nyomásmérő kamra terjedt el (Scholander et al. 1965). A benne elhelyezett növényi részből tudja mérni a nyomásértéket, ami megegyezik a vízpotenciál értékével (Wei et al., 2000). Ehhez az információhoz csupán a talaj vízkészletének vizsgálatával nem lehet hozzájutni (Mikóczy, 2006).

A nyomáskamrán kívül már több olyan eszköz áll rendelkezésre, amivel roncsolásmentesen meghatározható a levelek vízpotenciál értéke. Ilyen a porométer, amivel a növények sztóma vezetőképességét lehet mérni, azaz a sztómakonduktanciát (g_s).

A gázcserenyílásokon keresztül történő gázáramlás vizsgálata a porometria, ami alkalmas a növények környezeti tényezők változására adott válaszreakciójának összevetésére. A porometriás mérés során a levélfelületnek vízgőzleadással szembeni ellenállását (rezisztenciáját) mérhetjük, vagy a sztómák vezetőképességét, azaz sztómakonduktanciáját. A vezetőképesség, vagyis konduktancia, a rezisztencia reciprokaként értelmezhető. Mindkét érték a levél, illetve növény fiziológiai állapotára jellemző érték. A sztóma-tevékenység jellemzésével az optimális feltételek, és a stresszhelyzetet kialakító környezeti tényezők jellemzése válik lehetővé (Lawlor, 2002; Medrano et al., 2002; Takahashi és Kinoshita, 2014).

Nemeskéri és munkatársai (2015) borsót vizsgálva állapítottak meg szignifikáns összefüggést az alacsony sztómaaktivitás és a termésmennyiség csökkenés között.

2.9.2.3 A lombfelszínhőmérséklet szerepe az öntözés előrejelzésében

A sugárzás jelentősen megemelheti a levél hőmérsékletét, ami az első jele a vízhiánynak és károsan befolyásolja az anyagcsere folyamatokat. A levél hőleadását, elsősorban a szabályozott sztómamozgás révén az elpárologtatott víz hűtésével, másrészt a levél hőmérsékletével arányos hőszugárzás kibocsátásával, és légmozgás által előidézett konvekcióval biztosítja (Turcsányi, 1998).

A fotoszintetikus aktivitás a fényen kívül, többek között hőmérsékletfüggő is, mivel a hőmérséklet befolyásolja a fotoszintézis biokémiai folyamatait és a membránok integritását (Camejo et al., 2005).

Légköri CO₂-koncentrációnál a fotoszintézist a Rubisco enzimaktivitása korlátozza és az emelkedő hőmérséklet hatása két ellentétes irányú folyamat eredőjeként jelenik meg, mivel a növekvő hőmérséklet fokozza a karboxiláció sebességét, de csökkenti a Rubisco enzim CO₂ affinitását. Figyelembe kell venni azt is, hogy a CO₂ diffúziós mozgása jobban gyorsul az emelkedő hőmérséklettel, mint az oxigéné, ami tovább rontja a CO₂ megkötés esélyeit. A magas hőmérséklet károsan befolyásolja a Rubisco-aktivázt és csökken a CO₂ megkötés mértéke (Láng, 2007).

A növényi stresszhatás tömeggyarapodási vizsgálatokban való figyelembevételével több szerző végzett vizsgálatokat, ilyenek a hőmérsékleti differencia alapján történő, öntözés idejének kijelölésére alkalmas stressz-indexek, melyek közül nagy előrelépést jelentett a CWSI vízstressz index (Crop Water Stress Index), amellyel távérzékeléssel nyert növény- és léghőmérsékleti differencia értékekből lehet meghatározni az öntözési időpontot (Jackson, 1982; Pinter et al., 1983). Choudhury (1986) a növényállomány felszínhőmérsékletéből parametrizált vízstressz-index, valamint a nettó fotoszintézis szoros kapcsolatát állapította meg.

A növény vízellátottsági állapotának vizsgálatára alkalmas a Scheduler növényi vízstresszmérő készülék, ahol a levegő és a növényhőmérséklet különbségéből számítható a növény vízigénye. A készülék alkalmazásával, a CWSI alakulását nyomon követve, detektálni lehet a növényi vízhiányt (Decsi, 2005). Mintavételezéskor célszerű figyelembe venni a növény árnyékos és napos oldala közti levélhőmérséklet különbséget (Ligetvári, 1993).

A leggyakoribb megközelítési mód, amikor a vízhiány stressz mértékét, növény-felszínhőmérsékleti adatok segítségével határozzák meg (Idso et al., 1981; Hatfield, 1990; Helyes, 1999b; Böcs et al., 2010a; 2011). Az infravörös távhőmérő a tárgyak által kibocsátott, vagy a szomszédos tárgyakraól származó sugárzást méri az infravörös tartományban. A levélfelszín hőmérsékletének mérésére azonban csak olyan típusok alkalmasak, amelyek gyorsan, másodpercenként többszöri felvételre képesek, nagy felületet mérnek, és a mért adatok átlagolására is képesek.

Az infravörös távhőmérők alkalmazhatósága, a gazdasági növények felszínhőmérséklet mérésére már a 60-as években felmerült (Tanner, 1963; Fuchs és Tanner, 1966; Idso et al., 1969). Infravörös termometria alkalmazásával a levelekről, módosító hatások nélkül kaphatunk megbízható információkat a lombhőmérséklet változása és a transzspiráció összefüggésére (Berliner et al., 1984; Fuchs, 1990; Kocsis és Ligetvári, 1992; Helyes, 1999b; Wang et al., 2010; Böcs és Pék, 2011).

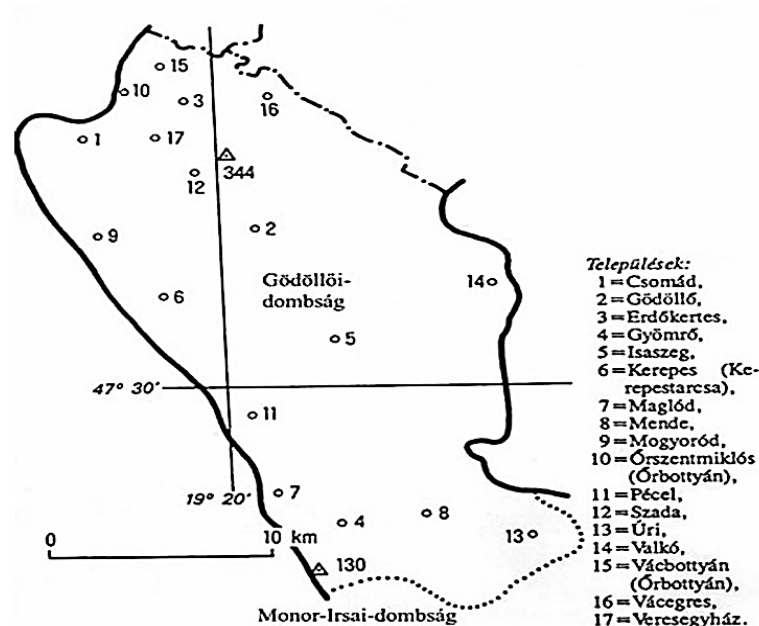
Clawson et al. (1982) szerint a víz okozta stressz kezdete jelezhető, és arra az időpontra tehető, amikor a növényállomány felszínhőmérsékleti variabilitása (CTV = Canopy Temperature Variability) meghaladja a 0,7°C értéket. Hasonló eredményre jutottak Gonzalez-Dugo és munkatársai (2006) is.

3 ANYAG ÉS MÓDSZER

3.1 A kísérleti körülmények

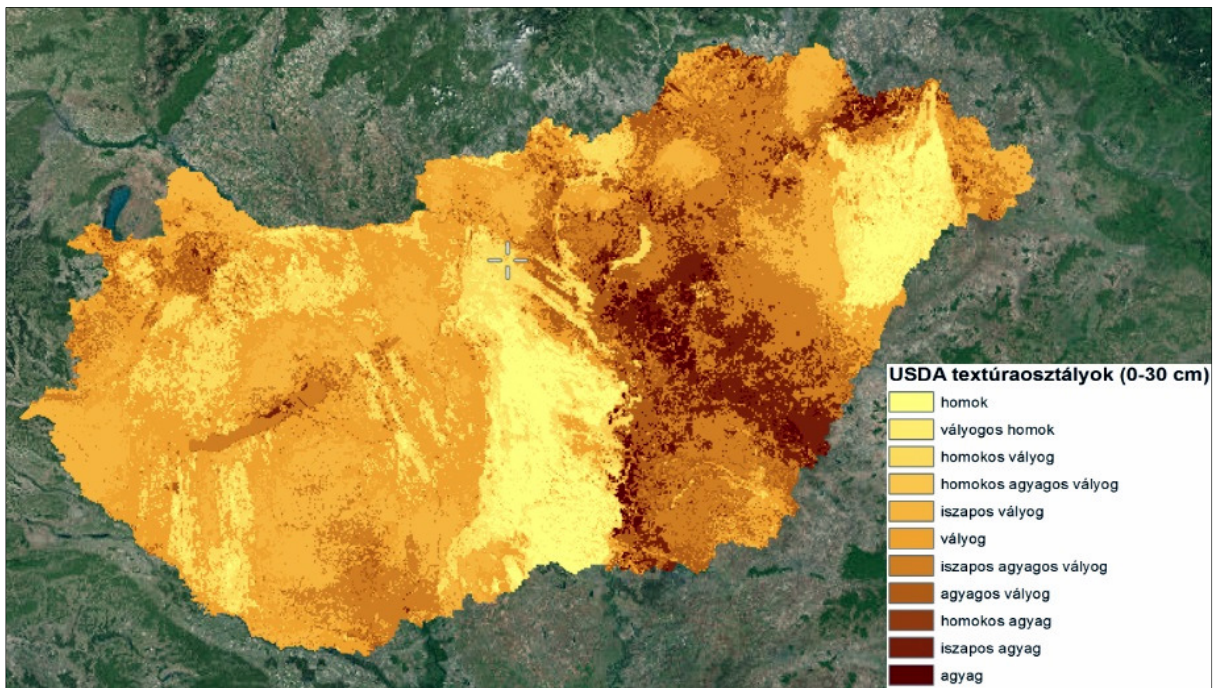
Kísérleteimet 2008 és 2011 között végeztem Gödöllőn, a Szent István Egyetem Kertészeti Intézetének tanüzemében (47°35'N, 19°21'E), ahol szabadföldi síkműveléses körülmények között folytattam vizsgálatokat determinált fajtakörbe sorolható ipari paradicsom fajtákkal.

A kísérlet helyszíne a Gödöllői-dombságot átszelő Rákos patak völgyében található, 4 hektáron. A Gödöllői-dombság Marosi és Somogyi (1990) kistáj tipizálása szerint az Észak-magyarországi-középhegység nagytájhoz tartozik, ezen belül a Cserhát-vidék középtáj Gödöllői-Monori-dombság kistájcsoportjának északi részén helyezkedik el (6. ábra).



6. ábra A Gödöllői-dombság kistáj, és települései (Marosi és Somogyi, 1990)

A 7. ábrán a magyarországi talajjellemzők vannak ábrázolva, amelyen kereszttel jelölve a Gödöllői-dombság látható. A kísérleti tábla talajtípusát tekintve, a magyarországi genetikai talajosztályozás alapján főként homokon kialakult rozsdabarna erdőtalaj, melyet erőteljes agyagosodás és gyenge savasodás jellemez. Morzsás és szemcsés jellegű, gyengén savanyú vagy semleges kémhatású. Fizikai félesége homok, illetve homokos vályog (Fülek, 1999; Stefanovits et al., 1999). A kísérleti talajszelvény részletesebb morfológiai adatait az 3. táblázat tartalmazza.



7. ábra Magyarország fizikai talajféleség térképe a DOSoReMI.hu projekt alapján, 0-30 cm-es mélységben (Pásztor et al., 2017; http2)

3. táblázat A kísérleti helyszín talajszelvényének morfológiai adatai

Szint	cm	Leírás
A _{Sz}	0-40	Szürkésbarna, gyengén tömődött, gyengén poliéderez szerkezetű vályogos homok. A szint alján faszéndarabkák, valamint téglá és egyéb agyag szemcsék.
AB	40-65	Szürkésbarna, gyengén tömődött, gyengén poliéderez szerkezetű vályogos homok, pórusokkal és gyökérjáratokkal.
B ₁	65-90	Barna, tömötten homokos szerkezetű, homokos vályog.
B ₂	90-110	Sárgásbarna, tömötten homokos szerkezetű homokos vályog. A réteg átmenete lefelé tarka, foltos.
BC	110-145	Fokozatosan világosodó, állatjáratok nyomaival tarkított réteg.
C	145-165	Világos, fakó sárga finom homok. Szemcséi rosszul osztályozottak, méretük 0,2 és 2 mm között változik.

Varga (2002) alapján

Az elmúlt évek talajvizsgálatai eredményei alapján a kísérleti terület fontosabb talajparaméterei a következők: a MÉM-NAK rendszer szerint a talaj Al-P₂O₅-ellátottsága igen jó; Al-K₂O-ellátottsága igen jó; mésztartalma: <1%. A talaj humusztartalma: 1,6-2%; pH=7,3; Arany-féle kötöttségi értéke (K_A): 27-42 között alakul (Varga, 2002). Gödöllő klimatikus tényezőinek alakulását (hőmérséklet, csapadék, napsütéses órák száma) az 4. táblázat mutatja be.

4. táblázat Éghajlati adatsorok Gödöllőn 1901-2010.

Havi átlag	Jan	Feb	Már	Ápr	Máj	Jún	Júl	Aug	Szept	Okt	Nov	Dec	Éves
Maximumhőm. rekord °C	18,1	19,7	25,4	30,2	34,0	39,5	40,7	39,4	35,2	30,8	22,6	19,3	40,7
Maximumhőm. °C	1,2	4,5	10,2	16,3	21,4	24,4	26,5	26,0	22,1	16,1	8,1	3,1	15,0
Napi középhőm. °C	-1,6	1,1	5,6	11,1	15,9	19,0	20,8	20,2	16,4	11,0	4,8	0,4	10,4
Minimumhőm. °C	-4,0	-1,7	1,7	6,3	10,8	13,9	15,4	14,9	11,5	6,7	2,1	-1,8	6,3
Minimumhőm. rekord °C	-25,6	-23,4	-15,1	-4,6	-1,6	3,0	5,9	5,0	-3,1	-9,5	-16,4	-20,8	-25,6
Lehullott csapadék mm	38,5	36,7	37,4	47,2	64,5	69,8	50,4	49,5	42,7	46,9	59,9	49,3	592,8
Csapadékos napok száma	7	6	6	6	8	8	7	6	5	5	7	7	78
Napsütéses órák száma	55	84	137	182	230	248	274	255	197	156	67	48	1933

Országos Meteorológiai Szolgálat (2010a) alapján

A talaj vízgazdálkodása a homoktalajokra jellemzően alacsony vízkapacitású, víznyelő és vízelvezető képessége igen jó. A felső 0-30 cm-es művelt réteg maximális vízkapacitása, azaz a talaj pórusteret teljesen kitöltő víz mennyisége 15-16,5%. Ez 10 cm-enként 21-23 mm összes víznek felel meg. A talaj hozzáférhető víztartalma (diszponibilis víz, DV) 14-15 mm/10 cm. A 30 cm-es szántott réteg alatt a víztartókéesség a felére, 8 súly%-ra csökken, 30-100 cm-ig mintegy 110 mm vizet képes tárolni. A 0-100 cm-es rétegben a víztartókéesség 170-175 mm, amiből 110-120 mm a diszponibilis víztartalom, így a nyári termesztési időszakban a növények vízellátását a talajban tárolt víz csak rövid ideig tudja kielégítően biztosítani. A talajvíz 5 m mélyen helyezkedik el, ami a növények számára hozzáférhetetlen (Helyes, 2007).

3.2 Kísérleti módszerek ismertetése

3.2.1 A kísérletek beállítása, az alkalmazott agrotechnika

Az első 3 évben (2008-2010) ún. „cut off” rendszert alkalmaztunk, ahol az öntözetlen kontroll (K) növényállomány mellett egy optimális vízellátottságú (RÖ), és egy Cut off (CO) kezelést állítottunk be, ami a várható betakarítás előtt 30 nappal megszakított öntözésű állományt jelent.

A 4. évben (2011) vízdeficit öntözést alkalmaztunk 50-, 75-, és 100%-os vízadagú kezelésekkel, ahol az optimális vízellátottságú (100%) kezelés mellett, beállítottunk két olyan kezelést, ahol a növényállományok az optimális vízmennyiség 75-, illetve 50%-át kapták. A kontroll (K) növények itt is csak a természetes csapadékot kapták.

Az 5. táblázat az általam vizsgált 4 év termesztési időszakának főbb technológiai elemeit tartalmazza:

5. táblázat Az egyes évek termesztési időszakának főbb technológiai elemei

	2008	2009	2010	2011
Vizsgált fajták	Brigade F ₁	Brigade F ₁	Brixsol F ₁	Uno Rosso F ₁
Vetés időpontja	április 7.	március 25.	március 29.	április 1.
Kiültetés időpontja	május 12.	május 5.	május 12.	április 29.
Tenyészterület	Sortáv: 120+40cm Tőtáv: 30cm	Sortáv: 120+40cm Tőtáv: 30cm	Sortáv: 120+40cm Tőtáv: 30cm	Sortáv: 120+40cm Tőtáv: 30cm
Tápanyag-ellátás	Indítótrágya: NPK 18-8-16 + 2MgO Fejtrágya: NH ₄ NO ₃ + KNO ₃			Indítótrágya: NPK 15-15-15 Fejtrágya: NH ₄ NO ₃ + KNO ₃ + mikroelem kiegészítés
Vízellátás	K: 297 mm CO: 369 mm RÖ: 441 mm	K: 156 mm CO: 296 mm RÖ: 416 mm	K: 408 mm CO: 549 mm RÖ: 564 mm	K: 162 mm 50%: 330 mm 75%: 414 mm 100%: 498 mm
Szedési időpont	augusztus 12.	augusztus 17.	szeptember 1.	augusztus 22.

Megjegyzés: K = Kontroll, CO = Cut off kezelés (a várható betakarítás előtt 30 nappal megszakított öntözésű növényállomány), RÖ = Rendszeresen öntözött kezelés (optimális vízellátottságú állomány)

Az öntözési norma kiszámításához az Országos Meteorológiai Szolgálat léghőmérséklet előrejelzését vettem alapul, amiből következtettem a növényállomány potenciális evapotranszspirációjára (ET_{pot}), és az azt kielégítő vízádagra mm-ben, amit heti három alkalommal juttattam ki, a természetes csapadék mennyiségével korrigálva. A kijuttatott öntözővíz napi mennyiségének kiszámításához Helyes és Varga (1994) képletét alkalmaztam:

$$I_d = \left(\frac{T_{min} + T_{max}}{2} \right) / 5$$

- I_d : napi vízigény (mm)
- T_{min} : napi minimum hőmérséklet (°C)
- T_{max} : napi maximum hőmérséklet (°C)

Ha az előző öntözés után lehullott csapadék mennyisége kevesebb volt, mint a számított öntözővíz mennyisége, akkor kiegészítettem az I_d értékére, ha fedezte azt, akkor nem volt víz

kijuttatva. Az öntözővizet minden esetben a reggeli órákban juttattam ki, mivel a vízhasznosítás hatékonysága a reggeli időszakban a legkedvezőbb, amikor az egységnyi szénmennyiség megkötése viszonylag csekély mértékű vízleadással valósul meg.

Az öntözést csepegtető öntözőberendezéssel valósítottuk meg az ikersorok között lineáris polietilén alapanyagú csepegtető csövekkel (8. ábra), amelyek az alábbi paraméterekkel rendelkeztek:

- Külső átmérője: 20 mm,
- Belső átmérője: 17,6 mm,
- Csepegtetőtestek osztástávolsága: 30 cm,
- Vízkibocsátás teljesítménye: 4 l/óra csepegtetőtestenként,
- Nyomástartomány: 0,8-2,5 bar.



8. ábra A csepegtető öntözőrendszer az ikersorok között (fotó: Böcs 2010; 2011)

A szaporítás mind a négy kísérleti évben palántáról történt (9. ábra).



9. ábra A kísérlethez nevelt tálcás ipari paradicsompalánták (fotó: Böcs 2011)

A vegetációs időszak során, illetve az azt megelőző művelési időben alkalmazott agrotechnika, beleértve a talajművelést, vetésforgót, előveteményt, tápanyaggazdálkodást és

vízutánpótlást, valamint az alkalmazott okszerű, integrált növényvédelem a helyi viszonyokhoz kidolgozott, ipari paradicsomtermesztésre vonatkozó ajánlásokat követte (Helyes and Varga, 1994).

2008

A kísérlet területe 2008-ban 300 m² volt (10. ábra), egy parcella mérete 25m² (parcellánkénti tőszám: 104 db). A kezelések randomizált blokk elrendezésben voltak beállítva négy ismétlésben, és az egyes kezeléseket szegélysorok határolták. A vetés április 7-én történt szaporítótálcákba (9. ábra). A palántákat május 12-én ikersoros elrendezésben ültették ki. A sortávolság 120+40 cm, a tőtávolság 30 cm volt, a növények tőszűrűsége 4,2 db/m². A vizsgált fajta Brigade F₁ volt.

A kísérlet az alábbi öntözési kezelésekből állt:

- **Öntözetlen kontroll (K): 297 mm;** a növények csak a lehulló csapadékot kapták,
- **Cut off (CO): 369 mm;** csapadék (297 mm) + öntözővíz július 9-ig (72 mm),
- **Rendszeresen öntözött (RÖ): 441 mm;** csapadék (297 mm) + öntözővíz (144 mm).

Az öntözés kezdete június 25. volt mindkét kezelésnél, a CO kezelés öntözése július 13-ig tartott, az RÖ kezelés a tenyészidőszak végéig folyamatos víz utánpótlásban részesült.



10. ábra A kísérleti paradicsom-állomány képe 2008-ban (fotó: Bócs 2008)

A palánták kiültetése előtt kombinált magágykészítő géppel talaj-előkészítés történt 16 cm-es mélységben. Indítótrágyaként a teljes állomány sávosan kijuttatott 2–3 hónapos hatástartamú Agrobren 18-8-16+2MgO (Everris International B.V.) műtrágyát kapott, 299 kg ha⁻¹ N; 133 kg ha⁻¹ P₂O₅ és 266 kg ha⁻¹ K₂O hatóanyag dózisban. Kiültetés után egy hónappal (kötődéskor) NH₄NO₃ fejtrágyát (75 kg ha⁻¹ N hatóanyag) kaptak a növények, majd a tenyészidőszak második felében kiegészítő kálium (KNO₃) fejtrágyázás (150 kg ha⁻¹) történt két részletben, június 23-án és július 16-án.

A növényélettani adatokat (sztómakonduktancia és lombhőmérséklet) kezelésenként 4 ismétlésben mértem, randomizáltan kiválasztott mérési pontokon július 1. és augusztus 11. között, napi gyakorisággal (lásd: 3.2.5.1.; 3.2.5.3. alfejezetek). A termés mintavétele is ezeken a kijelölt területeken történt.

A betakarítás augusztus 12-én történt egy menetben mintavétellel egybekötve, kezelésenként 4 ismétlésben (5 tő/ismétlés, 20 tő/kezelés). A mintákat bogyó méret és minőség szerint osztályoztuk, valamint megmértük a bogyótömeget és regisztráltuk a darabszámot.

Első lépésben a hossz tengelyre merőlegesen mért legnagyobb átmérő alapján válogattuk szét a bogyókat. Ha ez 4 cm-t meghaladta, akkor piacképes volt a termés, ha nem, akkor elaprósodottnak számított (nem piacképes). Ezután következett a minőség alapján történő besorolás, ami alapján a romlóhiba vagy más minőségcsökkenés miatt fogyasztásra alkalmatlan, vagy a feldolgozóipar számára eladhatatlannak vélt terméseket piacképtelennek ítéltük meg.

A szétválogatott termések tömegét ismétlésenként/kezelésenként lemértük Bizerba EC 200 F típusú digitális ipari mérleggel (Bizerba GmbH & Co KG, Balingen, Németország), majd a bogyó átlagtömeg és -darabszám szorzatából, a tősrűség és parcellaméret ismeretében meghatároztuk a hektárra vetített termés eredményeket.

Az érett mintákon a szedés napján 4 ismétlésben (ismétlésenként 5-5 érett bogyó) elvégeztem az analitikai vizsgálatokat az oldható szárazanyag-tartalomra (lásd: 3.2.5.4. alfejezet).

2009

2009-ben a kísérleti terület 500 m^2 volt (11. ábra), és egy parcella mérete 20 m^2 (84 db növény/parcella). A kezelések egyenként négy ismétlésben voltak beállítva és az egyes kezeléseket szegélysorok határolták. A vetés március 25-én történt, és május 5-én került sor a palántázásra az előző évihez hasonló elrendezésben, $(120\text{cm} + 40\text{cm}) \times 30\text{cm}$ térosztásban. A tősrűség $4,2 \text{ db/m}^2$. A vizsgált fajta az előző évhez hasonlóan Brigade F₁ volt.

A kísérlet az alábbi öntözési kezelésekből állt:

- **Öntözetlen kontroll (K): 156 mm;** a növények csak a lehulló csapadékot kapták,
- **Cut off (CO): 296 mm;** csapadék (156 mm) + öntözővíz július 12-ig (140 mm),
- **Rendszeresen öntözött (RÖ): 416 mm;** csapadék (156 mm) + öntözővíz (260 mm).

Az öntözés kezdete május 9. volt mindkét kezelésnél, a CO kezelés öntözése július 13-ig tartott, az RÖ kezelés a tenyészidőszak végéig folyamatos víz utánpótlásban részesült.



11. ábra A kísérleti terület 2009-ben (fotó: Böcs 2009)

Az öntözési norma meghatározása, az öntözési mód és a talaj-előkészítés az előző évihez hasonlóan történt.

Indítótrágyaként a teljes állomány sávosan kijuttatott 2–3 hónapos hatástartamú Agroblen 18-8-16+2MgO műtrágyát kapott az előző évihez hasonló dózisban. Kiültetés után egy hónappal (kötődéskor) NH_4NO_3 fejtrágyát (75 kg ha^{-1} N hatóanyag) kaptak a növények, majd a tenyészidőszak második felében kiegészítő KNO_3 fejtrágyázás (150 kg ha^{-1}) történt két részletben, június 22-én és július 15-én.

A növényélettani méréseket (sztómakonduktancia és lombhőmérséklet) kezelésként 5 ismétlésben végeztem, véletlenszerűen kiválasztott mérési pontokon június 19. és augusztus 13. között, napi gyakorisággal. A termés mintavétele is ezeken a kijelölt területeken történt.

A betakarítás 2009. augusztus 17-én történt egy menetben. A mintavétel kezelésként négy ismétlésben történt. A szedést követő osztályozás, súlymérés és analitikai vizsgálat az előző év gyakorlata szerint történt (12. ábra).



12. ábra A szedésre előkészített növények, és a rekeszekbe szedett paradicsom minták ismétlésenként/kezelésként (fotó: Böcs 2009)

2010

2010-ben a kísérleti terület 300 m² volt, és egy parcella mérete 20 m² (84 db növény/parcella). A kezelések randomizált blokk elrendezésben voltak beállítva négy ismétlésben, és az egyes kezeléseket szegélysorok választották el egymástól (13. ábra).

A vetés március 29-én történt szaporítótálcákba. A palántákat május 12-én ikersoros elrendezésben ültették ki. A sortávolság 120+40 cm, a tőtávolság 30 cm volt, 4,2 db/m²-es állománysűrűséggel. A vizsgált fajta ebben az évben Brixsol F₁ volt.

A kísérlet az alábbi öntözési kezelésekből állt:

- **Öntözetlen kontroll (K): 408 mm;** a növények csak a lehulló csapadékot kapták,
- **Cut off (CO): 550 mm;** csapadék (408 mm) + öntözővíz július 24-ig (142 mm),
- **Rendszeresen öntözött (RÖ): 564 mm;** csapadék (408 mm) + öntözővíz (156 mm).

Az öntözés kezdete június 14. volt mindkét kezelésnél, a CO kezelés öntözése augusztus 1-ig tartott, az RÖ kezelés a tenyészidőszak végéig folyamatos víz utánpótlásban részesült.



13. ábra A kísérleti növényállomány tömeges virágzásban (balra), és az intenzív bogyonnövekedés fázisában (fotó: Böcs 2010)

Az öntözési norma meghatározása, az öntözési mód és a talaj-előkészítés az előző évekhez hasonlóan történt. A növényvédelemre 2010-ben nagyobb hangsúlyt kellett fektetni az extrém csapadékhelyzet miatt. A magas relatív páratartalom, a talaj és a lombfelület gyakori vízborítottsága kedvezett a paradicsomvész kórokozójának (*Phytophthora infestans*), ami a preventív védekezés ellenére foltokban így is kialakult.

A palánták kiültetése előtt Agroblen 18-8-16+2MgO starterműtrágyát juttattunk ki, az előző évekhez hasonló hatóanyag dózisban. A fejtrágyázás során 34%-os ammónium-nitrát (75 kg ha⁻¹ N) és 150 kg ha⁻¹ KNO₃ került kijuttatásra két részletben, vízzel kijuttatva június 28-án és július 12-én.

A sztomakonduktancia és lombhőmérséklet méréseket kezelésként 5 ismétlésben végeztem, véletlenszerűen kiválasztott mérési pontokon június 9. és augusztus 22. között, napi gyakorisággal.



14. ábra Mérés közben (fotó: Böcs-Németh 2010)

A betakarítás 2010. szeptember 1-én volt egy menetben. A mintavétel kezelésenként négy ismétlésben történt. A szedést követő osztályozás, súlymérés és analitikai vizsgálat az előző év gyakorlata szerint történt.

2011

2011-ben a kísérleti terület 700 m^2 volt, és egy parcella mérete 33 m^2 (140 db tő/ikesor). A kezelések randomizált blokk elrendezésben voltak beállítva négy ismétlésben, és az egyes kezeléseket szegélysorok határolták (15. ábra).

A vetés április 1-én történt, és április 29-én került sor a palánták kiültetésére $120 \text{ cm} + 40 \text{ cm} \times 30 \text{ cm}$ elosztású ikersorokba. A tőszűréség $4,2 \text{ db/m}^2$. A vizsgált fajta Uno Rosso F1 volt.

Az alábbi kezelések kerültek alkalmazásra:

- **100%-os vízellátottságú kezelés (optimális vízellátottság): 499 mm;** csapadék (162 mm) + öntözővíz (337 mm),
- **75%-os vízellátottságú kezelés: 415 mm;** csapadék (162 mm) + az optimális napi vízigény 75%-a (253 mm),
- **50%-os vízellátottságú kezelés: 331 mm;** csapadék (162 mm) + az optimális napi vízigény 50%-a (169 mm),
- **Öntözetlen kontroll (K): 162 mm;** a növények csak a lehulló csapadékot kapták.

Az öntözést május 20-án kezdtük el az összes kezelésnél. Az öntözési mód, és a talaj-előkészítés az előző évekhez hasonlóan történt.

Az öntözési normákat a napi középhőmérséklet egyötödével számolt képlet alapján kalkuláltam az első három „cut off” öntözési rendszerű évben, ami mintegy 75%-os valószínűséggel fejezi ki a kifejlett paradicsom-állomány napi potenciális vízfogyasztását, és a gyakorlat számára is jól használható. Azonban ez a képlet az esőszerű öntözésre lett kifejlesztve, ahol az evaporációból és intercepcióból, valamint az esetleges napközbeni vízkijuttatásból és légmozgásból fakadó veszteség lényegesen nagyobb, mint az általam használt csepegtető öntözésnél. Ezért a 2011-es vízdeficit öntözésnél, a teljes lombkifejlődéstől (június 21.) már a potenciális evapotranszpiráció szerinti öntöző vízáradék 1,5x-esét juttattuk ki az lomb öregedésének kezdetéig (augusztus 9.). Tehát hozzáadtuk az öntözési képlethez az ún. K_c -indexet (Crop coefficient) amivel pontosítható az öntözési norma (Doorenbons és Pruitt, 1977).



15. ábra Az egyes fenológiai fázisok és a betakarítás 2011-ben (fotó: Bócs 2011)

A palánták kiültetése előtt NPK 15-15-15 alapműtrágyát (500 kg ha^{-1}) alkalmaztunk, majd fejtrágyaként KNO_3 -ot (114 kg ha^{-1}), és NH_4NO_3 -ot (77 kg ha^{-1}) juttattunk ki július 14-én. Az összes kezelés részesült mikroelem tápoldatozásban (Wuxal Super, Kwizda Agro Hungary Kft) július 6-án és július 24-én, a technológiai elvárásoknak megfelelően.

A sztómakonduktancia és lombhőmérséklet méréseket kezelésenként 4 ismétlésben végeztem, véletlenszerűen kiválasztott mérési pontokon június 11. és augusztus 19. között, napi gyakorisággal.

A szedés 2011. augusztus 22-én történt egy menetben. A termés kezelésenkénti osztályozását, valamint a hektárra vetített terméseredmények meghatározását és a Brix mérést az előző évek módszertanához hasonlóan végeztünk.

3.2.2 Kísérletekben szereplő fajták jellemzése

A 2008-as és 2009-es kísérleteimben a Brigade F₁ hibridet (16. ábra) alkalmaztuk, ami a Seminis Seeds Co. nemesítése. Ez egy erőteljes növekedésű, középkorai érésű ipari paradicsom hibrid, nagy termés potenciállal. Koncentrált érés jellemzi, és 75-85 grammos, hosszúkás alakú bogyókat terem, magas oldható szárazanyag-tartalommal (5.2-5.6 Brix°), ezért kiemelkedően jó feldolgozóipari alapanyag. Gépi betakarításra kiválóan alkalmas. Erősen ellenálló a paradicsom fuzáriumos hervadásával, verticilliumos hervadásával, alternáriás betegségével, valamint sztemfiliumos betegséggel szemben (http3).



16. ábra A 2008-ban és 2009-ben alkalmazott Brigade F₁ ipari paradicsomfajta (fotó: Böcs 2008)

A 2010-es kísérletben a Brixsol F₁ hibridet (United Genetics Seeds Co.) (17. ábra) használtuk, amely korai termesztésre alkalmas, kompakt lombú és kiemelkedően magas hozamokra képes. Bogyói enyhén megnyúltak, egy színből érnek, 65-75 gramm átlagtömegűek, gépi betakarításra alkalmasak. Tövöntarthatósága kiemelkedő, magas likopintartalma, jó Brix° értéke és közepes vizkozitása van. Lombja a betegségekre kevésbé érzékeny, verticillium, fuzárium, pszeudomónászos betegség és bronzfoltosság vírus ellenálló (Orosco vetőmag katalógus, 2010).



17. ábra A 2010-ben alkalmazott Brixsol F₁ ipari paradicsomfajta (<http4>)

2011-ben, főleg kiemelkedő stressztűrése és tövöntarthatósága miatt, az Uno Rosso F₁ hibridet (18. ábra) választottuk, amelynek szintén a United Genetics Seeds a fajtatulajdonosa. Jellemzői többek között, hogy magas hozamú, középkései és erős növekedésű. Bogyói enyhén megnyúltak, egy színből érnek, 60-70 gramm átlagtömegűek. Az ipari paradicsom fajták számára kedvezőtlenebb időjárási körülmények között is folyamatosan fejlődik, és sokat köt, tövöntarthatósága kiemelkedő. Lombja a betegségekre kevésbé érzékeny, ellenálló verticilliumos és fuzáriumos hervadással, valamint alternáriás betegséggel szemben (Orosco vetőmag katalógus, 2011).



18. ábra A 2011-ben alkalmazott Uno Rosso F₁ ipari paradicsomfajta (<http5>)

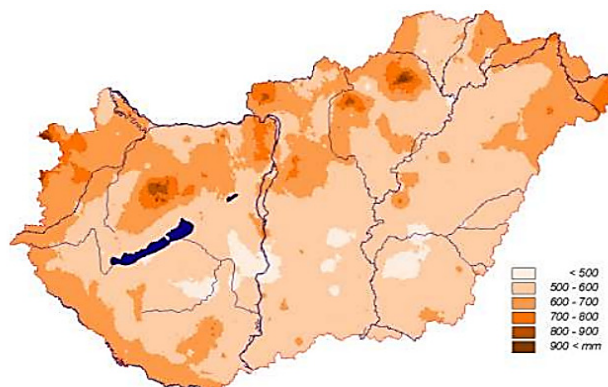
Az összes alkalmazott fajta koncentráltan érő, jól tövön tartható, vastag termésfalú hibrid, ami kielégíti gépi betakarítást alkalmazó, nagy beruházási költségű paradicsomtermesztő kertészetek elvárásait. Alkalmazkodó- és betegségellenálló képességük kiváló. A fajták növekedési erélyére jellemző hogy kisebb, kompaktabb bokrot nevelnek, jól besűrítethetők és ikersoros elrendezésre alkalmasak.

3.2.3 Időjárás és csapadék adatok

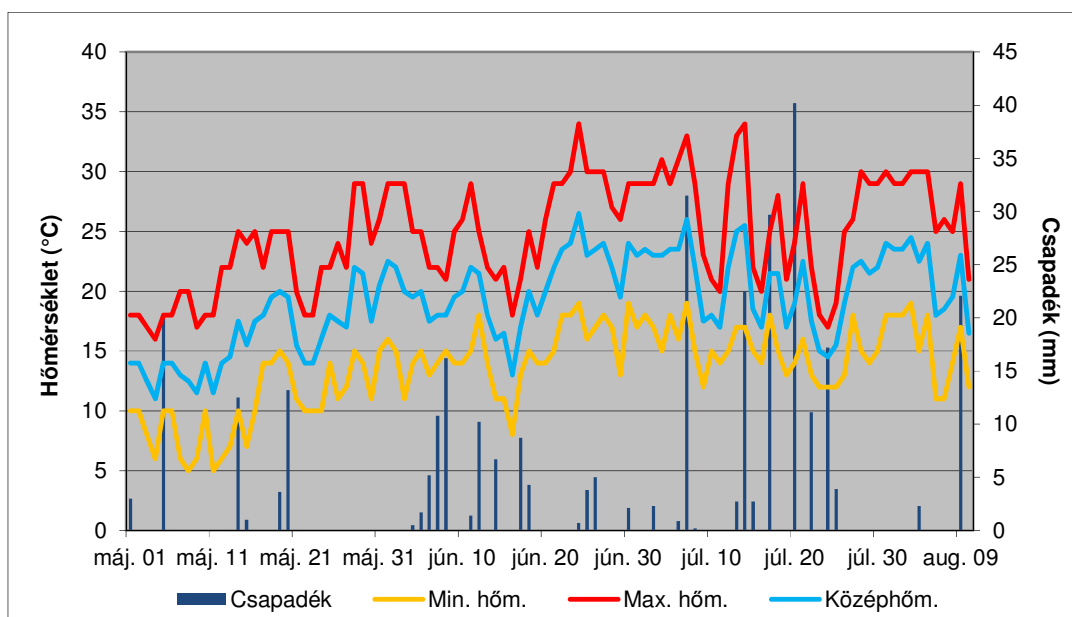
Az öntözés termésmennyiségre és -minőségre gyakorolt hatása nagymértékben függ az adott év időjárásától, főképp a hőmérséklettől és a természetes csapadék mennyiségétől és eloszlásától a vegetációs időszakban.

3.2.3.1 A 2008-as év meteorológiai értékelése

A 2008-as év csapadék szempontjából az országos átlagot tekintve átlagosnak mondható (579 mm), ami mintegy 2%-kal haladta meg a sokévi átlagot, azonban Gödöllőn, a kísérlet helyszínén átlagon felüli értékeket regisztráltak, kifejezetten csapadékos időjárás volt a termesztési időszakban (20.ábra). Az éves csapadékmennyiség országon belüli eloszlása tekintetében a legcsapadékosabb nyugati, délnyugat-dunántúli területek és a hegyvidéki régiók csaknem két és félszer annyi csapadékot kaptak, mint az Alföld középső területei (OMSZ, 2008) (19. ábra).



19. ábra A 2008. évi csapadék alakulása (OMSZ, 2008)

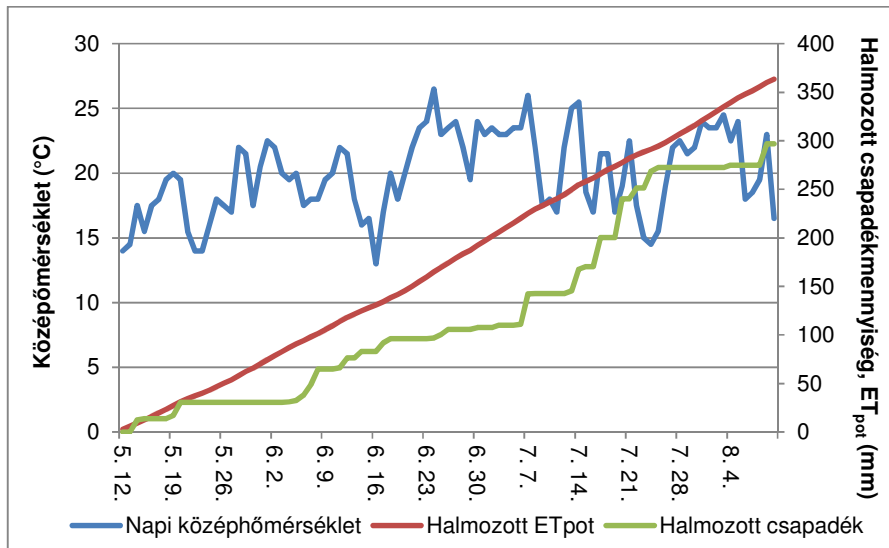


20. ábra A tenyészidőszak meteorológiai adatai a termesztés időtartama alatt 2008-ban

A 20. ábra mutatja be a tenyésztőidőszak csapadék és hőmérsékleti viszonyait 2008-ban, a kísérlet helyszínén.

A májusi (53,5 mm), júniusi (77,3 mm) és különösen a júliusi (164,9 mm) hónapok csapadékmennyisége kedvező volt a növények számára, bár az eloszlás nem volt mindig megfelelő, főleg júliusban, amikor az egyszerre, rövid idő alatt lehulló csapadék háromszor is megközelítette, illetve meghaladta a 30 mm-t. Ekkora, nagy intenzitású csapadékmennyiségnél nagy a valószínűsége, hogy még a megfelelő kultúrállapotú, homokos vályog talajon is jelentős a felszíni elfolyás, illetve leszivárgás a mélyebb talajrétegekbe. A tenyésztőidőszak alatt 15 hőségnap volt ($T_{\max} \geq 30^\circ\text{C}$).

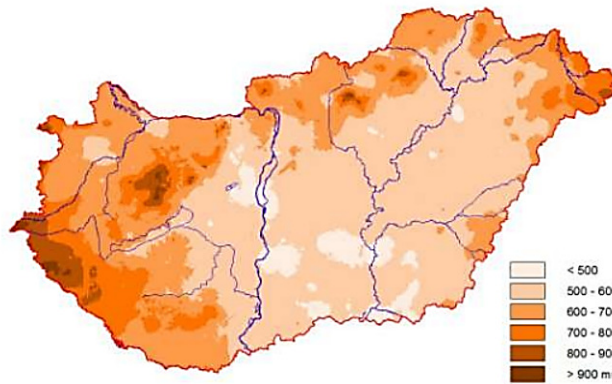
A 21. ábra mutatja paradicsomnövények párologtatási igényét és a 2008-as év csapadékviszonyait a teljes tenyésztőidőszakra vonatkoztatva, amely jól jellemzi az évjáráthatást. A lehullott csapadékmennyiség megközelítette a növények vízigényét, kiültetéstől a tenyésztőidőszak végéig 297 mm esett. A halmozott potenciális evapotranspiráció (ET_{pot}) 363 mm volt.



21. ábra A potenciális evapotranspiráció (ET_{pot}) és a lehullott csapadék viszonya a termesztés ideje alatt 2008-ban

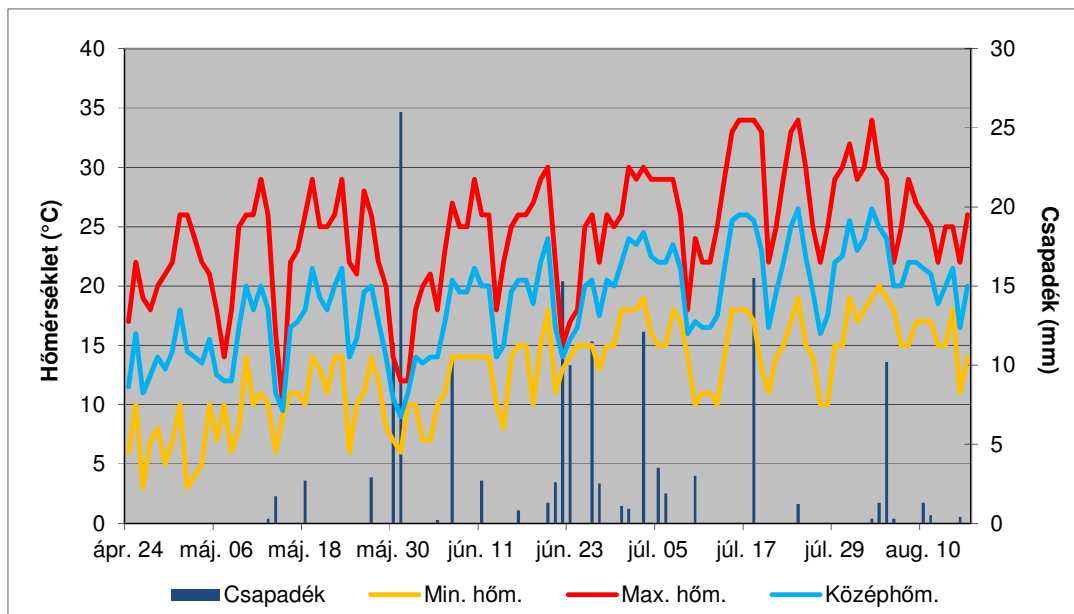
3.2.3.2 A 2009-es év meteorológiai értékelése

A homogenizált, interpolált adatok alapján 2009-ben országos átlagban 598 mm csapadék hullott, ami mintegy 5%-al haladta meg a sokéves átlagot. 7 hónap csapadékhozama haladta meg az átlagos értéket, 5 hónapé maradt alatta, köztük áprilisban a várt mennyiség alig egyötöde volt jellemző. Az éves csapadékösszeg területi eloszlását tekintve (22. ábra) a legtöbb csapadék a középhegységekben, illetve az Alpoknál hullott, míg a legszárazabbnak az Alföld bizonyult. Ez az elrendeződés jól megfelel a szokásos képnek, és a jellemző csapadékösszeg értékek is a sokéves átlagnak megfelelően alakultak, általában 500 és 900 mm között változtak (OMSZ, 2009).



22. ábra A 2009. évi csapadék alakulása (OMSZ, 2009)

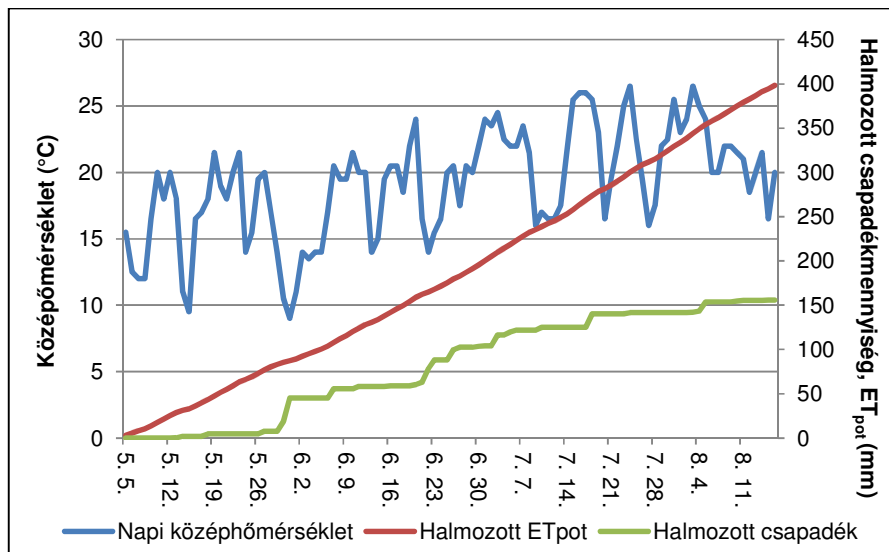
Ugyan 2009-ben az országos csapadékátlag tekintetében nagy különbség nem volt az előző évhez képest, de regionális szinten lényeges eltérések voltak a tenyészidőben lehullott csapadék mennyisége és eloszlása tekintetében (23. ábra), így 2009 egy erősen aszályos évnek számított a kísérlet helyszínén.



23. ábra A tenyészidőszak meteorológiai adatai a termesztés időtartama alatt 2009-ben

Az ábrából jól látszik, hogy 2009-ben az egész tenyészidőszak során lehullott csapadék, tehát a májusi (45 mm), júniusi (58,5 mm), a júliusi (38,1 mm), valamint az augusztusi (betakarításig 13,4 mm) hónapokban regisztrált csapadékmennyiség összesen kevesebb volt, mint az előző évi júliusi csapadék mennyisége (175 mm). A tenyészidőszak alatt 16 hőségnapot mértünk ($T_{\max} \geq 30^{\circ}\text{C}$).

Az 24. ábrán látható, hogy a kiültetéstől számított halmozott csapadékmennyiség 156 mm volt a tenyészidőszak alatt, ami csupán 39%-a a növények optimális párologtatási igényének ($ET_{\text{pot}}=399$ mm).

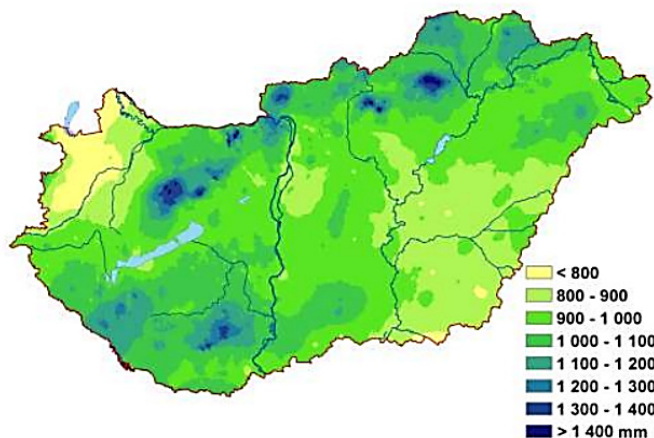


24. ábra A potenciális evapotranspiráció (ET_{pot}) és a lehullott csapadék viszonya a termesztés ideje alatt 2009-ben

3.2.3.3 A 2010-es év meteorológiai értékelése

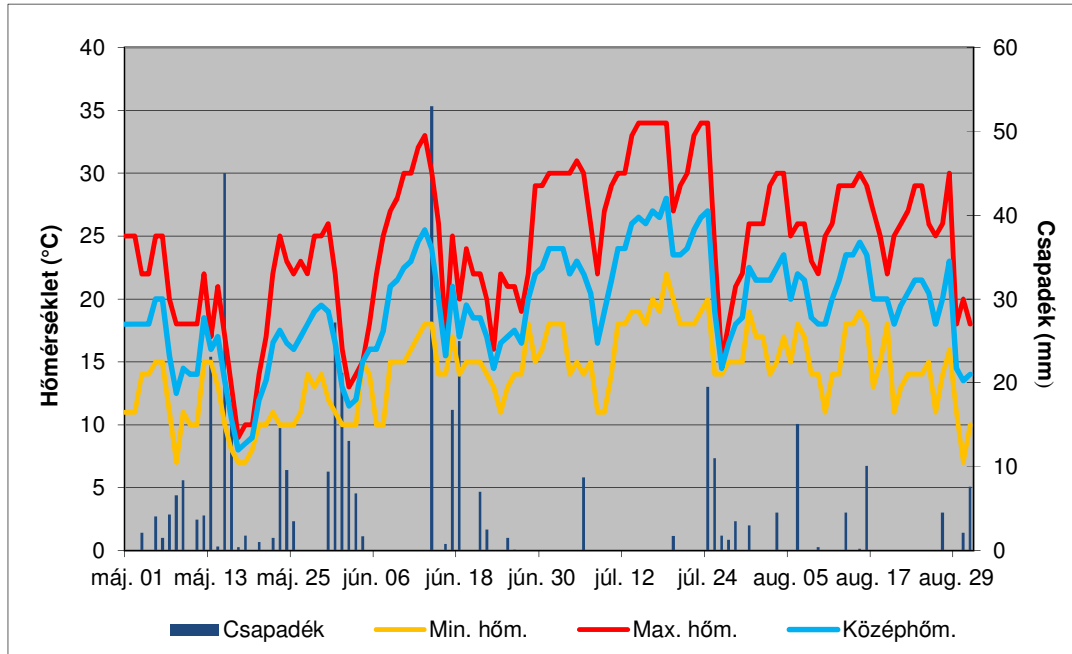
2010 az elmúlt másfél évszázad legcsapadékosabb éve volt, országos átlagban 959 mm csapadék hullott, mely több mint 130 mm-rel haladta meg az addigi rekordot, és éves szinten 169%-kal haladta meg sokéves átlagot. A legcsapadékosabb hónapok a május és június hónapok voltak, amelyek országos átlagban ugyancsak rekordot döntöttek, de a legtöbb hónapban az átlagos másfélszeresét megközelítő vagy azt meghaladó értékek jelentkeztek (OMSZ, 2010) (25. ábra).

A 25. ábrán látható az éves csapadékmennyiség területi elrendeződése, ami a szokásos módon alakult, tehát a középhegységekben esett a legtöbb csapadék, valamint az Alföld és a Kisalföld területei voltak a legszárazabbak, ám értékeiben a szokásos 500-800 mm-t jelentősen meghaladó, 800-1400 mm csapadék hullott.



25. ábra A 2010. évi csapadék alakulása (OMSZ, 2010b)

A 26. ábra mutatja be a szabadföldi paradicsomtermesztés szempontjából fontos időszakok csapadék és hőmérsékleti viszonyait a kísérlet helyszínén 2010-ben.

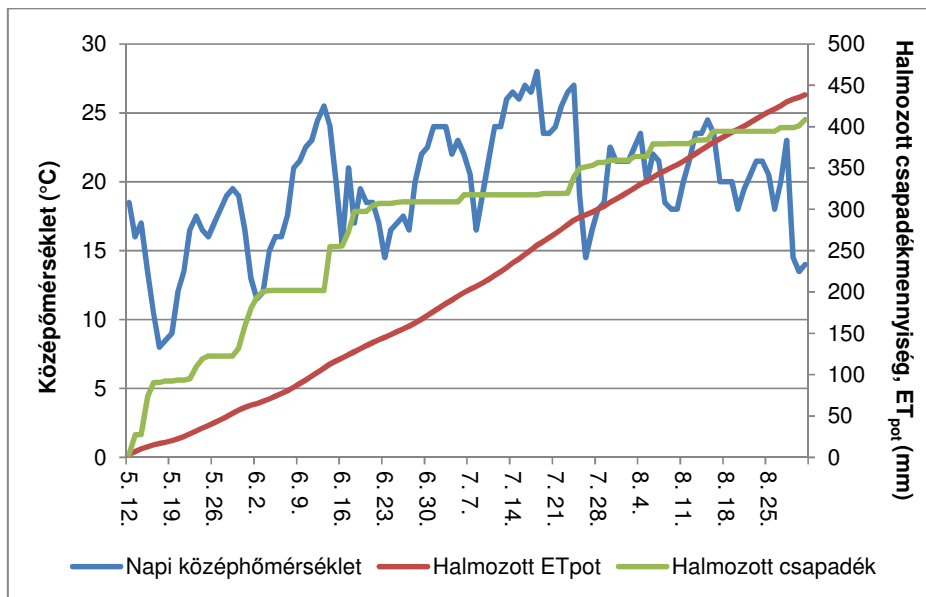


26. ábra A tenyészidőszak meteorológiai adatai a termesztés időtartama alatt 2010-ben

A virágzás, kötődés és a teljes termésnövekedés idején lehullott extrém mennyiségű májusi (190 mm) és júniusi (149,5 mm) csapadék negatívan befolyásolta a termesztést, leginkább annak kedvezőtlen eloszlása és intenzitása végett. A júliusi (50,6 mm) és augusztusi (49 mm) csapadék adatokkal együtt a vegetációs időszak alatt átlagosan napi 4,1 mm csapadék hullott.

Az 26. ábrából az is látható hogy a június 25-től július 24-ig terjedő, egy hónapos meleg, száraz periódus alatt mindössze 12,1 mm csapadék esett. Ez alatt az időszak alatt a napi átlag maximum hőmérséklet 29°C volt, és tizenhétszer érte el, vagy haladta meg a 30°C-ot, tehát ezen időszak alatt az öntözés elengedhetetlen volt a növények számára.

A 27. ábra mutatja a paradicsomnövények párologtatási igényét és az adott év csapadékviszonyait a teljes tenyészidőszakra vonatkoztatva. A halmozott csapadékmennyiség, a kiültetéstől a betakarításig 408 mm volt, ami majdnem fedezte a növények párologtatási igényét ($ET_{pot}=438$ mm). Ebből következik, hogy az öntözött kezelések, valószínűleg a párologtatási igényt meghaladó, az optimális vízmennyiség feletti vízellátottságúak voltak.



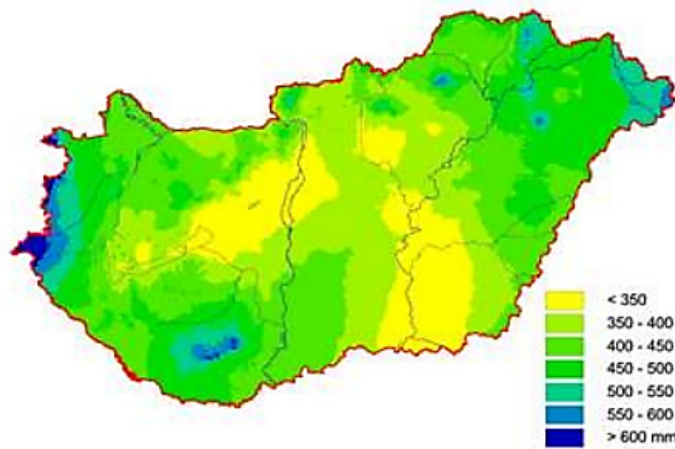
27. ábra A potenciális evapotranspiráció (ET_{pot}) és a lehullott csapadék viszonya a termesztés ideje alatt 2010-ben

A hirtelen lezúduló, nagy mennyiségű csapadék hamar eltelítette a talaj kapilláris tereit, ezért a lehulló vízmennyiség csak egy részét tudta a talaj tárolni, a többi felszíni, illetve felszín alatti elfolyásoknál elveszett a növények számára. A hosszabb időn keresztül fellépő 100%-os talajvíz telítettség esetén gyökérfulladás léphet fel. A nagy páratartalommal párosuló nedves talaj ideális közeg volt a fitoftóra fertőzés kialakulásához és gyors terjedéséhez, ezért ebben az évben, erre a kórokozóra a szokásosnál is jobban oda kellett figyelni a védekezésnél.

3.2.3.4 A 2011-es év meteorológiai értékelése

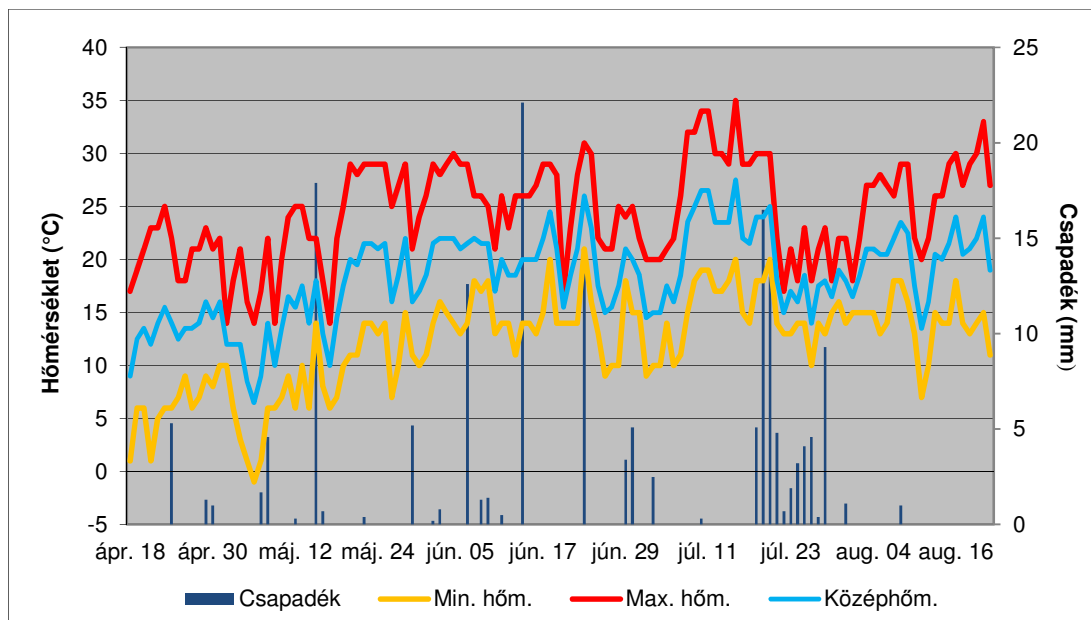
A 28. ábra csapadékösszeg értékeiből látszik, hogy az ország túlnyomó részén jelentősen az átlag alatt volt a csapadék alakulása, így szélsőségesen száraz évről beszélhetünk, ami az ellentettje az előző évi extrém csapadékos évnak. Az éves csapadékösszeg hazánk területén 500-800 mm között szokott alakulni, 2011-ben viszont többnyire 350-600 mm csapadék hullott. A legtöbb csapadék az Alpokaljára jutott, a legszárazabb az ország középső régiója volt, ahogy a sokéves adatok alapján várható.

Nem csak a teljes év átlaga, hanem kettő kivétellel (július és december) minden hónap csapadékdeficitet mutatott. A júliusi viszonylag jelentős csapadéktöbblet, ami az éréskezdetkor esett le, csak némileg enyhítette a csapadékhiányt, ami a sokévi átlaghoz képest 28%-os volt 2011-ben. Országos átlagban 407,4 mm csapadék hullott, mely akkor a legalacsonyabb értéknek számított 1901 óta (OMSZ, 2011).



28. ábra A 2011. évi csapadék alakulása (OMSZ, 2011)

A 29. ábra mutatja be a szabadföldi paradicsomtermesztés szempontjából fontos időszakok csapadék és hőmérsékleti viszonyait 2011-ben, a kísérlet helyszínén, Gödöllőn.



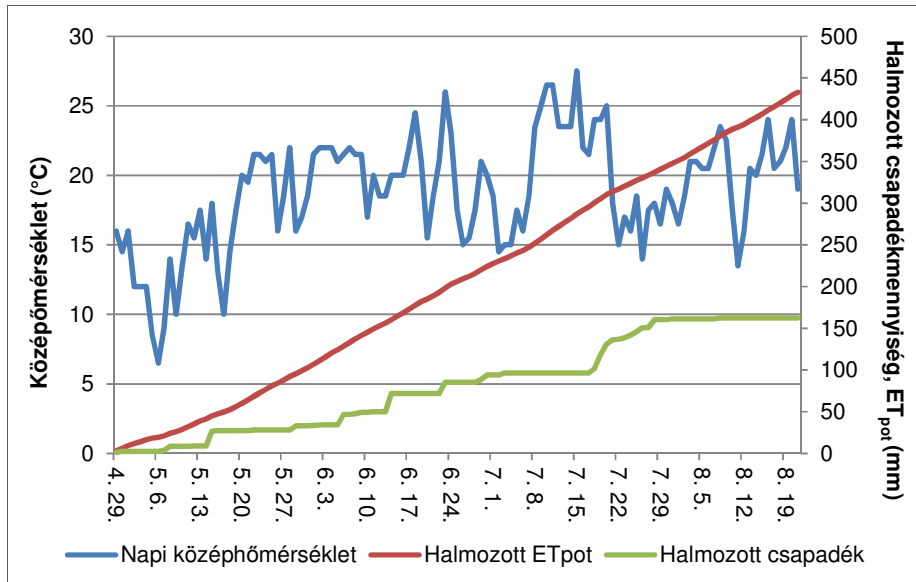
29. ábra A tenyészidőszak meteorológiai adatai a termesztés időtartama alatt 2011-ben

Látható, hogy a májusi (30,8 mm), júniusi (60,8 mm) és a júliusi (67,5 mm) hónapokban összesen mintegy 60%-kal kevesebb csapadék hullott, 2010 azonos időszakához képest, ráadásul 2011 augusztusában mindössze 1 mm eső esett, tehát tulajdonképpen csapadékmentes volt.

2011. június 20. - augusztus 10. közötti, a paradicsom vízfelhasználása, öntözővíz igénye szempontjából fontos 52 napos periódus alatt csupán 90,4 mm volt a csapadék, a teljes tenyészidőszakot figyelembe véve pedig átlagosan napi 1,4 mm hullott, ami az előző évi mennyiségnek csupán a harmada. Az átlag havi maximum hőmérséklet júniusban, júliusban és

augusztusban 25°C felett volt, július 8-tól pedig 13 hőségnap volt, amikor a napi maximum hőmérséklet elérte vagy meghaladta a 30°C-ot.

A léghőmérsékleti és csapadék adatokat a 30. ábrán feltüntetett potenciális evapotranszpiráció (ET_{pot}) halmozott görbéjével összevetve látható, hogy a kiültetéstől betakarításig lehullott 162 mm csapadék csupán 37%-a a növények párologtatási igényét jelentő ET_{pot} 433 mm-es vízmennyiségének. A csapadékeloszlást is tekintve, a 114 napos tenyészidő alatt 81 csapadékmentes napot mértünk, ami a vizsgált 4 év közül a legaszályosabb évet jelenti, és előrevetíti az öntözetlen állományok vízhiányos állapotát.



30. ábra A potenciális evapotranszpiráció (ET_{pot}) és a lehullott csapadék viszonya a termesztés ideje alatt 2011-ben

3.2.4 Kísérlet során alkalmazott mérőműszerek

3.2.4.1 Porométer

Méréseimhez AP4 típusú porométert használtam (Delta-T Devices Ltd., Cambridge, UK) (31. ábra). A készülék hordozható, akkumulátor üzemelteti, ez az egyik nagy előnye a fix, asztali gépekkel szemben.

A porométer legérzékenyebb része a mérőfej, amely a kalibrációs lemezre, illetve a levelekre csíptethető (31. ábra). Ez tartalmazza a páratartalom-mérő felületet a cellában. Emellett található egy mikrochip termisztor (miniatűr hőmérő), amely a cella hőmérsékletét méri, illetve a mérőfej másik oldalán, egy hajlékony szilikon gumi lapba ágyazva egy másik termisztor, amely a levél hőmérsékletét méri. A szilikon gumi biztosítja, hogy a levelet sérülés- és légmentesen lehessen a mérőcellára szorítani. Végül, a fej tartalmaz még egy fénymérő panelt is.



31. ábra AP4 porométer és a mérőfej (fotó: Böcs 2009)

3.2.4.2 Infravörös távhőmérő

Az általam használt Raytek MX4 TD (Raytek Corp., Santa Cruz, USA) típusú infravörös távhőmérő (32. ábra) mérési tartománya -30°C -tól $+900^{\circ}\text{C}$ -ig terjed. A műszer akkumulátorral működik, amely a tárgyak felületi hőmérsékletének mérésére, így a levélhőmérséklet meghatározására is alkalmas. A hőmérséklet mérhetősége és a mérés pontossága független a távolságtól. Látómezeje egy 10%-os forgáskúp, amely 1 m távolságra 10 cm-es sugarú kört jelent, 1 km-re pedig 100 m sugarú kört. A műszer a tárgy által kisugárzott energia 99%-át méri, ami $\pm 1\%$ -os mérési pontosságot ad.

Működése a mérendő tárgy felületéről sugárzó infravörös sugarak érzékelésén alapszik (32. ábra). A mért tárgyról érkező infravörös sugárzás egy cassegranian tükörrendszer segítségével jut el a műszer hőelemére. A távhőmérő mérési sebessége rendkívül nagy, 0,3 másodperc alatt 4 adatot regisztrál, majd a rögzített adatokat átlagolja és digitálisan kijelzi. A műszert nem kell kalibrálni, ami megkönnyíti a munka gyorsabb előrehaladását.



32. ábra Raytek MX4 TD infravörös távhőmérő (fotó: Böcs 2009)

3.2.4.3 Meteorológiai adatok rögzítése

A kísérleti téren Campbell CR21X (Campbell Scientific Inc., Logan, USA) típusú automata meteorológiai mérőállomás működött, amely a szabadföldi körülményekről tájékoztatott:

léghőmérséklet ($^{\circ}\text{C}$), fotoszintetikusan aktív sugárzás (PAR, $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$), relatív páratartalom (RH%), szélsébség, -irány és csapadék (mm).

3.2.5 Kísérlet során végzett mérések

3.2.5.1 Sztómakonduktancia mérése

A porométerrel történő mérés során, a levélből távozó vízgőz megnöveli a páratartalmat a cellában, amit egy mikroszenzor érzékel. A porométer készülék tehát csupán a vízgőzleadást méri, más gázokat nem. A készülék a gyakorlatban, az adott környezeti tényezők mellett történő kalibráció során, az alkalmazott cellához előre beállított páratartalom érték eléréséhez szükséges időt méri. Ezt azután összeveti a gyári kalibrációs lemezhez tartozó értékekkel. Ebből következően az adatokat konduktancia egységekben ($\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$) kapjuk meg (http6).

A sztómaaktivitási méréseket mindig a legfelső fűrt alatti levélen végeztem, mert ez a rész a legfunkcióképesebb, és jól jellemzi a növény vízháztartását (Katerji et al. 1987). Ezek a levelek azonban eltérő fejlettségűek, árnyékolhatják egymást és különböző mértékben lehetnek érintettek a környezeti stresszhatások által, ezért az egész növényre jellemző érték eléréséhez a kijelölt növényeken 4 mérést végeztem, és ezeket átlagoltam, ami kiadott egy ismétlést (öntözési kezelésként 4 ismétlést végeztem 2008-ban és 2011-ben; és 5 ismétlést végeztem 2009-ben és 2010-ben).

A méréseket a déli, kora délutáni órákban végeztem, mert ebben a napszakban a legnagyobb a besugárzás, és a növények hűtési mechanizmusa révén a párologtatás is. A porométert minden mérés előtt kalibrálni kellett az adott páratartalomra.

A mérés indítása után ugyanaz történik, ami a kalibráció során (lásd: 3.2.5.2. alfejezet) és minden automatikus mérési ciklus után leolvashatók az aktuális adatok az előzőleg beállított mértékegységben. A készülék addig ismétli a ciklusokat ebben az üzemmódban is, amíg stabilnak tekinthető, egymástól nem vagy alig különböző értékeket jelez egymás után. A mérés során leolvasható a cella és a levél hőmérséklete közötti különbség, mely nem lehet több 1°C -nál, bár a készülék korrigálja a különbséget. Ennek érdekében mindig megvártam, amíg a hőmérsékletek kiegyenlítődnek (http6).

A porométer, a sztómakonduktancia értékekkel párhuzamosan méri a PPF (fotoszintetikus fotonáram sűrűség ($\mu\text{mol foton m}^{-2}\text{s}^{-1}$) értékét is, a fejbe épített fénymérő segítségével (33. ábra).



33. ábra AP4 porométer mérőfejének elhelyezése a levélen a transzspiráció méréséhez (http6)

A mért adatok átlagolásánál ügyelni kell arra, hogy több növényen végzett mérések esetén, csak azonos pozícióban található leveleket lehet átlagolni. Az alacsony szórás és a statisztikailag szignifikáns különbségek eléréséhez szabadföldi mérések esetén nagy adatmennyiségre van szükség.

Az AP4 porométer mikroprocesszorral vezérelt műszer, ami lehetővé teszi, hogy a kalibrálást nem kell a környezeti tényezők kis megváltozása esetén is újra elvégezni, hanem automatikusan korrigálja a mért adatokat. Ennek ellenére mégis szükség van ismételt kalibrálásra, ha a hőmérsékletváltozás meghaladja az 5°C-ot, vagy megváltozik a levegő páratartalma az előzőleg beállított értékhez képest. 80%-os relatív páratartalom felett a mérés bizonytalanná válik, a porométer használata csak ez alatt az érték alatt javasolt (http6).

3.2.5.2 A porométer kalibrálása

Kalibráció során le kell mérni a légköri nyomást, a környező levegő páratartalmát és be kell állítani a mért értékeket. A kalibráló mérés elindítása után a készülék belső pumpája segítségével a kívülről beszívott levegőt átnyomja a szilikagéllal feltöltött oszlopon, majd a mérőcellát tartalmazó fejhez vezető csövön, végül feltölti a cellát vízgőzmentes levegővel.



34. ábra AP4 porométerhez tartozó kalibráló lemez és mérőfej (http6)

Ezután a megnedvesített szűrőpapírból elpárolgó vízgőz telíti a cellát a kalibráló lemez furatain át (34. ábra) és a gyárilag előre beállított érték elérésekor a készülék leállítja a mérést, kijelzi az integrációs időt, majd újraindítja az egész folyamatot. További beavatkozás nélkül ez ismétlődik ciklikusan mindaddig, amíg a kijelzett érték stabilizálódik. Az összes pozíció lemérése után a készülék, kalibráló görbére illeszti az adatokat. A porométer képernyőjén megjelenő konduktancia adatokat a műszer Monteith et al. (1988) által kidolgozott algoritmusok alapján számítja ki (<http://>).

A kalibráció akkor sikeres, ha a beállított páratartalom és hőmérsékleti értékek mellett a gyári értékekhez képest 5%-nál kisebb a különbség.

3.2.5.3 Levélfelszín hőmérséklet mérése

Az infravörös távhőmérővel, levelekkel való érintkezés nélkül mértem a lombfelszín-hőmérsékletet, amit 12 és 1 óra között kezdtem el, mert az ekkor mért lombhőmérsékletek a legalkalmasabbak a növényállomány vízellátottságának jellemzésére (Cselótei és Helyes, 1988). Öntözési kezelésként 4 ismétlést végeztem 2008-ban és 2011-ben; és 5 ismétlést végeztem 2009-ben és 2010-ben.

A mérés előtt az emisszió szintet be kell állítani, ami a zöld növények esetében 95-97%. A kapott adatokat, a készülék helyes használata mellett, a környezeti tényezők alapvetően befolyásolják, tehát elsődlegesen figyelemmel kellett kísérnem a felhők mozgását, mert felhőborítottság esetén megváltoznak a besugárzási értékek, és a sugárzást elnyelő hatásuk módosíthatja az eredményeket. Ezért ezt a mérési módszert a PAR értékekkel együtt lehet értékelni a leghatékonyabban. Amennyiben a növényállomány lombhőmérsékletét a napálláshoz képest háttal mérjük, fontos, hogy a mérés pontossága érdekében a hőmérő szögállása azonos legyen a napállás szögével (Helyes, 1990; 1999b). A légmozgás is erősen befolyásolhatja a mérés menetét.



35. ábra A mérőműszerek használata ipari paradicsom-állományban (fotó: Böcs-Németh 2009)

3.2.5.4 Brix° mérése

A betakarítás után, kezelésként 4 ismétlésben 5-5 érett bogyó lett kiválasztva, amiken tisztítást és homogenizálást követően azonnal elvégeztem az analitikai vizsgálatokat oldható szárazanyag-tartalomra (Brix°). A Brix°-ot Krüss DR201-95 típusú kézi refraktométerrel (A. Krüss Optronic GmbH, Hamburg, Németország) az MSZ EN 12143 (Hungarian Standard, 1998) szabvány szerint mértem (36. ábra). Minden mérést desztillált vizes kalibrálás előzött meg. Az eredmények 20°C-on számított Brix°-ban vannak megadva.



36. ábra Oldható szárazanyag-tartalom mérésére szolgáló hordozható refraktométer ([http7](http://7))

3.3 Kísérleti eredmények kiértékelése, statisztikai elemzések

Az eredményeket átlagban fejeztem ki, feltüntetve a szórásértékeket is (standard deviancia, \pm SD). A statisztikai vizsgálatok elvégzéséhez a Microsoft Excel 2010 Analysis Toolpak (Microsoft Corp., Redmond, USA) alkalmazás, adatelemzés modulját használtam.

A varianciaanalízis (ANOVA) elvégzése után, a statisztikailag értékelhető különbségeket $P=0,05$ szinten mutattam ki. Az összefüggés vizsgálatokat regresszió- és korreláció analízissel végeztem, a MicroSoft Excel 2010 alkalmazás regresszió-analízis moduljával.

A termésparaméterek elemzésénél, a kontrolltól való szignifikáns különbségeket a varianciaanalízist követően Duncan teszt alkalmazásával állapítottam meg. A Duncan teszt alkalmazásakor a különböző betűvel jelölt oszlopok szignifikánsan különböznek egymástól $P \leq 0,05$ valószínűségi szinten.

- Kiszámítottam évente a levélfelület-léghőmérséklet indexeket,
- Összefüggést kerestem a levélfelület-léghőmérséklet index és a halmozott sztómakonduktancia között,
- Összehasonlítottam egymással az évente betakarított értékesíthető és nem piacképes termést, bogyó darabszámot, bogyó átlagtömeget, Brix°-ot és Brix hozamot.

4 EREDMÉNYEK

Egy adott év öntözésének hatását csak a konkrét év időjárási adatainak ismeretében lehet értékelni, mivel az öntözés termésmennyiségre gyakorolt hatása nagymértékben függ a hőmérséklettől és a vegetációs időszakban lehullott természetes csapadékmennyiségtől és -eloszlásától.

4.1 2008-as év kísérleti eredmények

4.1.1 A 2008-as év sztómakonduktancia adatainak értékelése

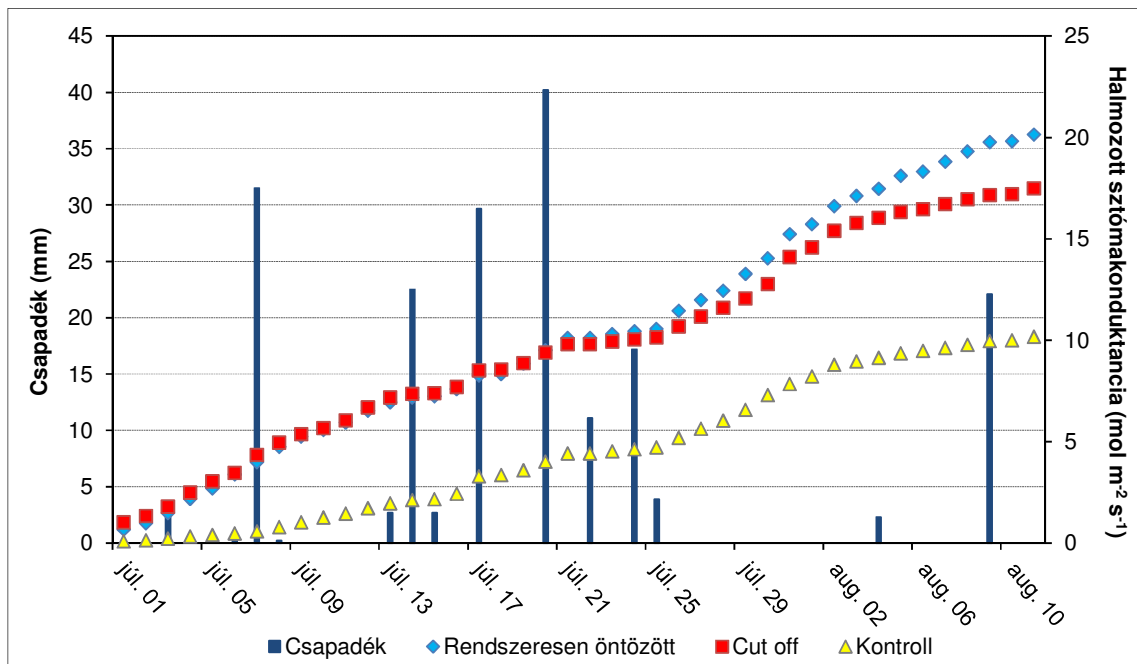
Az eltérő vízellátottságú növényállományok sztómakonduktancia értékeinek meghatározását július 1-én kezdtük és augusztus 11-ig napi gyakorisággal folytattuk. Erre a periódusra esnek az ipari paradicsom vízellátottságának szempontjából kritikus fenológiai fázisai, az intenzív bogyónövekedés és érés.

A tenyészidőszak végéig halmozott sztómakonduktancia értékeknél lényeges különbségek figyelhetők meg a kísérlet teljes időtartama alatt, a kontroll és az öntözési kezelések között (37. ábra):

- Rendszeresen öntözött kezelés: **20,2 mol m⁻²s⁻¹,**
- Cut off kezelés: **17,5 mol m⁻²s⁻¹,**
- Öntözetlen-kontroll kezelés: **10,2 mol m⁻²s⁻¹.**

Mivel a sztómakonduktancia és a transzspiráció mértéke között pozitív összefüggés van, ezért ezek az adatok jól kifejezik az eltérő vízellátottságú növényállományok párologtatását, illetve párologtatási lehetőségeit.

A 37. ábrán jól látszik, hogy a két öntözési kezelés napi sztómakonduktancia értékei már a mérés kezdetétől (július 1-től) lényegesen elválnak a kontroll növényállomány értékeitől. Az április 1-től kiültetésig (május 12.) mért 63,8 mm halmozott csapadékmennyiség május első felében még elegendő volt a növények kezdeti fejlődéséhez, de a hónap végére a növények már felhasználták a rendelkezésre álló talajnedvességet és a május 21. és június 5. közötti 15 napos csapadékmentes időszak alatt, ami 26-28°C körüli napi maximum hőmérséklettel párosult, már vízhiányban szenvedtek.

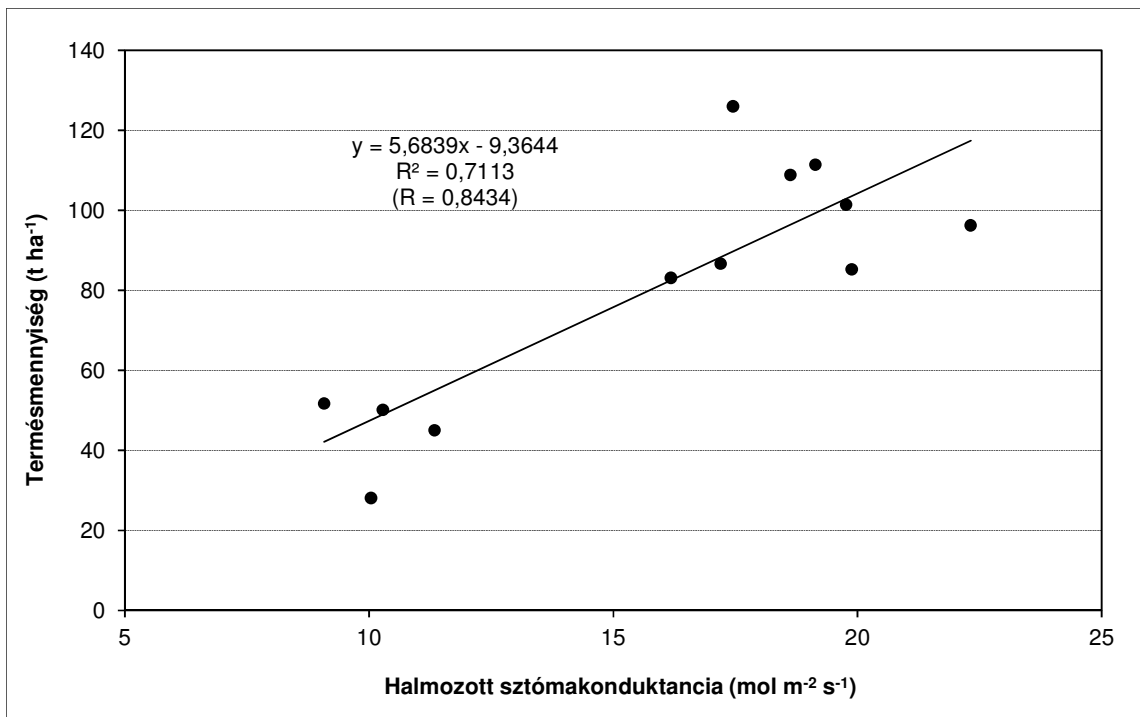


37. ábra Az ipari paradicsom-állomány halmozott sztómakonduktanciájának alakulása 2008-ban (Brigade F₁, n=41)

Az öntözött kezelések viszont június utolsó dekádjában összesen 30 mm öntözővizet kaptak csepegtető öntözéssel, három alkalommal kijutatva.

Igaz, hogy július elsejétől a Cut off kezelés nem kapott öntözést, de ez a hónap rendkívül csapadékos volt. Július 25-ig 164,9 mm eső esett, tehát öntözésre nem volt szükség. Viszont július 26-tól augusztus 9-ig volt egy 14 napos csapadékmentes időszak és így a betakarítást megelőző 2 hétben már ennek a két kezelésnek (Cut off és a rendszeresen öntözött) is eltértek a halmozott sztómakonduktancia értékei egymástól. Fontos megjegyezni viszont, hogy ez az eltérés már nem mutatkozik meg sem a termés mennyiségében, sem a kötődések számában és a bogyók átlagtömegének alakulásában sem (lásd: 6. táblázat). Tehát ebben az időszakban ilyen csapadékviszonyok mellett már nem lett volna szükség öntözésre, sőt negatív hatása volt.

Az öntözött paradicsomnövények gázcserenyílásai nyitottabbak a magas turgornyomás következtében, így a növények megfelelően tudtak párologtatni. Ennek éppen az ellenkezője történt az öntözetlen állományban, ahol a növény önszabályozó rendszere által a sztómák záródtak, hogy elkerüljék a jelentősebb vízvesztést. Tehát minél nagyobbak egy növény sztómakonduktancia értékei, annál jobb a vízellátottsága, ezáltal közvetve a fotoszintetikus produkciója sem gátolt, azaz ki tudja használni a genetikailag meghatározott terméspotenciálját (38. ábra). Az összefüggés szorossága ($r=0,84$) jól mutatja, hogy a halmozott sztómakonduktancia alakulása nagymértékben meghatározza a termés mennyiségét ($y=5,6839x - 9,3644$, $r^2=0,71$).



38. ábra Az ipari paradicsom-állomány halmozott sztómakonduktancia értékei és a termésmennyiség közötti kapcsolat 2008-ban (Brigade F₁, n=12)

4.1.2 A 2008-as év terméseredményeinek értékelése

A tenyészedőszakban lehullott 297 mm csapadék miatt, a megszakított öntözésű Cut off kezelés közel azonos termésértékeket produkált (101,9 t/ha), mint a rendszeresen öntözött kezelés (98 t/ha) (6. táblázat). Tehát a két öntözési kezelés között a termésmennyiség tekintetében nem találtunk szignifikáns különbséget, ezért a július 10-től kiadott öntöző vízmennyiség már nem volt érdemleges hatással a terméshozamra a 2008-as időjárási viszonyok között.

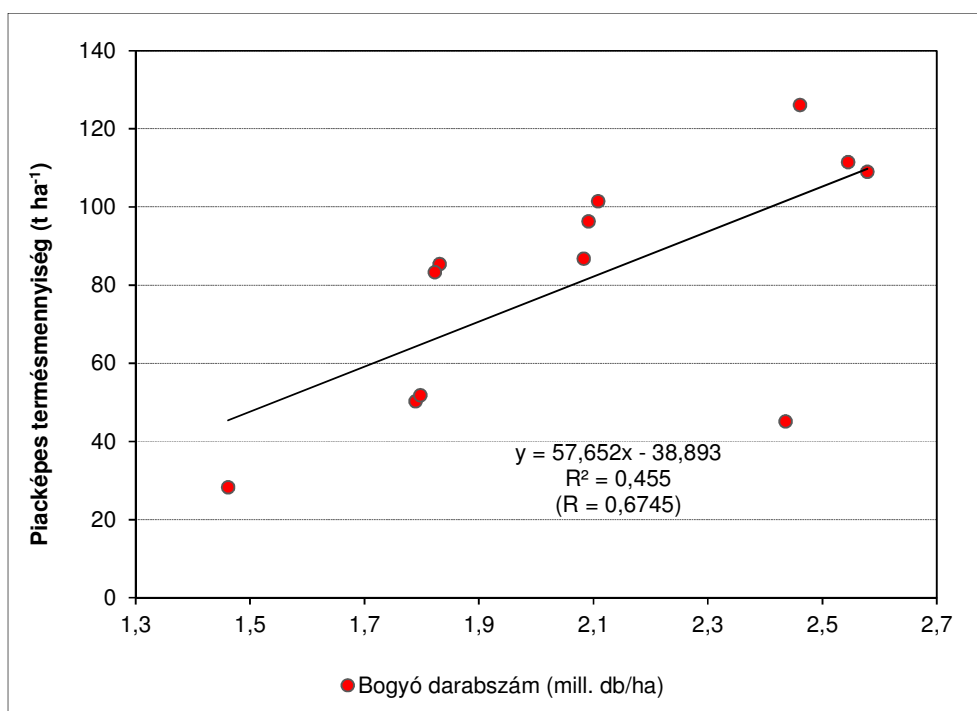
Ezzel szemben a kontroll kezelés termésmennyisége (43,8 t/ha) az öntözött kezeléseknél csupán 42-45%-a, a rendszeresen öntözött és a Cut off kezeléseknél, vagyis az öntözés hatása hozzávetőlegesen 120%-kal növelte a piacképes paradicsomtermést az öntözetlen kontrollhoz képest. Ez az eltérés az öntözetlen növényállománynál a kötődések 15%-os és a bogyó átlagtömeg mintegy 30%-os csökkenéséből adódott (6. táblázat). Tehát megállapítható, hogy az olyan típusú évben, amikor csupán két viszonylag rövid idejű vízhiánnyal számolhattunk, de azok közül az egyik a tömeges virágzás, kötődés időszakára, a másik pedig a bogyónövekedés idejének végére esett, az öntözésnek jelentős termésnövelő hatása van.

6. táblázat A különböző vízellátottságú kezelések fontosabb termésparamétereinek alakulása 2008-ban (n=4, ±SD)

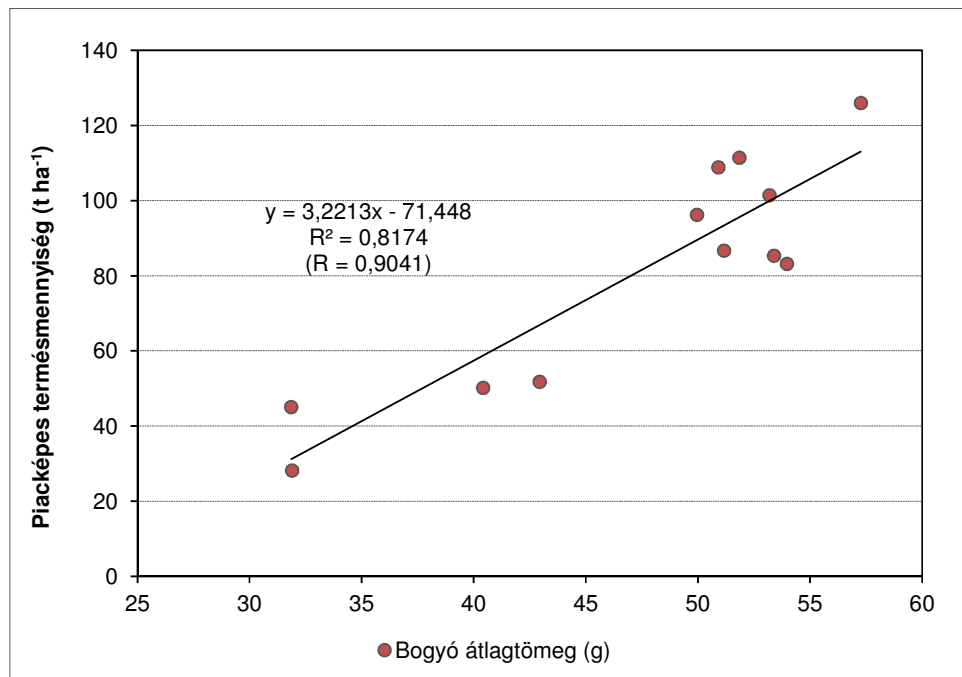
Kezelések	Piacképes termésmennyiség (t ha ⁻¹)	Nem piacképes termés (t ha ⁻¹)	Bogyó darabszám (millió db ha ⁻¹)	Bogyó átlagtömeg (g)	Brix°	Brix hozam (t ha ⁻¹)
RÖ	98,0±9,7 ^b	9,6±3,5 ^b	2,2±0,3 ^a	51,9±1,7 ^b	5,2±0,2 ^a	5,1±0,7 ^b
Cut off	101,9±1,9 ^b	6,9±1,6 ^a	2,2±0,3 ^a	53,6±2,7 ^b	5,3±0,3 ^a	5,4±0,4 ^b
Kontroll	43,9±10,6 ^a	8,0±3,1 ^b	1,9±0,4 ^a	36,8±5,6 ^a	6,5±0,6 ^b	2,8±0,6 ^a

Megjegyzés: Az öntözési kezelések és a termésparaméterek között a szignifikáns különbséget - az oszlopokban - az eltérő betűk jelzik p<0,05 szinten Duncan-teszt szerint

A regressziószámítás közepesen erős összefüggést jelez az összes piacképes termésmennyiség és a paradicsombogyók darabszáma között ($r=0,67$) (39. ábra). A bogyó átlagtömeget a termésmennyiséggel összevetve már erősebb szignifikáns kapcsolatot kapunk ($r=0,90$) (40. ábra). A determinációs koefficiens értékéből kiindulva, a termés darabszáma 46%-kal ($r^2=0,455$), míg a bogyótömeg 82%-kal ($r^2=0,8174$) határozta meg a termésmennyiséget 2008-ban.

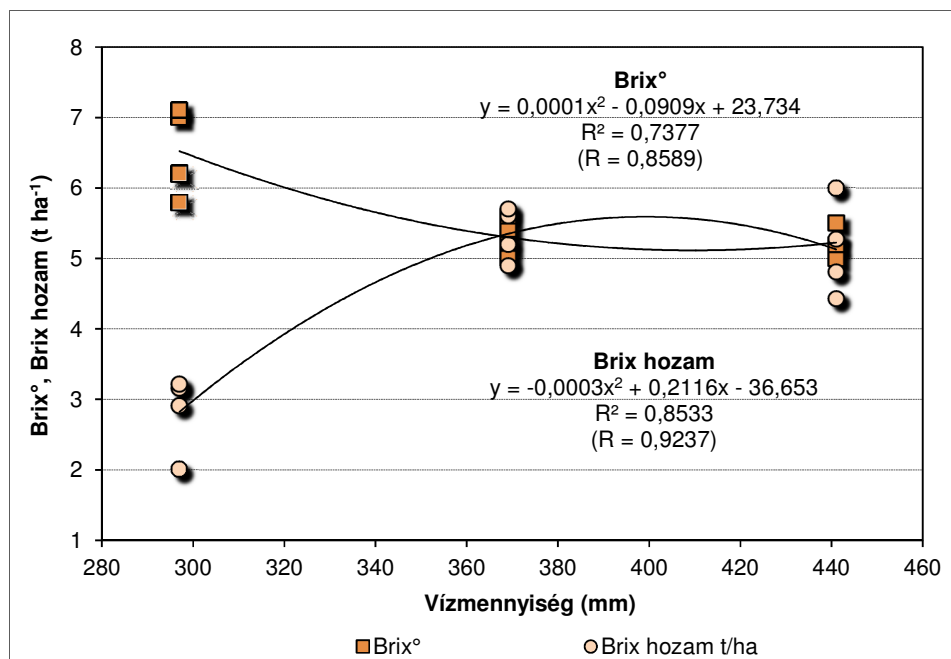


39. ábra A bogyó darabszám és a piacképes termésmennyiség kapcsolata 2008-ban (Brigade F₁, n=12)



40. ábra A bogyó átlagtömeg és a piacképes termésmennyiség kapcsolata 2008-ban (Brigade F₁, n=12)

A rendszeresen öntözött (5,2%) és a Cut off (5,3%) kezelés oldható szárazanyag-tartalma elmarad az öntöztelen kezelés értékétől (6,5%), ami az öntözés indirekt hatására vezethető vissza a megnövekedett bogyóméret felhígult beltartalma miatt (6. táblázat).



41. ábra A vízellátottság és a Brix°, valamint Brix hozam közötti összefüggés 2008-ban (Brigade F₁, n=12)

Másodfokú polinomiális függvény illesztésével szignifikáns kapcsolat figyelhető meg a vízellátottság és a Brix° ($y=0,0001x^2 - 0,0909x + 23,734$; $r^2=0,7377$), és szignifikáns összefüggés a

vízellátottság és a Brix hozam között ($y = -0,0003x^2 + 0,2116x - 36,653$; $r^2 = 0,8533$). A rendszeres öntözés tehát az egyes bogyók vízdoldható szárazanyag-tartalmát (Brix°) csökkentette, viszont a hektárra vetített Brix hozamot növelte a magasabb terméseredmények miatt (41. ábra).

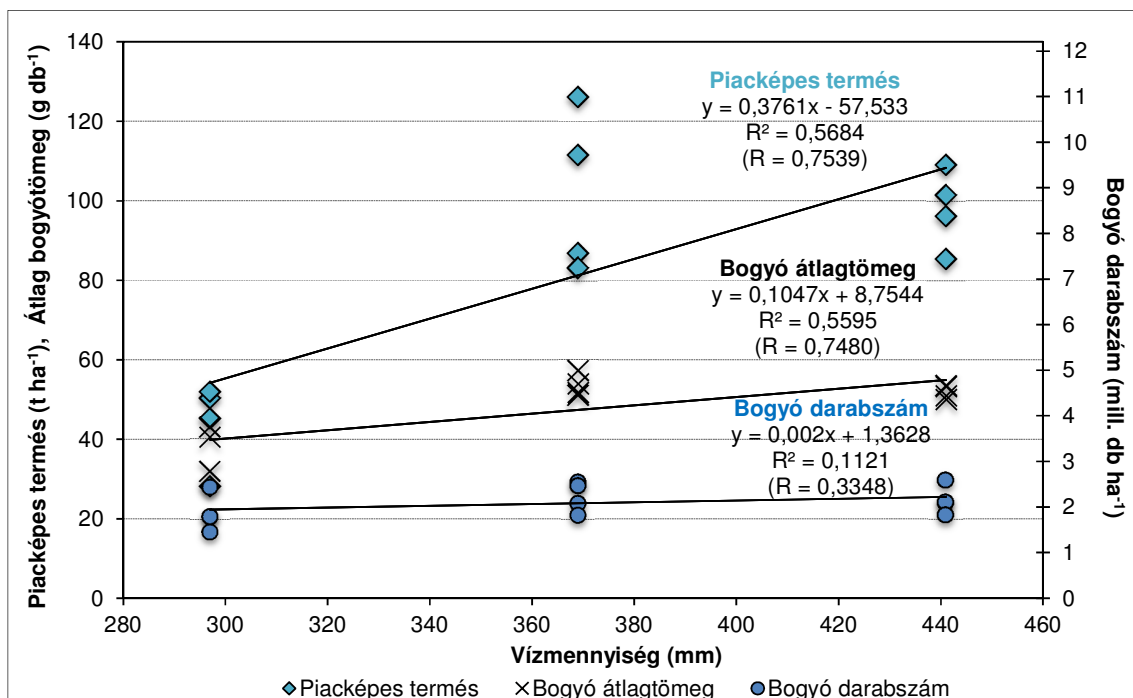
Végeredményben megállapítható, hogy az öntözés és a termés hozam alakulása között szorosabb összefüggés van, mint az öntözés és a Brix° csökkenés között.

4.1.3 A vízellátottság és a termésparaméterek kapcsolata 2008-ban

A 42. ábrából látszik, hogy a vízellátottságnak pozitív hatása volt a betakarított termésmennyiségre ($r = 0,75$; $r^2 = 0,57$) és bogyó átlagtömegre ($r = 0,75$; $r^2 = 0,56$). A lineáris regresszió megmutatta, hogy 2,7 mm víztöbblet 1 t/ha piacképes terméstöbbletet biztosított és 9,5 mm víztöbblet 1 g-mal növelte a bogyók átlagtömegét.

A vízellátottság a legkisebb hatással a természámban mutatkozott meg ($r = 0,33$; $r^2 = 0,11$), de ez már nem szignifikáns 95%-os valószínűségi szinten. Ez azzal magyarázható, hogy a determinált fajtáknál a kötődések száma limitált és a 2008-ban lehullott 297 mm természetes csapadék már elegendő volt ahhoz, hogy a fürtök maximális virágszámmal fejlődjenek ki.

Az ábrán azonban az is látható, hogy a tenyészidőszak alatt rendelkezésre álló vízmennyiség 370 mm felett már nem okozott jelentős hozamnövekedést.



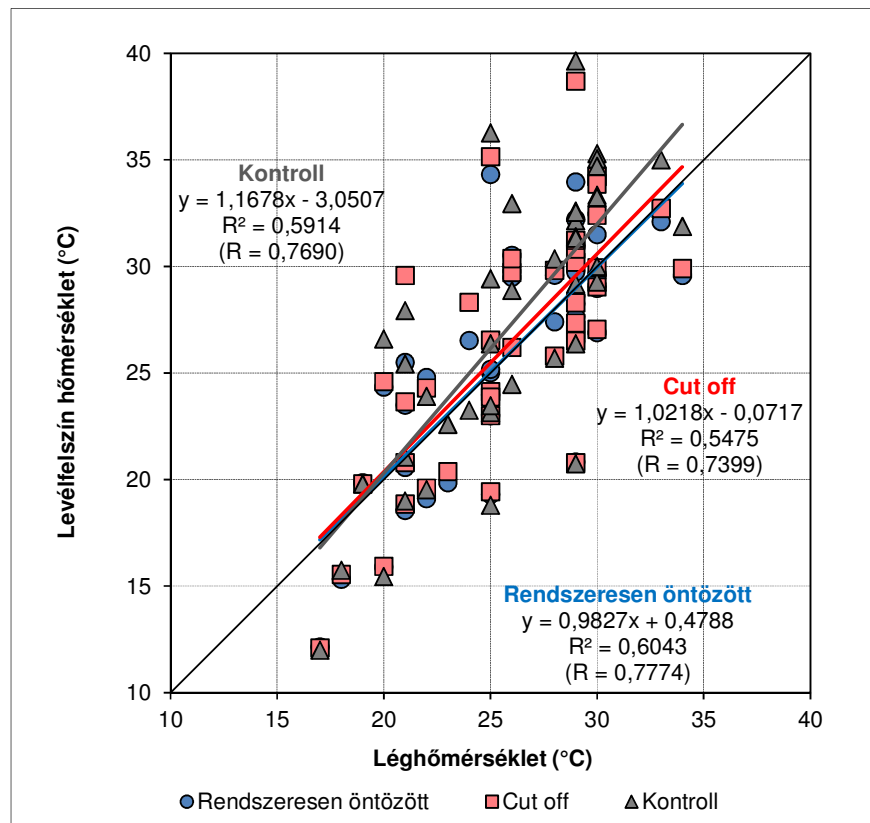
42. ábra A vízellátottság és az összes piacképes termés, darabszám és bogyó átlagtömeg közötti összefüggés 2008-ban (Brigade F₁, n=12)

4.1.4 A levélfelszín hőmérséklet és léghőmérséklet kapcsolata 2008-ban

A fotoszintetikus aktivitás, ami végső soron a terméseredményekben mutatkozik meg, a fényen kívül többek között hőmérsékletfüggő is, de egyéb meteorológiai tényezők is, mint a levegő relatív páratartalma, a besugárzás mértéke és a genetikai faktor is hatással van a paradicsombogyó mennyiségi és minőségi paramétereire. A leggyakoribb megközelítési mód, amikor a vízstressz mértékét növényi felszínhőmérsékleti adatok segítségével határozzák meg (Helyes, 1999a).

A levélfelszín-léghőmérséklet index a lombzat felszínhőmérséklet és a léghőmérséklet különbségének viszonyzáma.

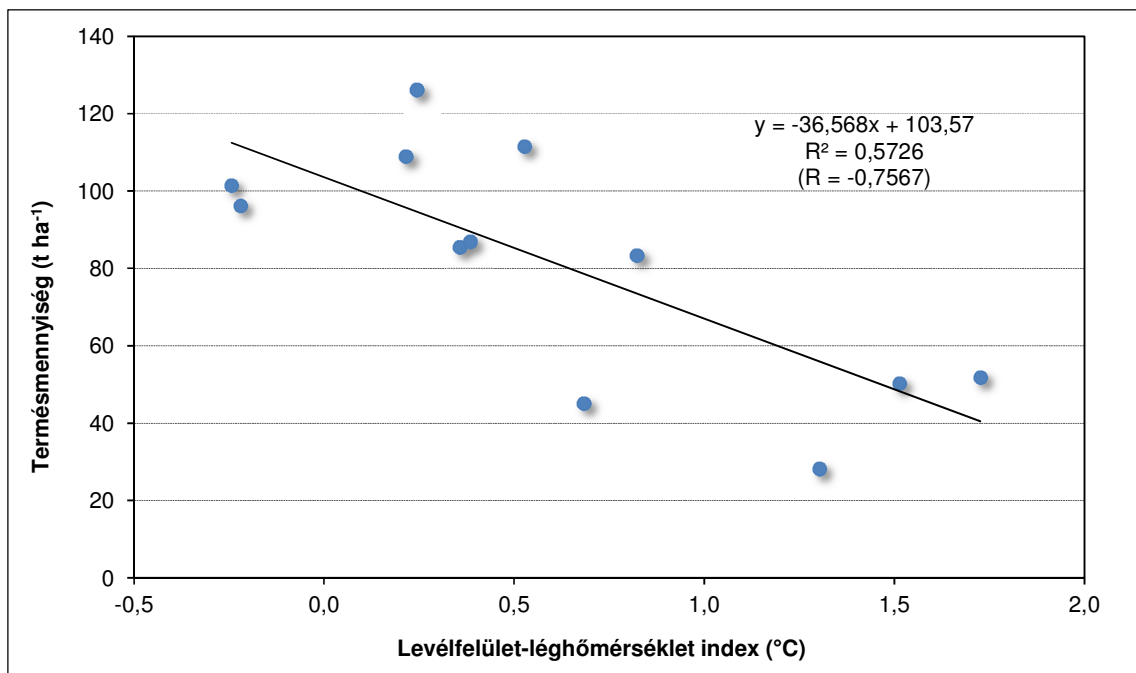
Már a kísérlet kezdetén szétvált az öntözött és kontroll állományok lombhőmérséklete. A két öntözési kezelés levélfelszín hőmérséklete a léghőmérséklet alatt volt, vagy közel hozzá (átlagosan 26°C), az öntözetlen növények lombhőmérséklete pedig szinte végig magasabb volt a levegő hőmérsékleténél (átlagosan 27,3°C), ezért ha kis mértékben is, de vízhiányban szenvedtek (43. ábra). Ez átlagosan 1,3°C eltérést jelent a vizsgált napok folyamán. Tanner (1963) vizsgálatai szerint 1°C eltérés a lombhőmérsékletben akár 10%-os változást is jelenthet a transzspiráció mértékében, következésképpen az öntözött állományok növényei több mint 10%-kal voltak képesek többet párologtatni, mint az öntözetlen növények.



43. ábra A különböző vízellátottságú ipari paradicsom-állományok levélfelszín hőmérsékletének alakulása a léghőmérséklet viszonylatában, 2008-ban (Brigade F₁, n=42)

A determinációs koeficiensek értékéből megállapítható, hogy a levegő hőmérséklete 60-, 54- és 59%-ban határozta meg a lombfelszín sugárzási hőmérsékletét a rendszeresen öntözött, Cut off és kontroll állományok sorrendjében, az adott vízellátottsági szint figyelembevételével. Az ábrán látszik, hogy minél rosszabb volt a növényállomány vízellátottsága, annál magasabb volt a lombhőmérséklete. Különösen figyelemreméltó, hogy az optimális vízellátottságú növényállományban a transzspiráció hűtőhatása 28°C-os léghőmérséklet felett fokozódott.

Az átlagolt levélfelület-léghőmérséklet különbségeket a termés mennyiségével összevetve hasonló következtetésre juthatunk, mint a gázcsere nyitottságának vizsgálatánál (44. ábra). Ezen értékek halmozása szintén július 1. és augusztus 11. között történt. A Pearson-féle korrelációs együttható közepesen magas értéke ($r=0,76$) jelzi, hogy még egy csapadékosabb évben is meghatározza a lombfelszín hőmérséklete a termésdepresszió mértékét. A lineáris regresszió egyenlete a következő volt: $y = -0,0157x + 1,8828$; $r^2=0,5726$.



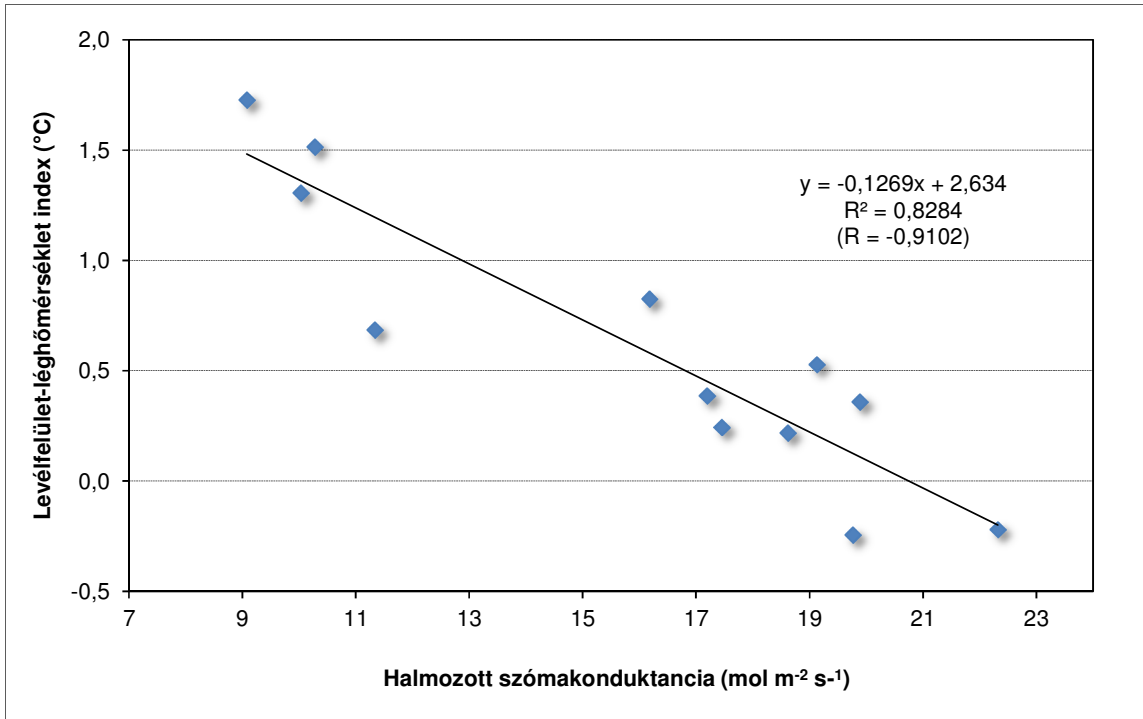
44. ábra A különböző vízellátottságú ipari paradicsom-állományok termésmennyiségének alakulása a levegő-levélfelület hőmérséklet különbség viszonylatában, 2008-ban (Brigade F₁, n=12)

4.1.5 A 2008-as év levélfelület-léghőmérséklet különbség és halmozott sztómakonduktancia összefüggés vizsgálata

Vízhiány következtében a gázcsere nyitottság záródik, a növények vízpotenciálja (Ψ) csökken, amivel párhuzamosan csökken a transzspiráció mértéke is, ami mérhető a sztómakonduktanciával. A sztómák záródása azonban nem csupán a stresszfolyamat egyik következménye, hanem egyben a növény válaszüteme, mellyel a vízhiányt igyekszik kiküszöbölni. Ha a vízstressz huzamosabb

ideig fennáll a növényállományban, akkor az a lombfelszín hőmérsékletén is mérhető lesz, mert az eléri vagy meghaladja a levegő hőmérsékletét.

E két változó közötti lineáris kapcsolat szorosságát korrelációs együtthatóval ki lehet fejezni, ami a 2008-as csapadékos évben is szignifikáns volt: $y = -6,5266x + 19,927$; $r^2 = 0,8284$; $r = -0,9102$. A képlet szerint a sztómakonduktancia hozzávetőlegesen 83%-ban határozta meg a levélfelület-léghőmérséklet különbséget 2008-ban (45. ábra).



45. ábra A levélfelület-léghőmérséklet különbség és a halmozott sztómakonduktancia közötti összefüggés 2008-ban (Brigade F₁, n=12)

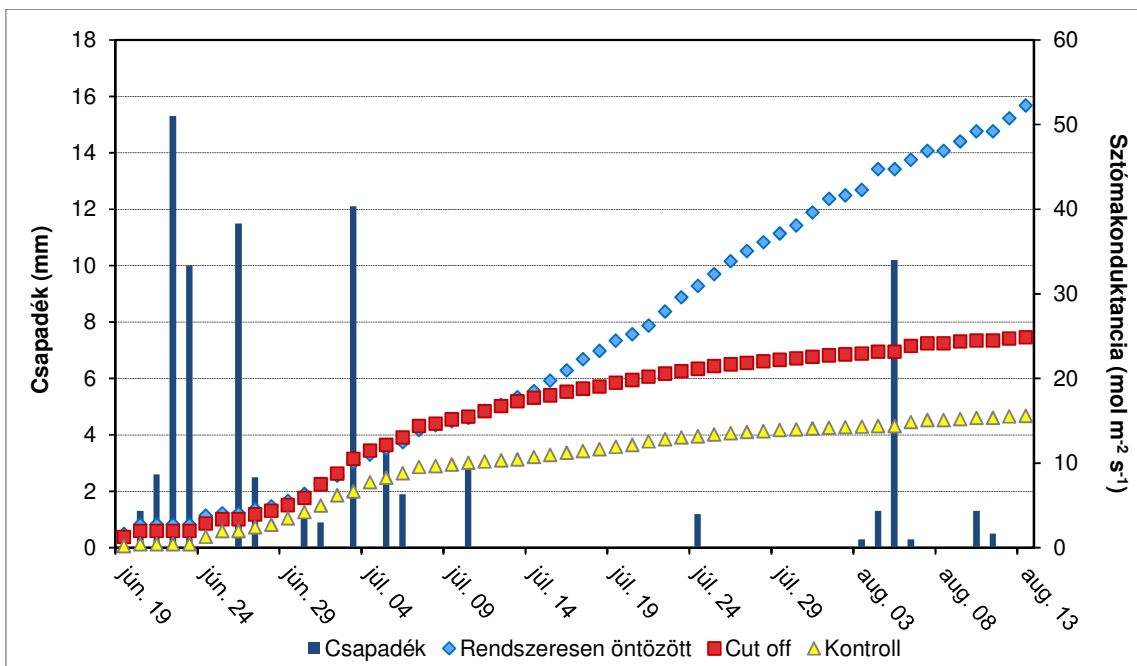
4.2 2009-es év kísérleti eredmények

4.2.1 A 2009-es év sztómakonduktancia adatainak értékelése

A vízhiány a levélben a sztómakonduktancia és a CO_2 asszimiláció csökkenéséhez vezet, ami eleinte a levél belső terében a CO_2 tartalom növekedését eredményezi, majd a rossz vízellátás későbbi következményeként a levél relatív víztartalma és a belső CO_2 szint is alacsonyabb lesz (Lawlor, 2002; Bacsó, 2009). Súlyos szárazságban a növényeknek általában alacsony a vízfogyasztása és a védekezést az alacsony sztómakonduktancia értéke jelzi.

A halmozott sztómakonduktancia értékek a következők voltak 2009-ben (46. ábra):

- Rendszeresen öntözött kezelés: $52,3 \text{ mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$,
- Cut off kezelés: $24,9 \text{ mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$,
- Öntözetlen-kontroll kezelés: $15,6 \text{ mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$.

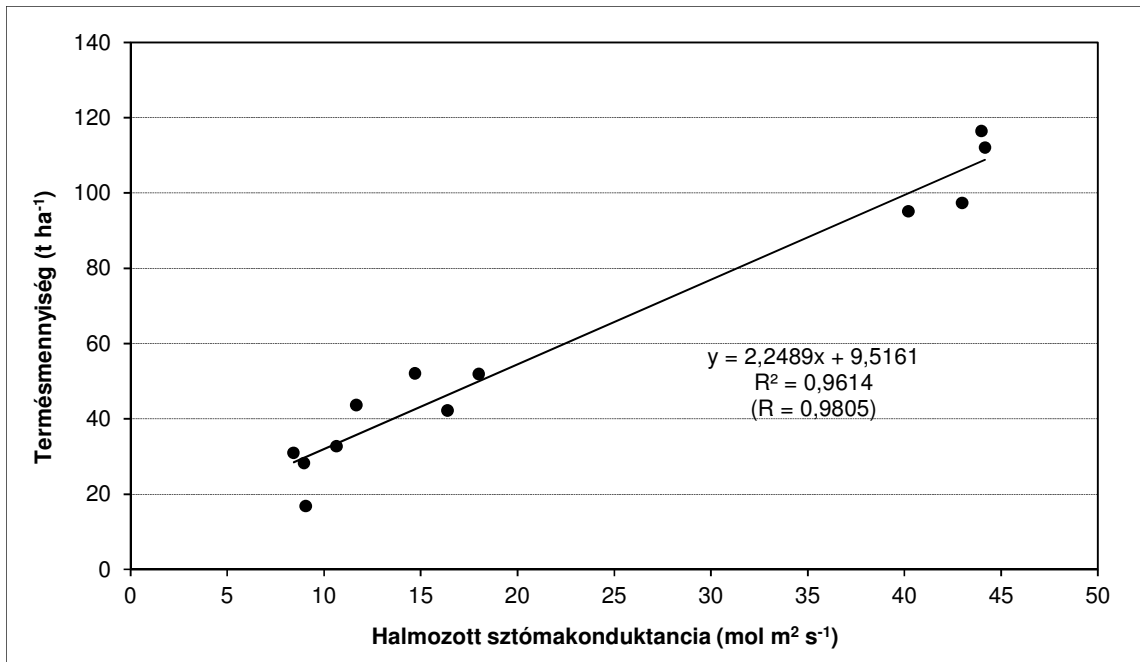


46. ábra Az ipari paradicsom-állomány halmozott sztómakonduktanciájának alakulása 2009-ben (Brigade F₁, n=49)

A 46. ábrán jól látszik, hogy a kontroll állomány és a két öntözési kezelés a mérés kezdetétől (június 19.) július elejéig hasonló sztómaaktivitást mutat, tehát a kiültetéstől (május 5.) július 6-ig lehullott 122 mm csapadék elegendő volt a kontroll növényeknek, hogy a két öntözött állománnyal megegyező asszimilációs tevékenységet folytasson.

Az öntözetlen állomány értékei július elejétől kezdenek elválni az öntözött kezelésektől, tehát a terméshozadék fázisában, amivel egyidőben egy 27 napos száraz, viszonylag csapadékmentes időszak veszi kezdetét, 30°C körüli napi maximum hőmérsékletekkel.

Július 14-én már a két öntözött kezelés sztómakonduktancia értékei is szignifikánsan elváltak egymástól, ami jól jelzi, hogy a Cut off kezelésnél július 11-én utoljára kiadott 11 mm öntözővizet gyorsan felhasználták a növények és a vízhiányra a párologtatás csökkentésével válaszoltak. A mérési periódus végére (augusztus 13.) a rendszeresen öntözött állomány halmozott sztómakonduktancia értéke több mint a kétszerese a Cut off állományénak és több mint a háromszorosa az öntöztelen kezelésnek, tehát a vízstressz mértéke, a sztómakonduktancia alakulásával jól nyomon követhető volt.



47. **ábra** Az ipari paradicsom-állomány halmozott sztómakonduktancia értékei és a termésmennyiség kapcsolata 2009-ben (Brigade F₁, n=12)

Aszályos évben mutatkozik meg az öntözés valódi szükségessége, ami a 47. ábrán jól látszik, hiszen a 2009-es, az ipari paradicsom tenyészedjében csapadékszegény évben az eltérő vízellátottságú kezelések között nagyon szoros szignifikáns differencia ($r=0,98$; $r^2=0,96$) figyelhető meg a halmozott sztómakonduktancia alakulása és a betakarított termésmennyiség között.

Mivel a sztómakonduktancia és a transzspiráció mértéke között pozitív összefüggés van, ezért az jól kifejezi a növényállományok párologtatási lehetőségeit, ami a növény asszimilációs tevékenységét is befolyásolja, és számszerűsíthető a terméseredményekben is.

4.2.2 A 2009-es év terméseredményeinek értékelése

A 2009-es év aszályos időjárása rendkívüli mértékben kihatott az öntöztelen növények fejlődésére, amelyek a vízhiány okozta stresszhatás következményeképp legyengültek,

alulkondicionáltak maradtak a másik két, vízzel jól, illetve részben jól ellátott állománnyal szemben. Ez nagymértékű termésvesztéshez vezetett a kontroll kezelésben (7. táblázat).

A 7. táblázatban feltüntetett adatok alapján látható, hogy az öntözetlen kontrollhoz képest (19,5 t/ha) a Cut off kezelés több mint kétszeres (41,3 t/ha), a rendszeresen öntözött állomány mintegy ötszörös többletet eredményezett (96,7 t/ha).

Ugyan 2009-ben az április 1-től mért halmozott csapadékmennyiség kiültetésig csupán 1,3 mm volt, de májusban már elegendő csapadék hullott a fiatal növények megfelelő kezdeti fejlődéséhez és lombnövekedéséhez. A kritikus fenológiai fázisban, tömeges virágzás és terméskötődés idején (május végén – június elején), és a termésnövekedés alatt már vízhiány lépett fel az öntözetlen növényállományban. Ezzel magyarázhatóak a nagy termésmennyiség különbségek, ami a bogyók darabszám és a bogyótömeg különbségéből adódnak össze.

7. táblázat A különböző vízellátottságú kezelések fontosabb termésparamétereinek alakulása 2009-ben (n=4, ±SD)

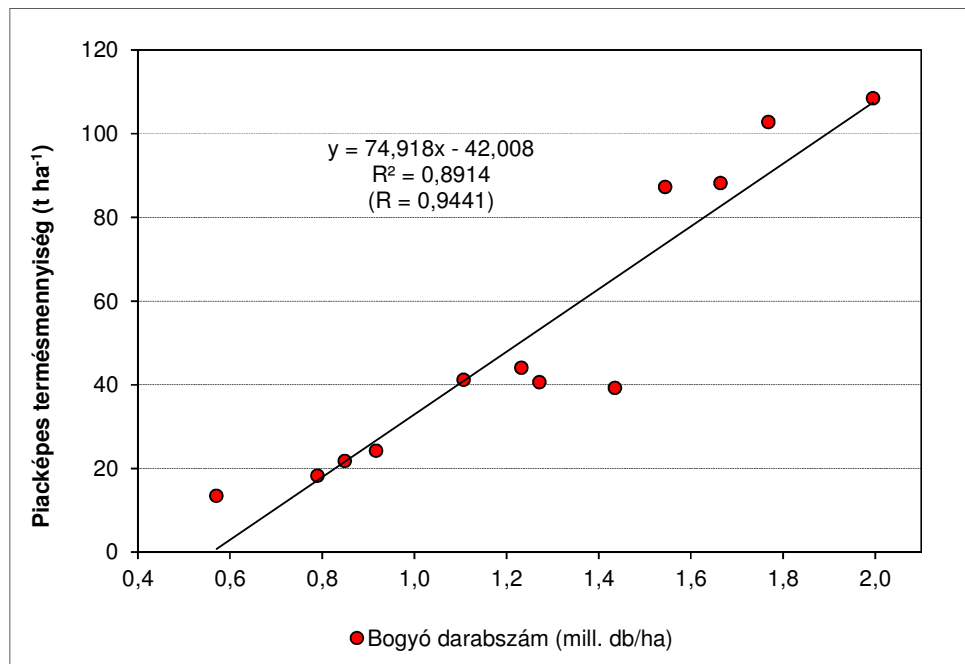
Kezelések	Piacképes termésmennyiség (t ha ⁻¹)	Nem piacképes termés (t ha ⁻¹)	Bogyó darabszám (millió db ha ⁻¹)	Bogyó átlagtömeg (g)	Brix°	Brix hozam (t ha ⁻¹)
RÖ	96,7±10,6 ^c	7,1±1,5 ^a	1,7±0,2 ^c	55,5±2,3 ^c	6,1±0,4 ^a	3,7±0,8 ^c
Cut off	41,3±2,0 ^b	5,9±3,7 ^a	1,3±0,1 ^b	33,1±4,4 ^b	7,7±0,4 ^b	2,6±0,3 ^b
Kontroll	19,5±4,7 ^a	7,6±3,8 ^a	0,8±0,2 ^a	24,8±1,6 ^a	9,0±0,6 ^c	1,6±0,3 ^a

Megjegyzés: Az öntözési kezelések és a termésparaméterek között a szignifikáns különbséget – az oszlopokban – az eltérő betűk p<0,05 szinten jelzik Duncan-teszt szerint.

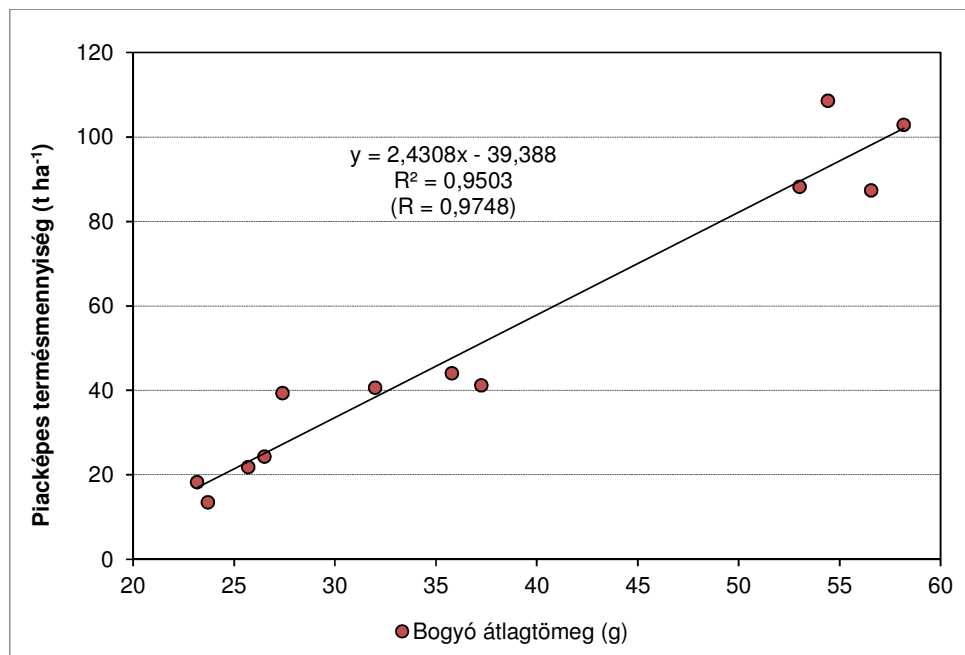
A bogyó átlagtömeg tekintetében, az öntözetlen kontrollhoz képest (24,8 g) a Cut off kezelés 1,3-szoros (33,1 g), a rendszeresen öntözött állomány 2,2-szeres (55,5 g) többletet eredményezett (7. táblázat).

Hasonló viszonyszámokat találunk a bogyók darabszámának vonatkozásában is. Az öntözetlen kontrollhoz képest (0,8 millió darab/ha) a Cut off kezelés 1,6-szoros (1,3 millió darab/ha), a rendszeresen öntözött állomány 2,1-szeres többletet eredményezett (1,7 millió darab/ha) (7. táblázat).

A 48-49. ábrán ezt a két termésalakító tényezőt vizsgálva a termésmennyiség viszonylatában megállapítható, hogy a paradicsombogyó hektárra vetített darabszáma 89%-ban, az átlagtömege 95%-ban határozza meg a betakarított termésmennyiséget. A korrelációs együttható értékei pedig rendkívül szoros lineáris kapcsolatot mutatnak a változók között: r=0,94 illetve r=0,97 a darabszám és a tömeg sorrendjében, tehát 2008-hoz hasonlóan, 2009-ben is a bogyó átlagtömeg határozza meg jobban a termésmennyiség alakulását.



48. ábra A bogyó darabszám és a piacképes termésmennyiség kapcsolata 2009-ben (Brigade F₁, n=12)

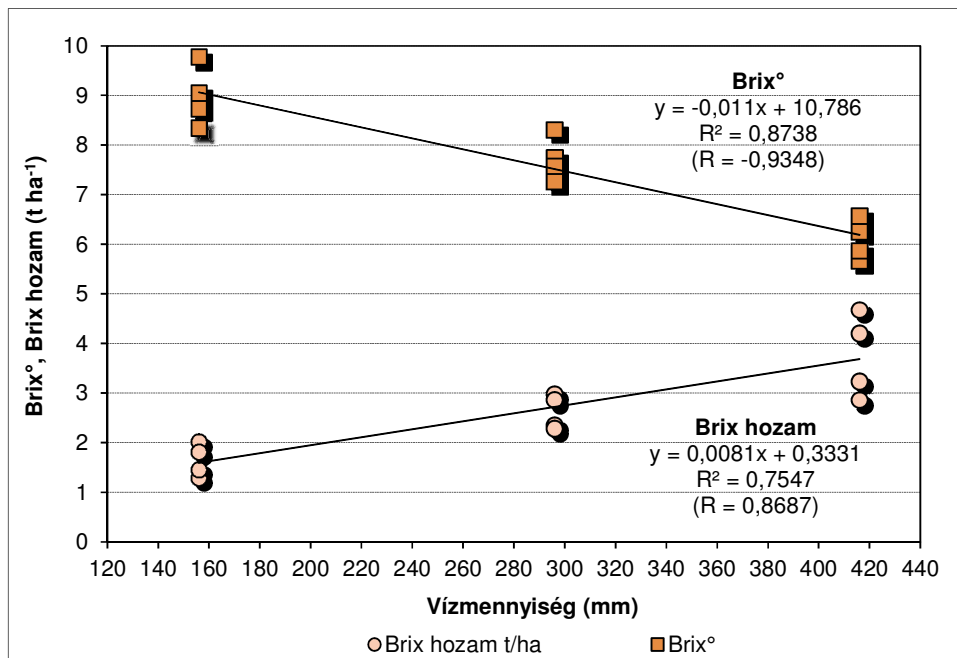


49. ábra A bogyó átlagtömeg és a piacképes termésmennyiség kapcsolata 2009-ben (Brigade F₁, n=12)

Az oldható szárazanyag-tartalom, amely az egyik legfontosabb beltartalmi mutató, 2009-ben is az irodalmi adatoknak megfelelően, az öntözött állományokban mutatott kisebb értékeket (6,1%, ill. 7,7% a rendszeresen öntözött és a Cut off kezelések sorrendjében) az öntözetlen kezeléssel szemben (9%), a vízellátás mennyiségével fordítottan arányos mértékben (7. táblázat).

A fényintenzitás meghatározza a termés által felvehető fotoasszimilátumok mennyiségét, ami kihat a bogyó szárazanyag-tartalmára, továbbá a magasabb hőmérséklet a beltartalmi összetevők felhalmozódásának kedvez. Ezek a feltételek adottak voltak az érés fázisában, tehát a július második felétől. Ezen időszak alatt csupán kétszer hullott csapadék, összesen 25 mm mennyiségben. Ezzel magyarázható a kiugróan magas 9 és 7,7 Brix° értékeket (ami már káros, mert más beltartalmi értékek kedvezőtlenül alakulnak). Az optimális vízellátottságú kezelés 6,1 Brix°-t ért el magas termésátlag mellett, ami hazai és nemzetközi szinten is megfelelőnek mondható, hiszen a cél az, hogy magas termésátlag mellett az 5 – 5,5 körüli Brix°-t kellene elérni (Helyes, 2008).

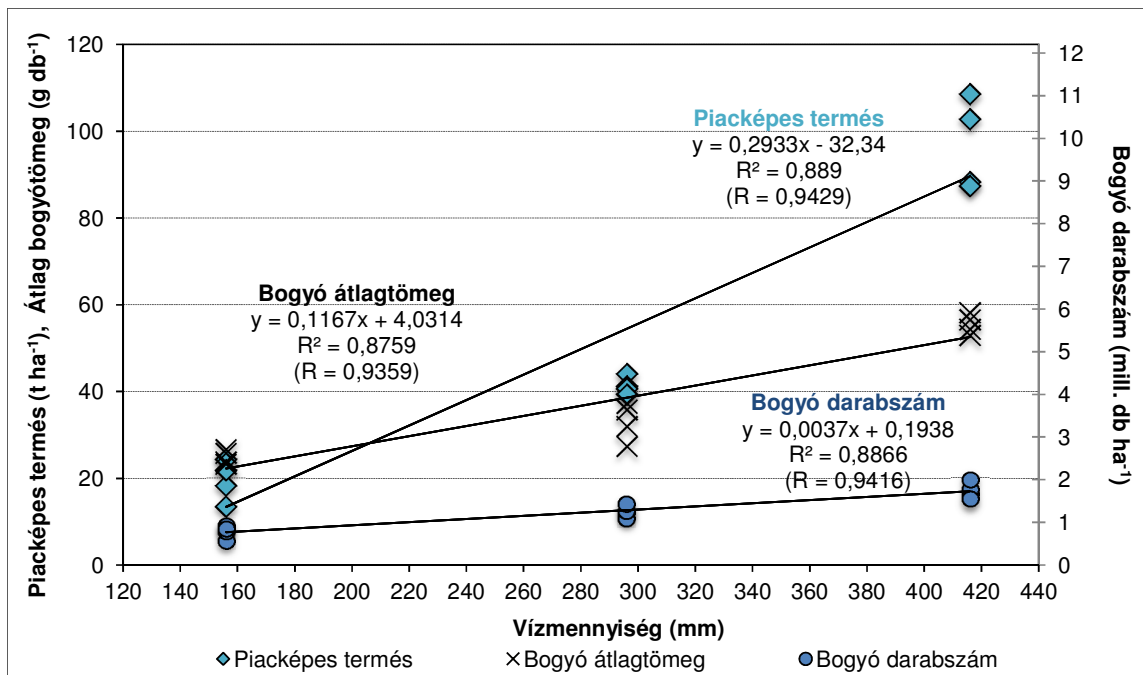
Az egységnyi területre eső Brix hozam, ahogy az vártuk, fordítottan arányos volt a szárazanyag-tartalommal, az optimális vízellátottságú kezelésben 3,7 t/ha, a Cut off kezelésben 2,6 t/ha, az öntözetlen kontrollban pedig 1,6 t/ha volt (7. táblázat). Ez a fordított arányosság jól leolvasható a 50. ábráról. Látható, hogy nagyon szoros összefüggés van a vízellátottság és a Brix° ($r=0,9348$; $r^2=0,8738$), valamint a vízellátottság és a Brix hozam között: $r=0,8687$; $r^2=0,7547$).



50. ábra A vízellátottság és a Brix°, valamint a Brix hozam közötti összefüggés 2009-ben (Brigade F₁, n=12)

4.2.3 A vízellátottság és a termésparaméterek kapcsolata 2009-ben

A 2009-es, erősen aszályos évben a betakarított termésmennyiség erősen függött a vízellátottságtól, amit jól mutat a determinációs koefficiens értéke: $y=0,2933x - 32,34$; $r^2=0,89$. A bogyó átlagtömeg is hasonlóan szoros összefüggést mutatott a vízellátottsággal: $y=0,1167x + 4,0314$; $r^2=0,88$. Ebben az évben a termés hektáronkénti darabszáma is, a vízellátottsággal összevetve, szignifikánsan pozitív értéket mutatott: $y=0,0037x + 0,1938$; $r^2=0,89$ (51. ábra).



51. ábra A vízellátottság és az összes piacképes termés, darabszám és bogyó átlagtömeg közötti összefüggés 2009-ben (Brigade F₁, n=12)

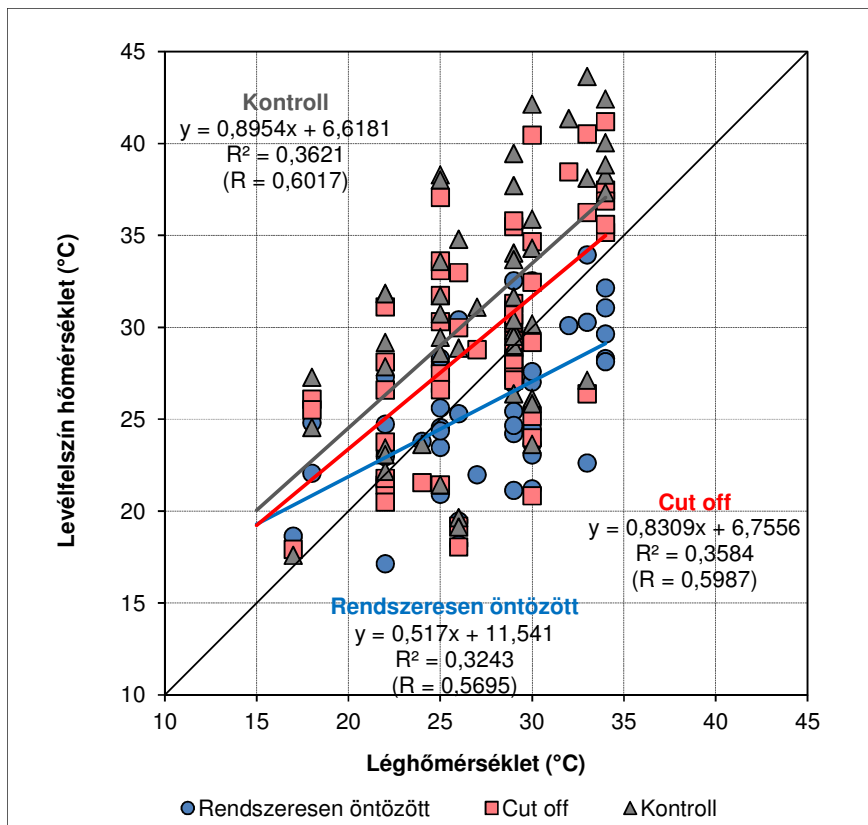
Megállapítható, hogy a csapadék mennyisége a termesztési időszak alatt 89%-ban határozta meg a termésmennyiséget, 88%-ban az egyes termékek tömegét és 89%-ban a hektárra vetített darabszámot.

A lineáris regresszió megmutatta, hogy 3,4 mm víztöbblet 1 t/ha piacképes terméstöbbletet biztosított és 8,6 mm víztöbblet 1 g-mal növelte a bogyók átlagtömegét.

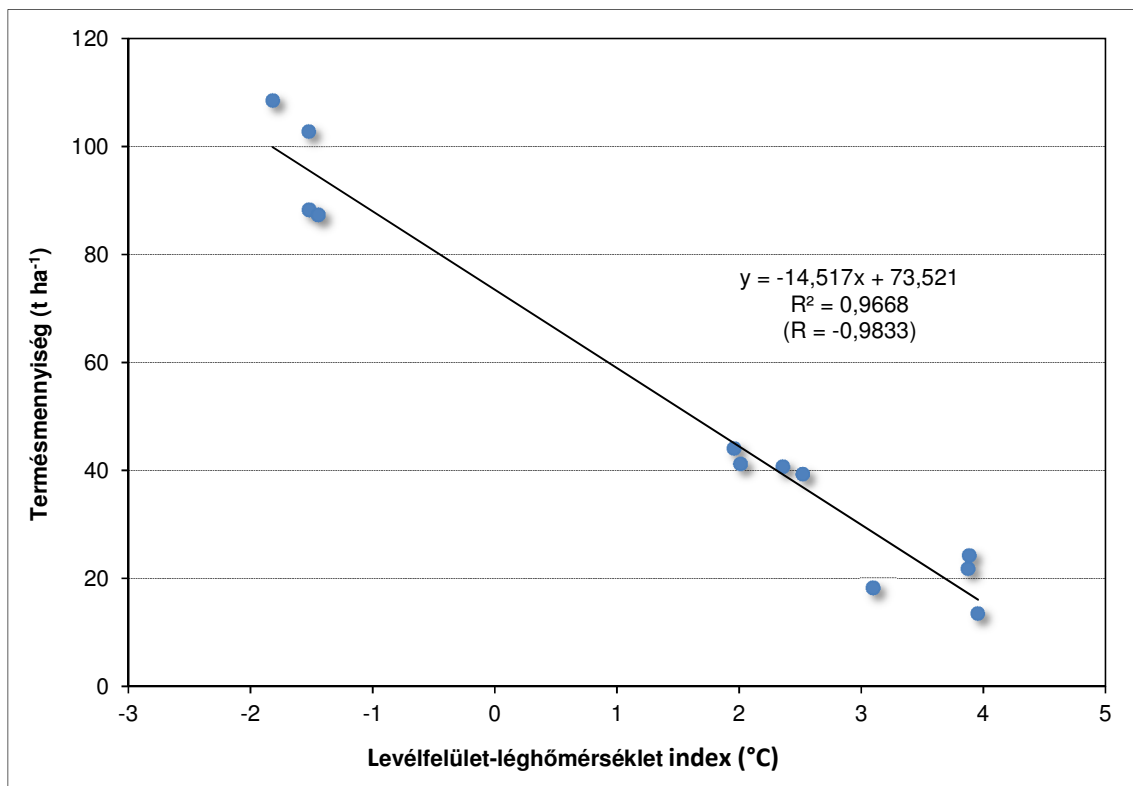
4.2.4 A levélfelszín hőmérséklet és léghőmérséklet kapcsolata 2009-ben

Az 52. ábra mutatja a különböző vízellátottságú ipari paradicsom-állományok levélfelszín hőmérsékletének alakulását a léghőmérséklet függvényében. A kísérlet ideje alatt a léghőmérsékleti átlag 26,9°C volt. Az öntözetlen növényállománynak a lombhőmérséklete átlagosan 31,1°C, a rendszeresen öntözött kezelésé 25,6°C, a Cut off kezelésé 29,4°C volt. Tehát átlagosan 5,5°C eltérés volt az optimális vízellátottságú és az öntözetlen kezelés, valamint 1,7°C a Cut off és a kontroll között a vizsgált napok folyamán. A két öntözési kezelés lombhőmérséklete között is volt 3,8°C.

A fotoszintetikus aktivitás, ami végső soron a terméseredményekben mutatkozik meg, a fényen kívül többek között hőmérsékletfüggő is. Az optimális vízellátottságú paradicsomnövények a számukra optimális hőmérsékleten tudták tartani a lombjukat (18-28 °C) a kritikus fejlődési fázisban, ami megmagyarázza a két kezelés közti nagy termésbeli különbséget (53. ábra).



52. ábra A különböző vízellátottságú ipari paradicsom-állományok levélfelszín hőmérsékletének alakulása a léghőmérséklet viszonylatában, 2009-ben (Brigade F₁, n=51)



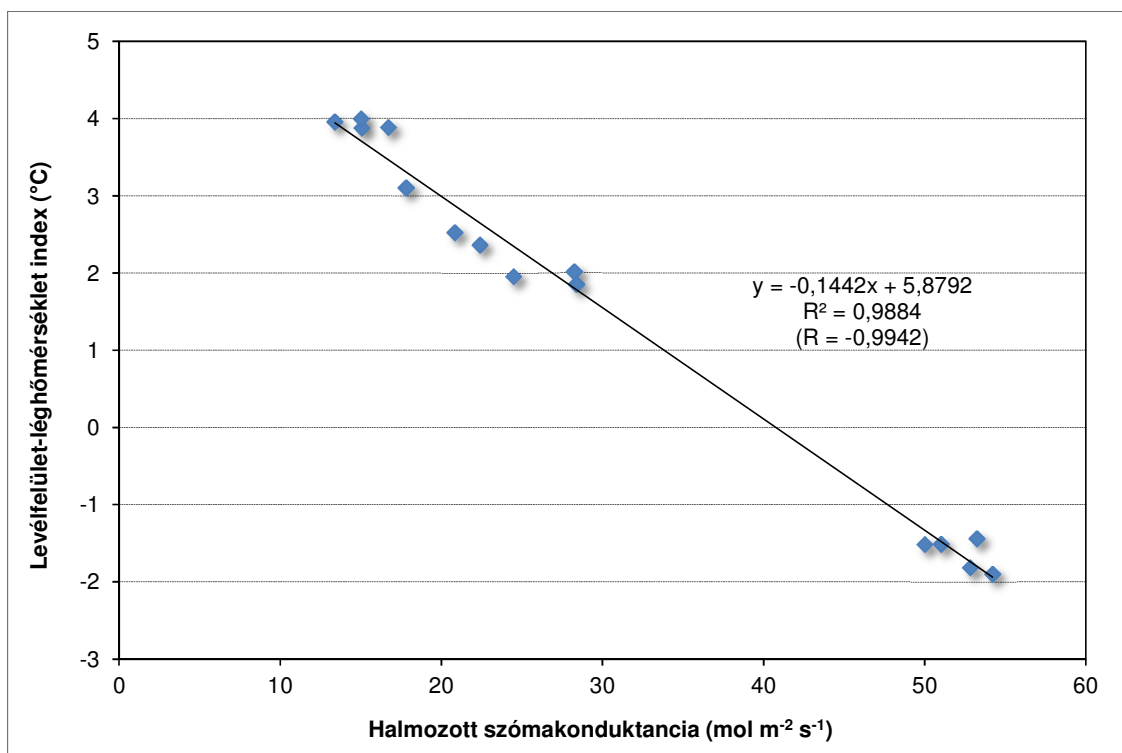
53. ábra A különböző vízellátottságú ipari paradicsom-állományok termésmennyiségének alakulása a levegő-levélfelszín hőmérséklet különbség viszonylatában, 2009-ben (Brigade F₁, n=12)

Ezzel szemben az öntözetlen állomány lombhőmérséklete szinte mindig, a Cut off állomány lombhőmérséklete pedig az öntözés megszakításától, tehát július közepétől magasabb volt a levegő hőmérsékleténél, amiből következtetni lehet arra, hogy a növények vízhiányban szenvedtek. Minél nagyobb mértékben haladta meg a lombfelszín hőmérséklete a léghőmérsékletet, annál nagyobb volt a termés csökkenés mértéke.

A lineáris korrelációs együttható magas értéke ($r=0,98$) jól mutatja a szoros szignifikáns összefüggést a halmozott levélfelület-léghőmérséklet különbség és a termés mennyisége között. A lineáris regresszió egyenlete a következő volt: $y = -14,517x + 73,521$, aminek a determinációs együtthatója ($r^2=0,9668$) jelzi, hogy egy száraz évben a lombhőmérséklet 97%-ban meghatározza a növényállomány vízellátottságát, és azon keresztül a termésmennyiségét (53. ábra).

4.2.5 A 2009-es év levélfelület-léghőmérséklet különbség és halmozott sztómakonduktancia összefüggés vizsgálata

A 2009-es aszályos évben a levélfelület-léghőmérséklet különbség és a halmozott sztómakonduktancia közötti összefüggés rendkívül szoros volt ($r=0,9942$), amelyet a következő képlet fejez ki: $y = -6,853x + 40,648$; $r^2=0,9884$. Az egyenlet szerint nagyfokú linearitást mutatnak az adatok, amely szerint a sztómakonduktancia 99%-ban határozza meg a levélfelület hőmérsékleti adatokat, tehát minél nagyobb a párologtatás mértéke, annál kisebb az index értéke (54. ábra).



54. ábra A levélfelület-léghőmérséklet különbség és a halmozott sztómakonduktancia közötti összefüggés 2009-ben (Brigade F₁, n=15)

4.3 2010-es év kísérleti eredmények

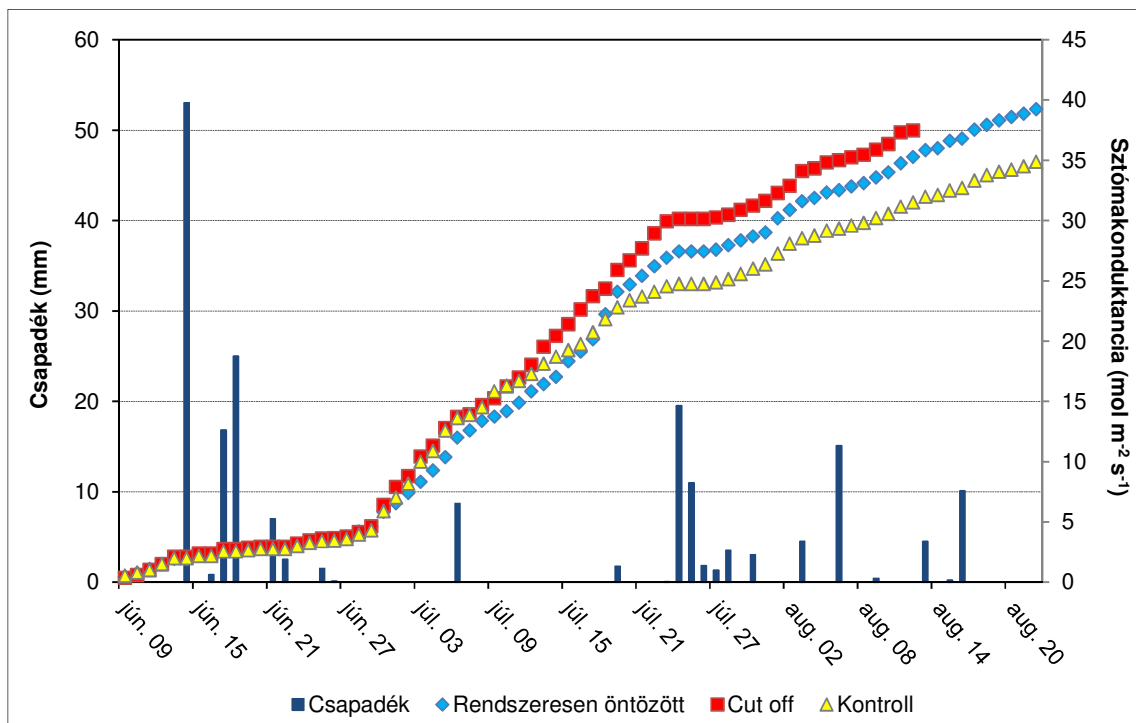
4.3.1 A 2010-es év sztómakonduktancia adatainak értékelése

A növény reproduktív fázisa a legérzékenyebb a magas hőmérsékletre, mivel már egy rövid hőstressz is jelentősen növeli a kockázatát a hiányos megtermékenyülésnek, valamint a virágbimbók és a kinyílt virágok lehullásának. Néhány napos vízbőség is a vízhiány stresszhez hasonló tüneteket okoz, vagyis csökken a transzspiráció, és a sztómazárás eredményeként csökken a nettó fotoszintézis. A túlzott vízellátású növényeknél a sztómazáródás, ami a levelek dehidratációjának tulajdonítható, azért következik be, mert a gyökér permeabilitása lecsökken és ennek következtében a vízfelvétel gátolt.

A halmozott sztómakonduktancia értékek a következők voltak 2010-ben (55. ábra):

- Rendszeresen öntözött kezelés: $39,3 \text{ mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$,
- Cut off kezelés: $37,5 \text{ mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ (aug. 12-i állapot),
- Öntözetlen-kontroll kezelés: $34,9 \text{ mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$.

2010-ben a virágzás, kötődés és a teljes termésnövekedés idején lehullott extrém mennyiségű csapadék negatívan befolyásolta a termesztést, leginkább annak kedvezőtlen eloszlása és intenzitása végett. Az ebből adódó növényegészségügyi gondok miatt a Cut off állományt 10 nappal a tervezett betakarítás előtt fel kellett számolni (aug 12.).



55. ábra Az ipari paradicsom-állomány halmozott sztómakonduktanciájának alakulása 2010-ben (Brixsol F₁, n=68)

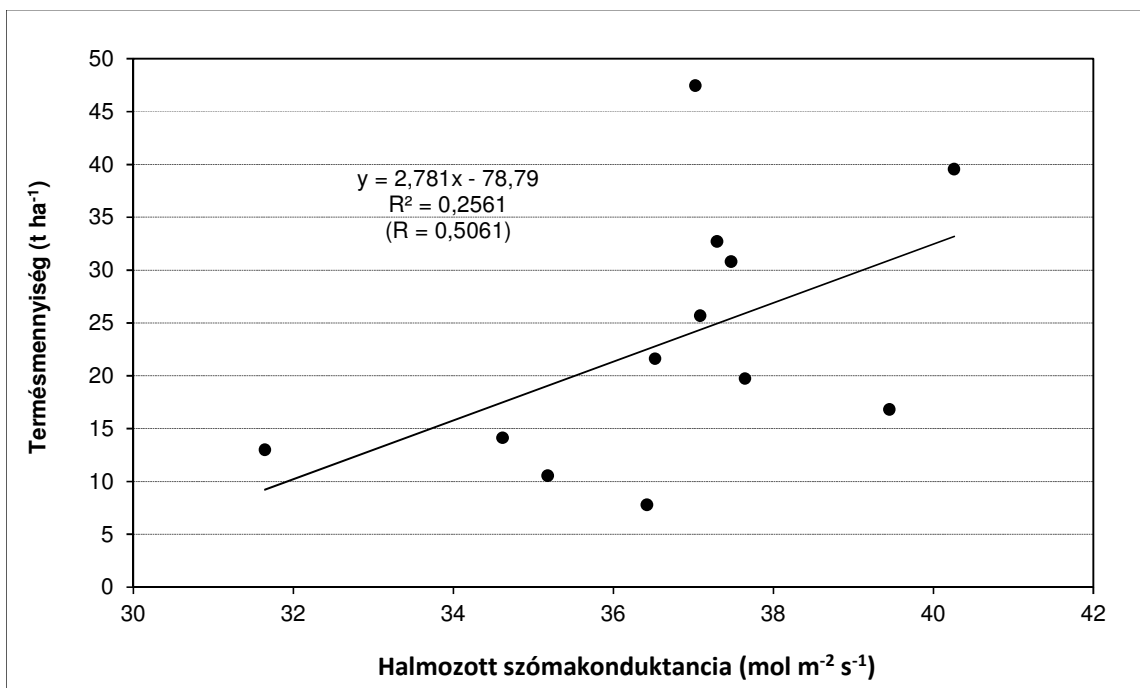
A Cut off állomány (öntözés aug. 3-án elzárva) halmozott sztómakonduktancia értéke felszámolásig $37,5 \text{ mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ volt, amely eddig az időpontig, az öntözetlen kontroll kezelés halmozott értékét 19,6%-kal múlta felül, de a rendszeresen öntözött kezelést is kismértékben, 5,6%-kal meghaladta.

Június 9-től (a mérés kezdetétől) június 30-ig a kontroll állomány sztómaműködése nagy hasonlóságot mutatott a két öntözési kezelés értékeivel, tehát a kiültetést megelőző, valamint az utána lehullott májusi és júniusi csapadék miatt nem volt gátolt a levelek vízforgalma.

Július 1-től már kismértékben eltértek a kezelések értékei, de a száraz, meleg periódus hatása csak július 18-án mutatkozott meg, ekkor kezdtek eltérni mérhető módon az öntözési kezelések a kontrolltól.

A tenyészidőszak végére a rendszeresen öntözött kezelés halmozott sztómakonduktancia értéke minimálisan, 12,6%-kal haladta meg az öntözetlen kontroll állomány értékét, de a terméseredményekben már nagyobb differencia mutatkozik a két kezelés között, ami a termésnövekedés közepén bekövetkező, magas hőmérsékleti értékekkel párosuló csapadékszegény időszak következménye (8. táblázat).

Ebből adódóan a rendszeresen öntözött és öntözetlen kezelések között, még ebben a szokatlanul csapadékos évben is egy közepesen erős összefüggés ($r=0,51$) figyelhető meg a halmozott sztómakonduktancia alakulása és a betakarított termésmennyiség között, de ez 95%-os valószínűségi szinten már nem szignifikáns (56. ábra).



56. ábra Az ipari paradicsom-állomány halmozott sztómakonduktancia értékei és a termésmennyiség kapcsolata 2010-ben (Brixsol F₁, n=12)

4.3.2 A 2010-es év terméseredményeinek értékelése

2010-ben az esős, borús napok nagy aránya lelassította a növényi anyagcserét és a rendszeres, sok esetben intenzív és egyenetlen eloszlású esők a növények mikroklímáját megváltoztatták, amely termésvesztéshez vezetett, hiszen magas technológiai szinten az elvárható 80-100 t/ha termésátlagot kell elérni a nyereséges termesztéshez.

Az intenzív esőzések miatt napokig vízben álló, leromlott kondícióban lévő növényeknél a szakszerű védekezés ellenére, foltszerűen megjelent a *Phytophthora infestans* a vegetációs időszak második felében. A kórokozó legnagyobb mértékben a Cut off blokkokban okozott kárt, de a másik két kezelést is negatívan érintette, ami hozzájárult a terméseredmények alacsony szintjéhez.

A 8. táblázatból látható, hogy a piacképes termésmennyiség összesen 33,7 t/ha volt a rendszeresen öntözött kezelésnél, ami még így is háromszorosa az öntözetlen kontroll termés 11,4 t/ha-os eredményének.

Ez egyrésztől azért következett be, mert a paradicsom kötődésének időszakában, a nagy mennyiségű csapadéktól megnövekedett páratartalom miatt a pollenszemek összetapadtak, így csökkent a termékenyülés mértéke, másrésztől pedig a hőmérséklet gyakran süllyedt a paradicsom termékenyülése szempontjából kritikus hőmérsékleti minimum, 14°C-ra vagy az alá, ami szintén korlátozta a kötődést. Későbbi fenológiában pedig a vízbőség, valamint az alacsony hőmérséklet a tápanyagok felvételét és beépülését is korlátozta. Ezek a tényezők összességében, legfőképp az öntözetlen állományban, a kevés bogyó mellett kis átlagtömeget eredményeztek (8. táblázat).

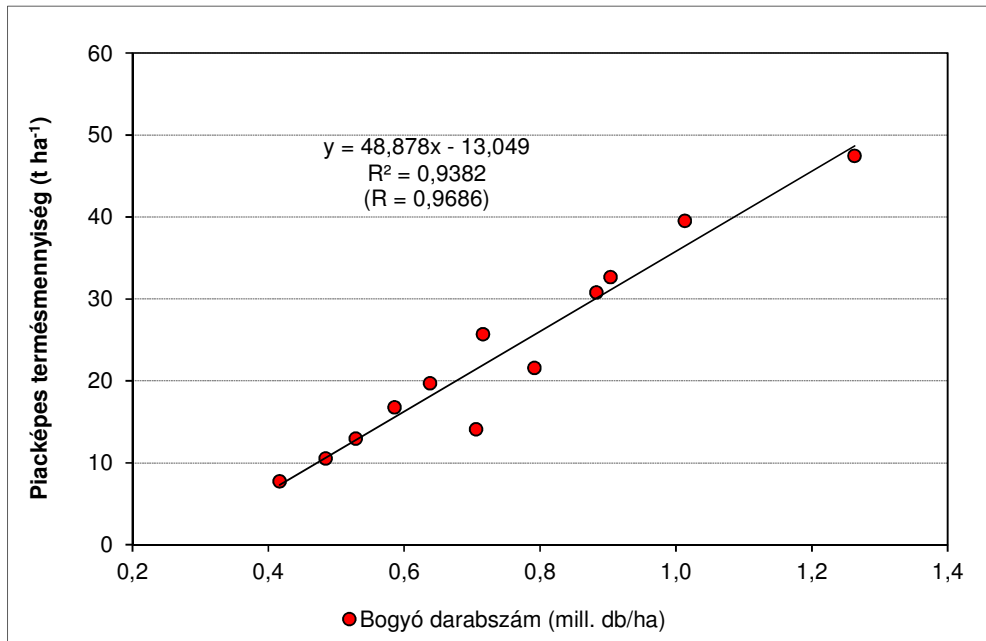
8. táblázat A különböző vízellátottságú kezelések fontosabb termésparamétereinek alakulása 2010-ben (n=4; ±SD)

Kezelések	Piacképes termésmennyiség (t ha ⁻¹)	Nem piacképes termés (t ha ⁻¹)	Bogyó darabszám (millió db ha ⁻¹)	Bogyó átlagtömeg (g)	Brix°	Brix hozam (t ha ⁻¹)
RÖ	33,7±7,4 ^c	11,7±7,4 ^b	0,9±0,3 ^b	33,3±4,0 ^b	4,7±0,3 ^a	1,1±0,3 ^b
Cut off	24,9±5,8 ^b	6,8±3,1 ^a	0,8±0,1 ^b	32,6±4,3 ^b	4,7±0,2 ^a	1,1±0,2 ^b
Kontroll	11,4±2,8 ^a	5,0±3,4 ^a	0,5±0,1 ^a	16,7±2,3 ^a	5,2±0,2 ^b	0,5±0,2 ^a

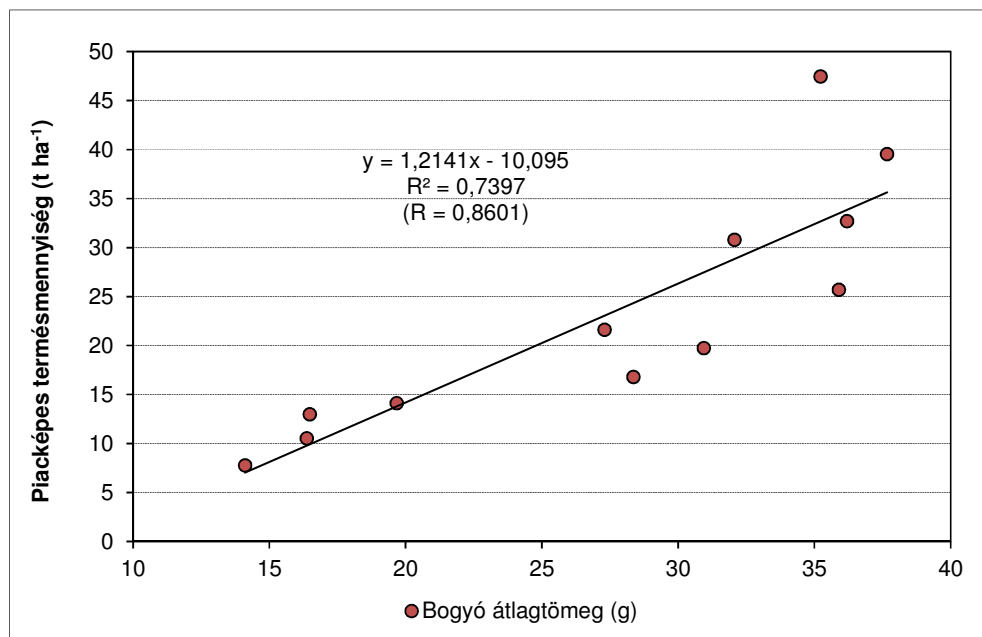
Megjegyzés: Az öntözési kezelések és a termésparaméterek között a szignifikáns különbséget – az oszlopokban – az eltérő betűk p<0,05 szinten jelzik Duncan-teszt szerint.

Lineáris regresszió analízissel bizonyítható, hogy mindkét termésalakító tényező, a paradicsombogyó tömege és darabszáma is szignifikánsan meghatározza a termésmennyiséget (57-58. ábra). Öntözés hatására növekszik a megkötött virágok száma, majd a termés átlagtömegén keresztül az össztermés is nagyobb lesz hektárra vetítve. A mi vizsgálatainkból az is kiderül, hogy

2010-ben, a termés darabszáma ($r^2=0,94$) nagyobb mértékben határozza meg a termésmennyiséget, mint a bogyó átlagtömeg ($r^2=0,74$).



57. ábra A bogyó darabszám és a piacképes termésmennyiség kapcsolata 2010-ben (Brixsol F₁, n=12)

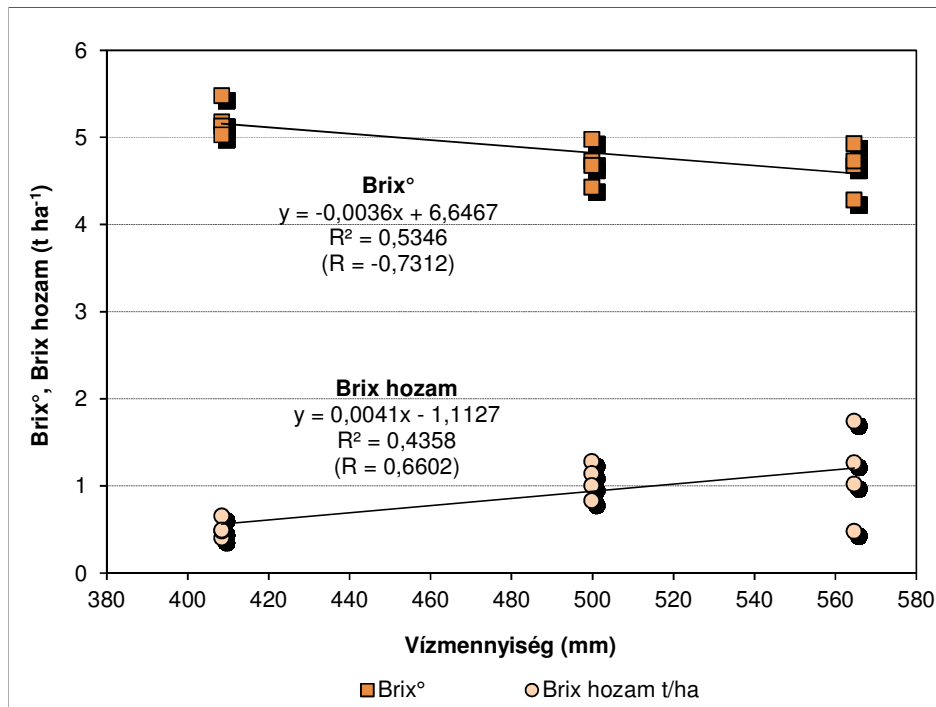


58. ábra A bogyó átlagtömeg és a piacképes termésmennyiség kapcsolata 2010-ben (Brixsol F₁, n=12)

A szárazanyag-tartalmat a víz és a fotoszintézis során keletkező asszimilátumok felhalmozódása határozza meg (Ho, 1999). Az anyagcseretermékek képződése a fénytől és a hőmérséklettől függ. Mivel ebben az évben mind a fotoszintetikus-, mind a metabolikus folyamatok

gátolva voltak, ezért az oldható szárazanyag értékek is kisebbek lettek. A Brix° a rendszeresen öntözött kezelésben volt legkisebb, és öntözetlenül a legnagyobb (8. táblázat).

A növények vízellátottsága és a Brix° között összefüggés nem volt szoros ($r=0,73$; $r^2=0,53$), és a Brix hozammal összevetve szintén nem volt kimutatható szignifikáns kapcsolat ($r=0,66$; $r^2=0,44$). A determinációs együtthatókból kiolvasható, hogy 2010-ben a vízellátottság 53%-ban határozta meg a Brix-tartalmat és 44%-ban a Brix hozamot (59. ábra).

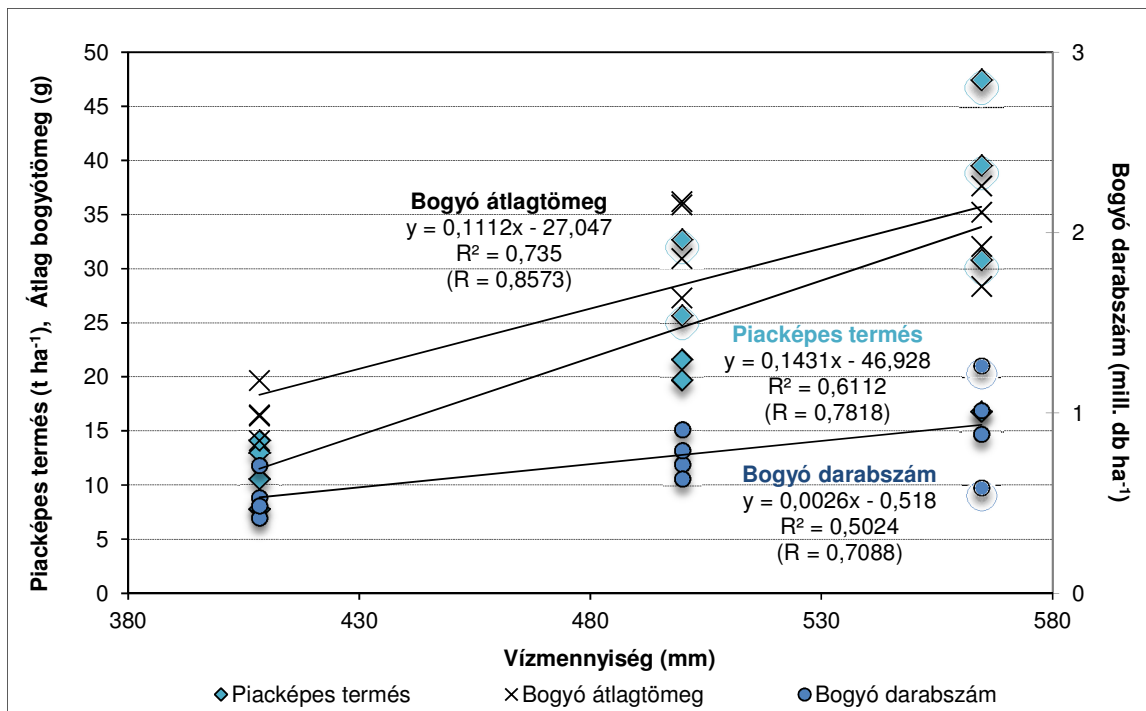


59. ábra A vízellátottság és a Brix°, valamint a Brix hozam közötti összefüggés 2010-ben (Brixsol F₁, n=12)

4.3.3 A vízellátottság és a termésparaméterek kapcsolata 2010-ben

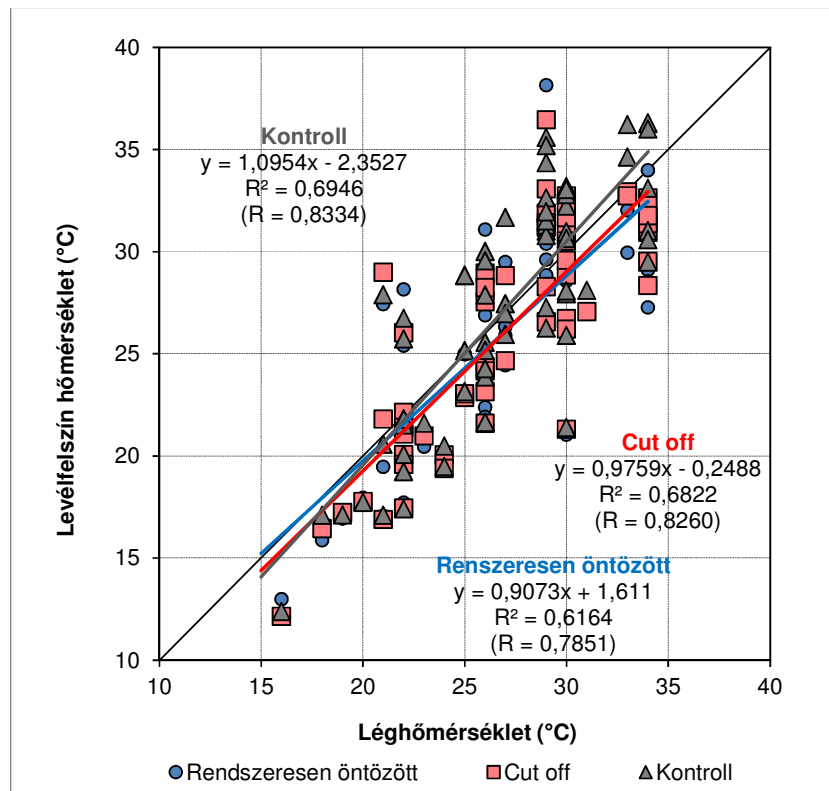
A 60. ábra mutatja a vízellátottság és a termésparaméterek közötti összefüggéseket. Látható, hogy a legszorosabb összefüggés 2010-ben a vízellátottság és a bogyó átlagtömeg között volt ($r=0,86$), a determinációs koefficiens értékéből ($r^2=0,74$) megállapítható, hogy a vízellátottság 74%-ban határozta meg az átlagtömeget.

Szignifikánsan szoros összefüggés mutatkozott a vízellátottság és a piacképes termés ($r=0,78$), valamint a bogyó darabszám ($r=0,71$) tekintetében is. A lineáris regresszió megmutatta, hogy 7 mm víztöbblet 1 t/ha piacképes terméstöbbletet biztosított és 9 mm víztöbblet 1 g-mal növelte a bogyók átlagtömegét.



60. ábra A vízellátottság és az összes piacképes termés, darabszám és bogyó átlagtömeg közötti összefüggés 2010-ben (Brixsol F₁, n=12)

4.3.4 A levélfelszín hőmérséklet és léghőmérséklet kapcsolata 2010-ben



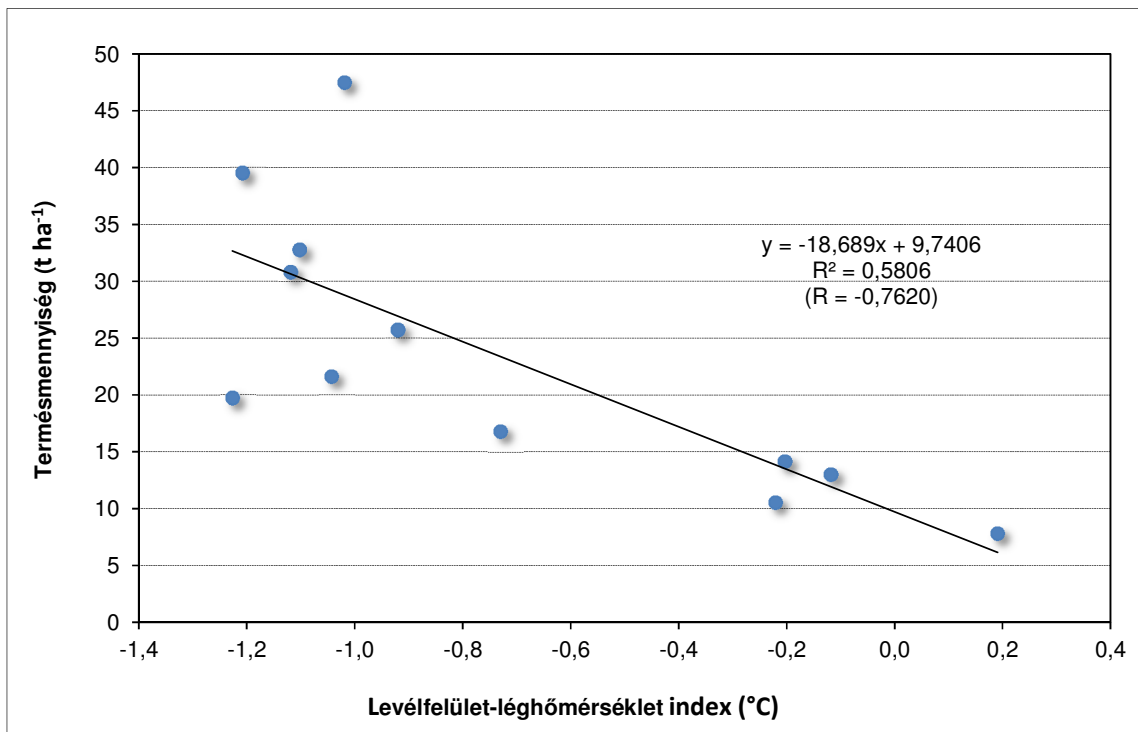
61. ábra A különböző vízellátottságú ipari paradicsom-állományok levélfelszín hőmérsékletének alakulása a léghőmérséklet viszonylatában, 2010-ben (Brixsol F₁, n=66)

A 61. ábra mutatja a különböző vízellátottságú ipari paradicsom-állományok levélfelszín hőmérsékletének alakulását a léghőmérséklet viszonylatában.

Az öntözetlen kontroll kezelés növényállományának lombhőmérséklete átlagosan 27,2°C, a rendszeresen öntözött kezelésé 26,1°C volt. Ez átlagosan 1,1°C eltérést jelent a vizsgált napok folyamán. A léghőmérséklet maximumok átlaga 26,9°C volt, tehát látható, hogy az öntözött állomány növényei összességében nagyobb mértékben tudták hűteni magukat, míg a kontroll növények lombhőmérséklete átlagban a léghőmérséklet felett volt.

A korrelációs együtthatók értékéből megállapítható, hogy a három különböző vízellátottságú állomány között összességében közepesen erős összefüggés van a léghőmérséklet és a lombfelszín hőmérséklet között. A sok csapadék miatt megnövekedett talajnedvességből az öntözetlen növényállomány is huzamosabb ideig tudta hűteni magát, így a kezeléseknél pluszban kiadott öntözővíz már nem érvényesült nagy mértékben ebben az évben.

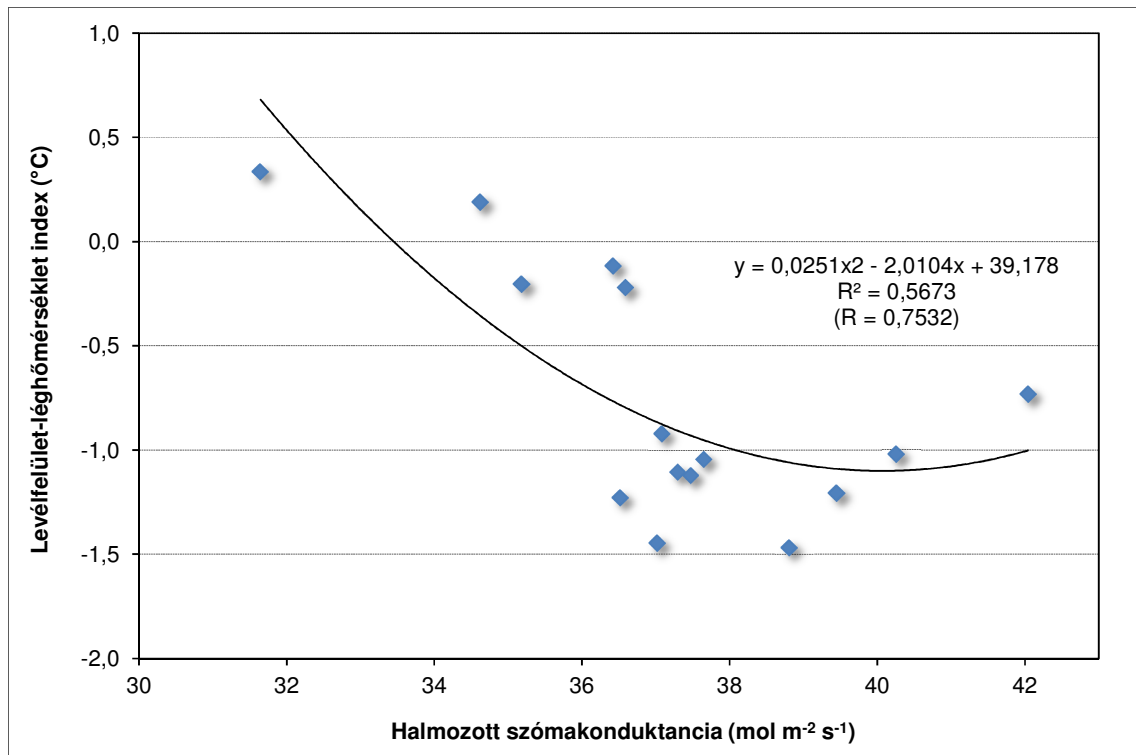
A halmozott levélfelület-léghőmérséklet különbség index 2010-ben 58%-ban határozta meg a termésmennyiséget ($r^2=0,5806$). Ebben az évben is látható, hogy minél nagyobb mértékben haladja meg a lombfelszín hőmérséklete a léghőmérsékletet, annál nagyobb a termés csökkenés mértéke (62. ábra).



62. ábra A különböző vízellátottságú ipari paradicsom-állományok termésmennyiségének alakulása a levegő-levélfelszín hőmérséklet különbség viszonylatában, 2010-ben (Brixsol F₁, n=12)

4.3.5 A 2010-es év levélfelszín-léghőmérséklet különbség és halmozott sztómakonduktancia összefüggés vizsgálata

A levélfelszín-léghőmérséklet különbségek és a halmozott sztómakonduktancia közötti összefüggés szorosságának vizsgálatához, a grafikusán ábrázolt indexek adatpontjaira másodfokú polinomiális függvényt illesztettem, ami közepesen erős kapcsolatot mutatott ($r^2=0,57$) (63. ábra).



63. ábra A levélfelület-léghőmérséklet különbség és a halmozott sztómakonduktancia közötti összefüggés 2010-ben (Brixsol F₁, n=15)

4.4 2011-es év kísérleti eredmények

2011 aszályos év volt, éles ellentétje az előzőnek. Ebben az évben már változtattunk az öntözési kezeléseken, mert míg a „cut off” rendszer a száraz klímán elhelyezkedő paradicsomtermesztési régiókban jól alkalmazható, addig nálunk ezzel a módszerrel nem lehet pontosan időzíteni az öntözést, hiszen akár a betakarítást megelőző hetekben is leeshet olyan extrém mértékű csapadék, amire relatíve sokkal kevesebb esély van a tőlünk délebbre fekvő országokban.

Többek között emiatt módosítottuk az öntözési kezeléseket 2011-ben szabályozott vízdeficit öntözésre, hiszen ez sokkal jobban adaptálható a hazai körülményekhez, ezért a gyakorlat felé is jobban javasolható.

A vízellátottsági kezelések a következők voltak 2011-ben:

- 100%-osan öntözött (optimális vízellátottságú állomány),
- 75%-osan öntözött (a napi vízigény 75%-a),
- 50%-osan öntözött (a napi vízigény 50%-a),
- Öntözetlen kontroll.

4.4.1 A 2011-es év sztómakonduktancia adatainak értékelése

Az eltérő vízellátottságú növényállományok sztómakonduktancia értékeinek meghatározását június 11-én kezdtük és augusztus 19-ig napi gyakorisággal folytattuk.

A halmazott sztómakonduktancia értékek a következők voltak 2011-ben (90. ábra):

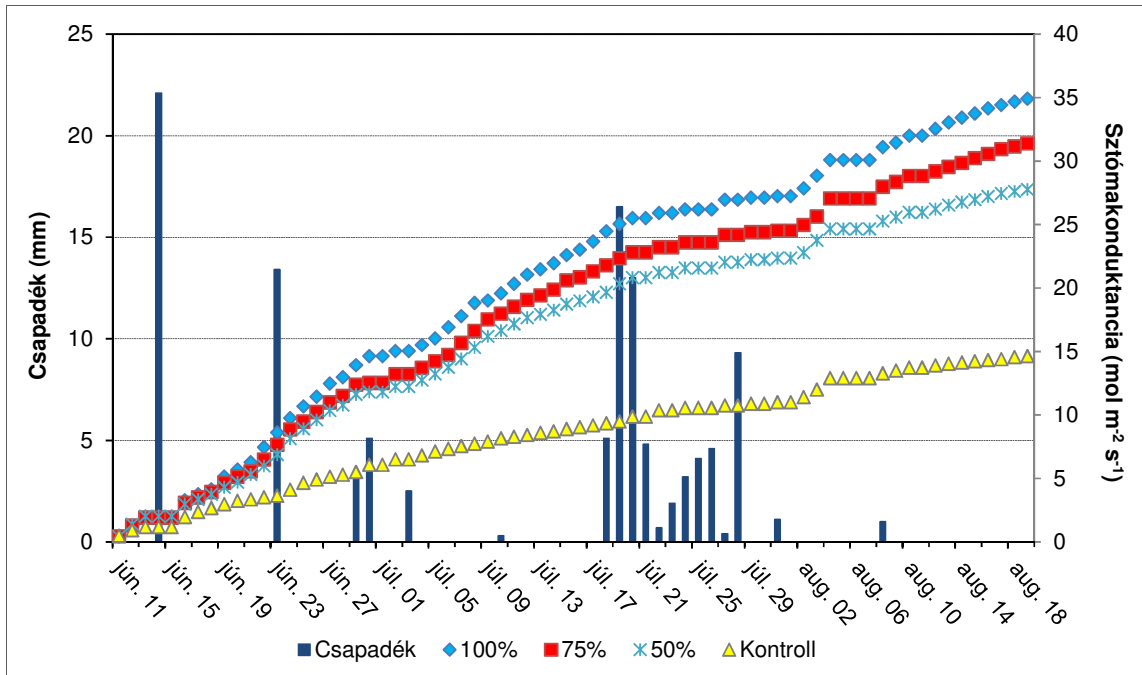
- 100%-os öntözött kezelés: **34,9 mol m⁻²s⁻¹**,
- 75%-os öntözött kezelés: **31,4 mol m⁻²s⁻¹**,
- 50%-os öntözött kezelés: **27,8 mol m⁻²s⁻¹**,
- Öntözetlen kontroll: **14,6 mol m⁻²s⁻¹**.

A 64. ábrán látszik, hogy az öntözési kezelések sztómakonduktancia értékei már a mérés első hetében kezdenek elválni, de ekkor még nem szignifikánsan, a kontroll növényállomány konduktancia értékeitől, ezt követően viszont a betakarításig szignifikánsan eltértek egymástól. Ez jól mutatja, hogy a kiültetéstől (április 29.) június 14-ig lehullott 72 mm csapadék elegendő talajnedvességet biztosított a kontroll növényeknek, hogy a három öntözött állománnyal megegyező szinten tudjanak párologtatni a tömeges virágzás (május 25.) és kötődés, valamint a termésnövekedés kezdeti szakaszában.

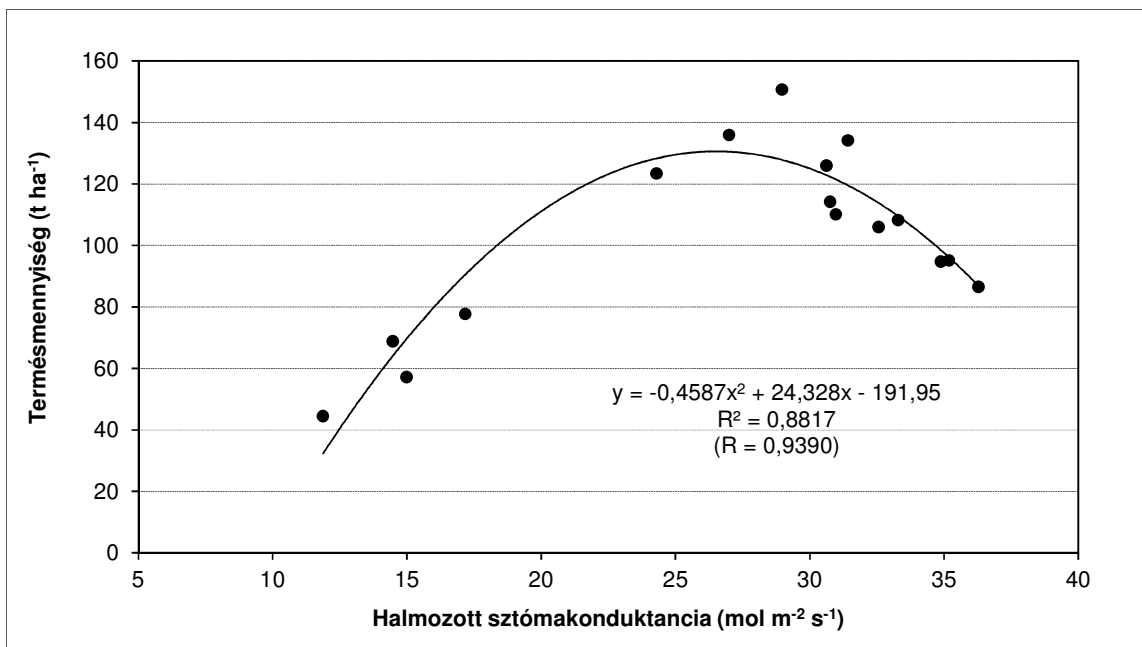
A június 14-ét követő 8 napos, átlagban napi 26°C maximum hőmérséklettel párosuló csapadékmentes időszakban kezdtek elválni az öntözési kezelések sztómakonduktancia értékei egymástól, valamint a kontroll növényállomány értékeitől. A 100%-os öntözési kezelés ez alatt az

időszak alatt, a következő esőig (június 23.) 40 mm öntözővizet kapott három részletben, míg a 75%-ig öntözött állomány 30 mm-t, az 50%-ig öntözött 20 mm-t kapott.

Ez a kevés csapadékkal járó időszak egészen július 18-ig tartott, de addigra már befejeződött a terménynövekedés fázisa (július 12-én éréskezdet), az ezután lehullott csapadék illetve kijuttatott vízmennyiség már csak a termés minőségét befolyásolta.



64. ábra Az ipari paradicsom-állomány halmozott sztómakonduktációjának alakulása 2011-ben (Uno Rosso F₁, n=55)



65. ábra Az ipari paradicsom-állomány halmozott sztómakonduktancia értékei és a termésmennyiség kapcsolata 2011-ben (Uno Rosso F₁, n=16)

A három öntözött kezelés halmozott sztómakonduktancia értékei 190-, 215-, valamint 239%-kal múlták felül a kontroll állomány értékeit a tenyészidőszak végére, tehát átlagban több mint kétszer annyit tudtak párologtatni, ami megmutatkozott a terméseredményekben is (64. ábra).

Az másodfokú polinomiális egyenlet szorossága ($r=0,94$) jól mutatja, hogy 2011-ben a halmozott sztómakonduktancia alakulása szignifikánsan meghatározta a termés mennyiségét (65. ábra).

4.4.2 A 2011-es év terméseredményeinek értékelése

2011-ben a fény mennyisége és a léghőmérséklet is, a paradicsom ökológiai igényeinek megfelelően alakult mind a kötődés, mind a termésnövekedés és érés időszakában. Az öntözésen felül időszakosan lehullott 10 mm-t meghaladó csapadékmennyiségek nem hűtötték le a növények mikroklimáját és nem alakult ki károsan magas páratartalom a tenyészidőszak során, ezzel az állományok növénykórtani helyzetének alakulása is kedvező volt, amiben nagy szerepe volt a megfelelő fajtaválasztásnak. Ezekből eredően a 2011-es évjárat terméshozamai alapvetően felülmúlták az előző évet.

A 9. táblázatban feltüntetett adatokból látható, hogy az öntözetlen kontroll képezte a legkisebb termésátlagot, ami 62,1 t/ha volt. A 100%-os kezelés ennek több mint 1,5-szerese (96,2 t/ha), a 75%-os kezelés 1,9-szerese (119,1 t/ha), míg legnagyobb mértékben, 2,1-szeres terméstöbblettel az 50%-os kezelés múlta felül a kontrollt, ami 131,1 t/ha-os piacképes átlagot eredményezett.

9. táblázat A különböző vízellátottságú kezelések fontosabb termésparamétereinek alakulása 2011-ben (n=4; \pm SD)

Kezelések	Piacképes termésmennyiség (t ha ⁻¹)	Nem piacképes termés (t ha ⁻¹)	Bogyó darabszám (millió db ha ⁻¹)	Bogyó átlagtömeg (g)	Brix°	Brix hozam (t ha ⁻¹)
100%	96,2 \pm 9,0 ^{ba}	1,9 \pm 1,2 ^a	2,1 \pm 0,3 ^a	41,0 \pm 6,6 ^{ba}	5,5 \pm 0,1 ^a	4,5 \pm 0,5 ^b
75%	119,1 \pm 13,3 ^b	1,3 \pm 0,3 ^a	2,3 \pm 0,5 ^a	48,1 \pm 6,8 ^b	5,5 \pm 0,2 ^a	5,4 \pm 0,5 ^c
50%	131,1 \pm 15,8 ^b	2,5 \pm 2,3 ^a	2,3 \pm 0,2 ^a	48,1 \pm 2,2 ^b	5,8 \pm 0,3 ^b	6,7 \pm 0,8 ^d
Kontroll	62,1 \pm 14,4 ^a	2,9 \pm 2,4 ^b	1,9 \pm 0,3 ^a	28,2 \pm 3,8 ^a	6,7 \pm 0,5 ^{ba}	3,4 \pm 0,7 ^a

Megjegyzés: Az öntözési kezelések és a termésparaméterek között a szignifikáns különbséget – az oszlopokban – az eltérő betűk $p<0,05$ szinten jelzik Duncan-teszt szerint.

A 2011-es év meteorológiai adataiból jól látszik, hogy július 18 - 28-ig folyamatosan esett az eső, ami két alkalommal is megközelítette a 20 mm-t. Tehát július második fele rendkívül csapadékos volt, ami azt jelenti, hogy az addig alkalmazott képlet az öntözési norma kiszámítására nem volt jól használható, túlöntözött volt az állomány a 100%-os kezelésnél. Ebben az

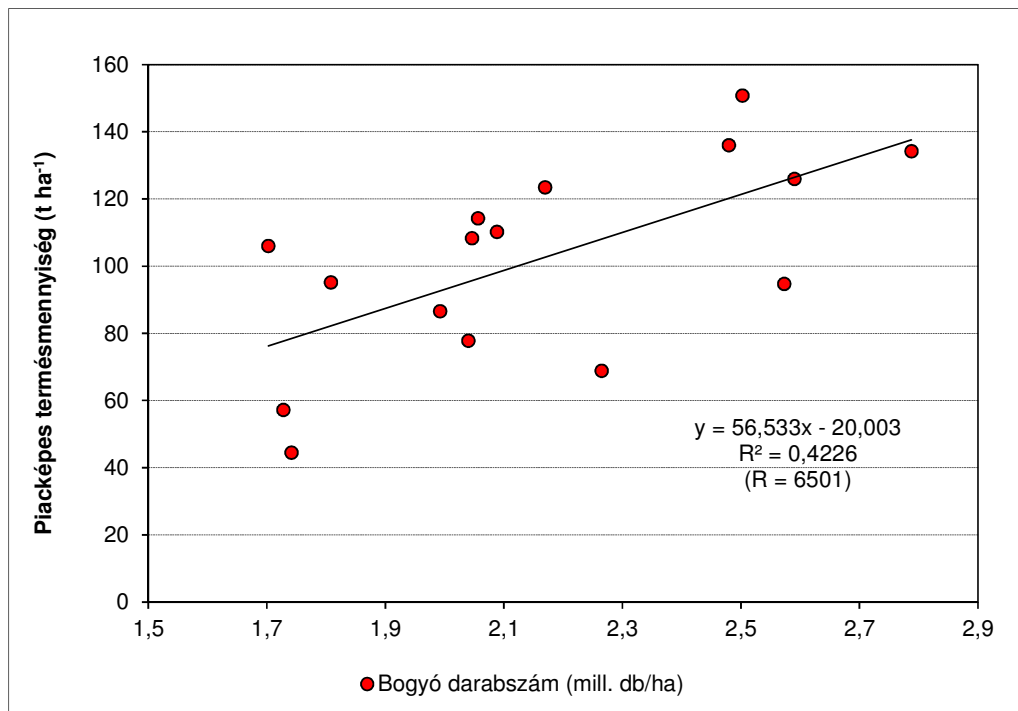
időintervallumban még tartott a bogyónövekedés, ami rendkívül kritikus fázis az ipari paradicsomnál, valószínűleg emiatt adódott a kisebb termésátlag.

A 75%- és a 100%-os öntözés esetében az alacsonyabb termésátlagok még arra vezethetők vissza, hogy egyrészt az öntözővíz gyökérszámára gyakorolt, nagyobb mértékű hűtőhatása, korlátozhatta a gyökértevékenységet, másrészt a nagyobb vízadagok hozzájárultak a tápanyagok kimosódásához, olyan rétegekbe, ahol a gyökerek számára már nem voltak elérhetőek.

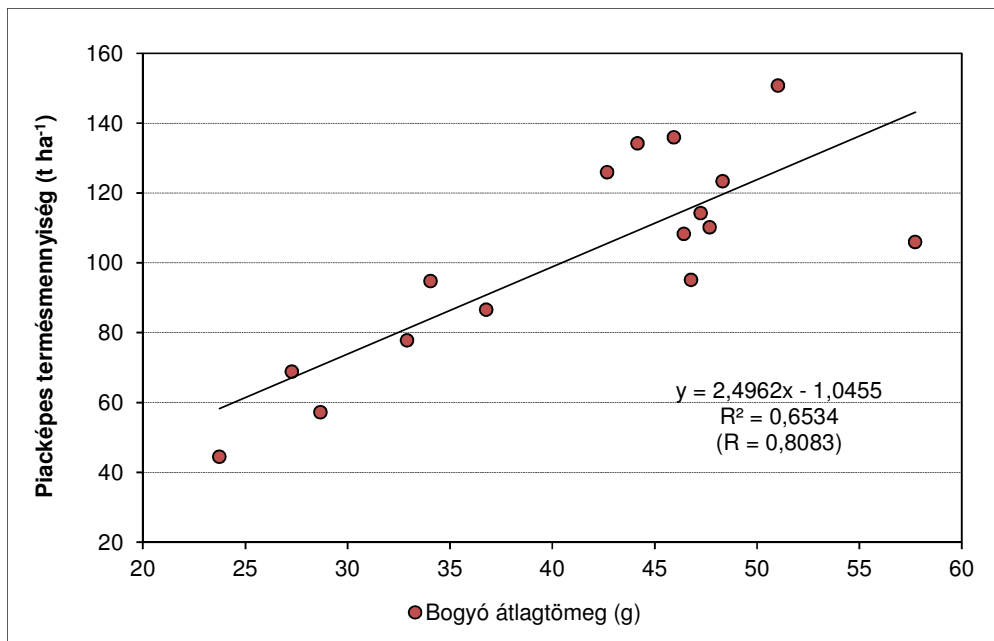
A bogyó darabszám tekintetében egymáshoz hasonló értékeket találunk az öntözött növényállományokban, ami 2,1; 2,3 és 2,3 millió darab/ha volt a 100%-os, 75%-os és 50%-os vízellátottságú kezelések sorrendjében (9. táblázat).

A bogyó átlagtömeg tekintetében, az öntözetlen kontrollhoz képest (28,2 g) a 100%-os kezelés 1,45-szörös (41 g), a 75%-os és 50%-os kezelések 1,7-szeres (48,1 g) többletet értek el (9. táblázat).

A 66-67. ábrán látható a bogyók darabszáma és átlagtömege a termésmennyiség viszonylatában. Lineáris regresszióval megállapítottuk, hogy a paradicsombogyó hektárra vetített darabszáma 42%-ban, az átlagtömege 65%-ban határozta meg a betakarított termésmennyiséget, tehát 2011-ben is a bogyó átlagtömege határozta meg jobban a termésmennyiséget a terméسالakító tényezők közül.

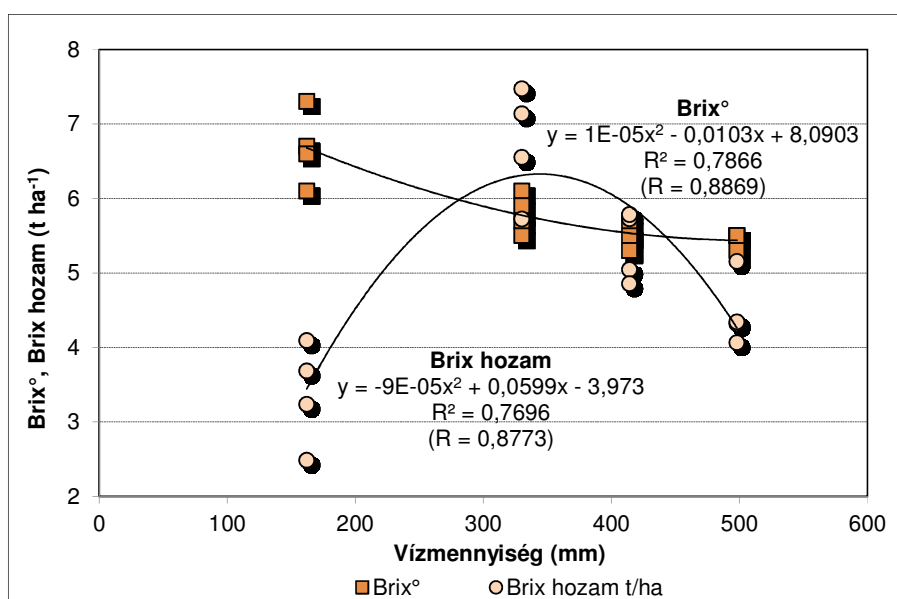


66. ábra A bogyó darabszám és a placképes termésmennyiség kapcsolata 2011-ben (Uno Rosso F₁, n=16)



67. ábra A bogyó átlagtömeg és a piacképes termésmennyiség kapcsolata 2011-ben (Uno Rosso F₁, n=16)

A 9. táblázatban vannak feltüntetve a vízellátott szárazanyag-tartalom átlagértékei. Brix^o tekintetében, az öntözetlen állomány adta a legmagasabb értéket, míg az öntözött kezelések közül az 50%-os állomány (szignifikánsan nagyobb a 100%-os kezelés értékétől, de nem szignifikáns a 75%-ostól). Mivel a termésmennyiségek arányában változik a Brix hozam, ezért ahogy az várható volt, az öntözött kezeléseknél jöttek ki magasabb hektárra vetített értékek, a legmagasabb az 50%-os kezelésnél. Polinomiális függvény illesztése után pozitív kapcsolat figyelhető meg a vízellátottság és a Brix-tartalom ($y = 1E-05x^2 - 0,0103x + 8,0903$; $r^2=0,7866$), valamint a vízellátottság és a Brix hozam között ($y = -9E-05x^2 + 0,0599x - 3,973$; $r^2=0,7696$) (68. ábra).

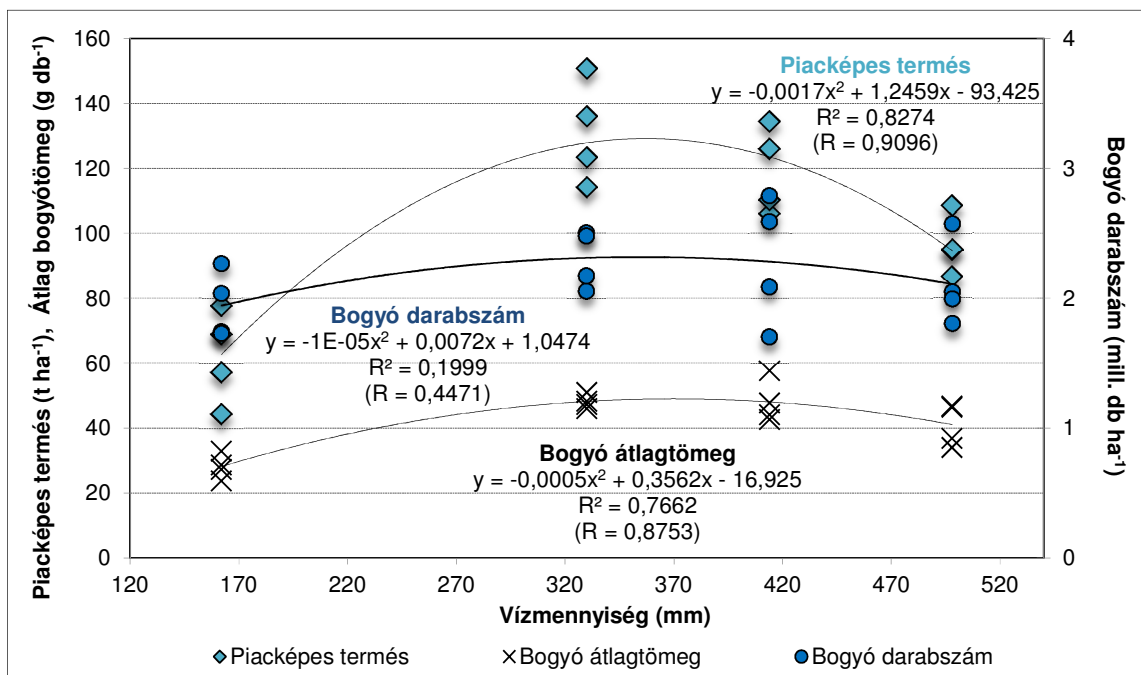


68. ábra A vízellátottság és a Brix^o, valamint a Brix hozam közötti összefüggés 2011-ben (Uno Rosso F₁, n=16)

4.4.3 A vízellátottság és a termésparaméterek kapcsolata 2011-ben

A 69. ábra mutatja a vízellátottság és a termésparaméterek közötti összefüggéseket. A 2011-es erősen aszályos évben a betakarított termésmennyiség erősen függött a vízellátottságtól, amit jól mutat a polinomiális egyenletről számított determinációs együttható magas értéke: $y = -0,0017x^2 + 1,2459x - 93,425$; $r^2 = 0,8274$. A vízellátottság a bogyó átlagtömeggel is szoros összefüggést mutatott: $y = -0,0005x^2 + 0,3562x - 16,925$; $r^2 = 0,7662$, viszont a természámmal már nem volt szignifikáns kapcsolat ($r^2 = 0,2$).

A determinációs együtthatók értékeiből kiindulva, a csapadék mennyisége a termesztési időszak alatt 83%-ban határozza meg a termésmennyiséget, 77%-ban az egyes termékek tömegét és mindössze 20%-ban a hektárra vetített darabszámot.



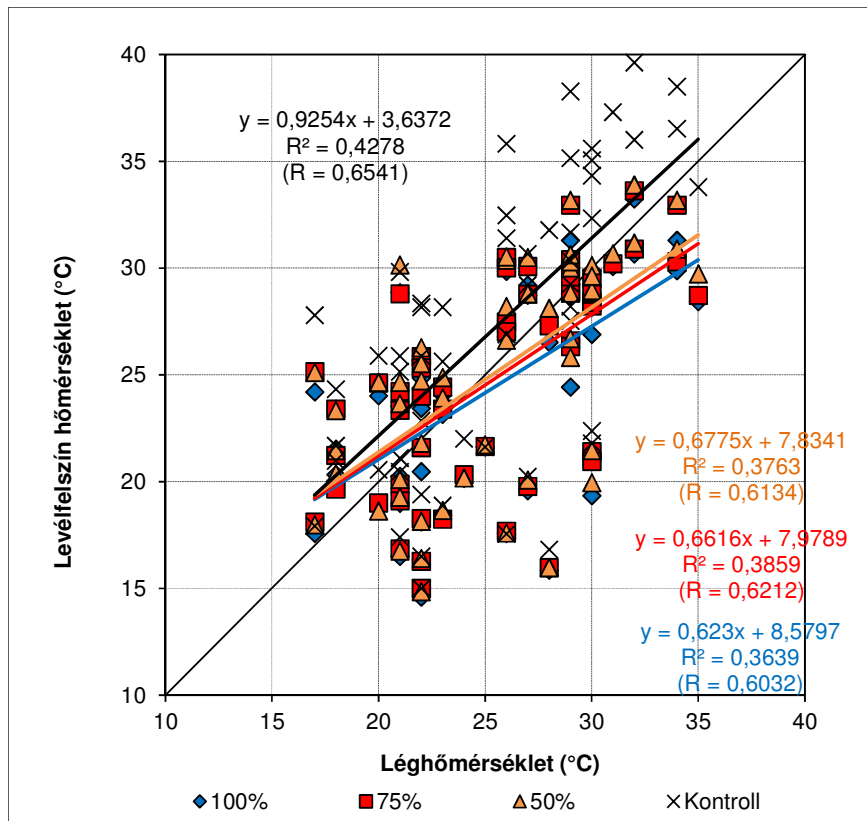
69. ábra A vízellátottság és az összes piacképes termés, darabszám és bogyó átlagtömeg közötti összefüggés 2011-ben (Uno Rosso F₁, n=16)

4.4.4 A levélfelszín hőmérséklet és léghőmérséklet kapcsolata 2011-ben

A 70. ábra mutatja a különböző vízellátottságú ipari paradicsom-állományok levélfelszín hőmérsékletének alakulását a léghőmérséklet viszonylatában. 2011-ben a léghőmérséklet átlaga a mérési időszak alatt 25,1°C volt. Az öntözetlen kezelés növényállományának lombhőmérséklete átlagosan 27,2°C volt, tehát a növények lombhőmérséklete átlagosan a léghőmérséklet felett volt 2,1°C-kal. Az öntözési kezelésekre 24,4°C, 24,8°C és 25,1°C volt a 100%-os, 75%-os és 50%-os kezelések sorrendjében. Az öntözött állomány növényei összességében nagyobb mértékben tudták hűteni magukat, ami a külső megjelenésben is meglátszott, hiszen a lombszínük már június közepétől elváltak, üdőbbek voltak, mint az öntözetlen növények. A levegő hőmérséklete 36-, 39-,

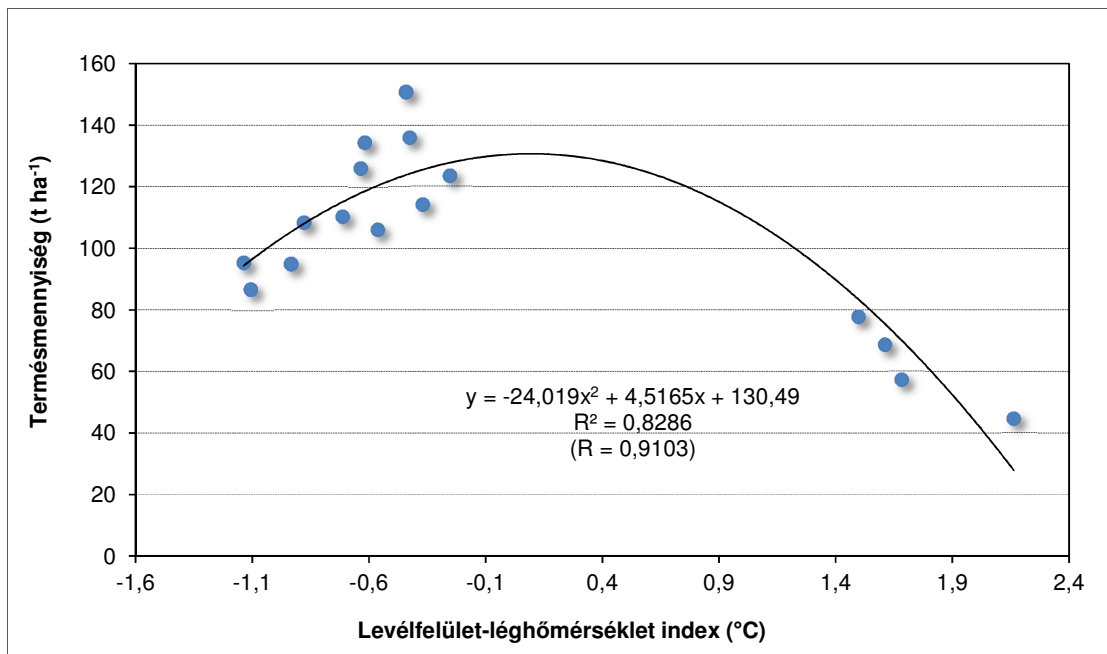
38- és 43%-ban határozta meg a lombfelszín sugárzási hőmérsékletét a 100%-, 75%- és 50%-osan öntözött valamint a kontroll állományok sorrendjében, az adott vízellátottsági szintek figyelembe vétele mellett (70. ábra).

Felezővonal illesztése után jól kivehető, hogy az öntözött kezelések növényei, a számukra optimális 22-25°C-os hőmérsékleti tartománynál kezdték el hűteni a lombjukat, és inentől végig a léghőmérséklet alatt tudták tartani.



70. ábra A különböző vízellátottságú ipari paradicsom-állományok levélfelszín hőmérsékletének alakulása a léghőmérséklet viszonylatában, 2011-ben (Uno Rosso F₁, n=54)

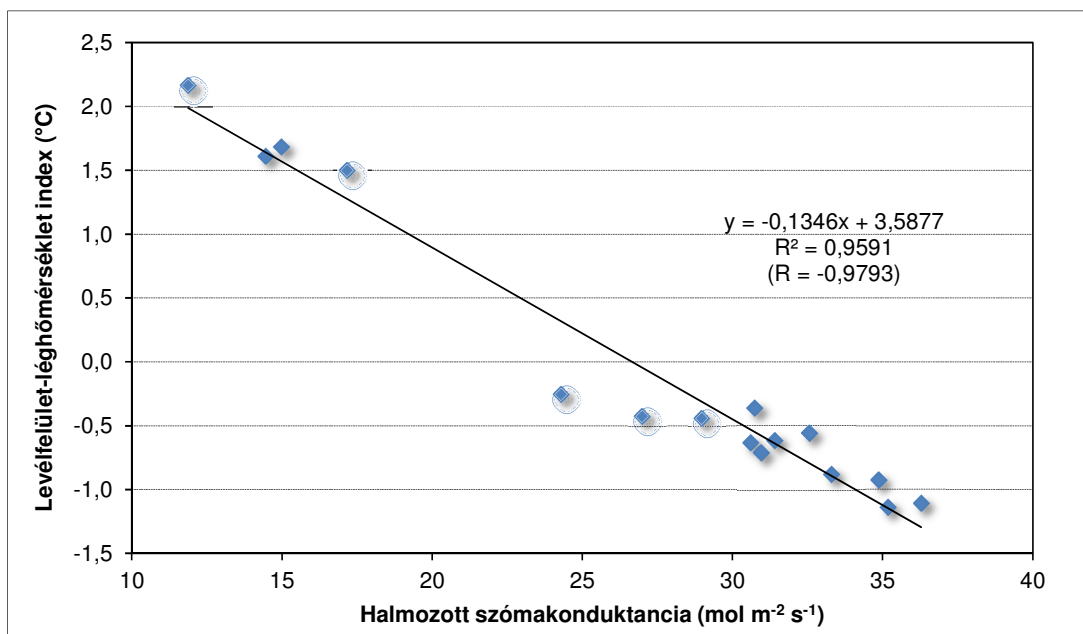
A 71. ábra mutatja be a különböző vízellátottságú ipari paradicsom-állományok termésmennyiségének alakulását a levegő-levélfelszín hőmérséklet különbség viszonylatában. A másodfokú polinomiális egyenlet szoros összefüggést adott ($r^2=0,83$). A trendvonal ívéből látszik, hogy a pozitív előjelű index adatpontokhoz kisebb termésmennyiségek párosulnak, amiből következtetni lehet a vízhiány kialakulására, ami terméseszkökenéshez vezetett. A mínusz előjelű adatokhoz nagyobb termésmennyiségek társulnak, tehát ezek a növények léghőmérséklet alá tudták hűteni a lombjukat, vagyis volt elég hozzáférhető víz a talajban a párologtatáshoz.



71. ábra A különböző vízellátottságú ipari paradicsom-állományok termésmennyiségének alakulása a levegő-levélfelület hőmérséklet különbség viszonylatában, 2011-ben (Uno Rosso F₁, n=16)

4.4.5 A 2011-es év levélfelület-lég hőmérséklet különbség és halmozott sztómakonduktancia összefüggés vizsgálata

Ebben az évben erőteljesen megmutatkozott az öntözés hatása, markánsan elváltak az öntözött és öntözetlen kezelések értékei. A lineáris regresszió szignifikánsan erős kapcsolatot mutatott a két változó között ($r=0,98$; $r^2=0,96$), tehát minél kisebb a levélfelület-lég hőmérséklet különbség, annál nagyobb a sztómakonduktancia (72. ábra).

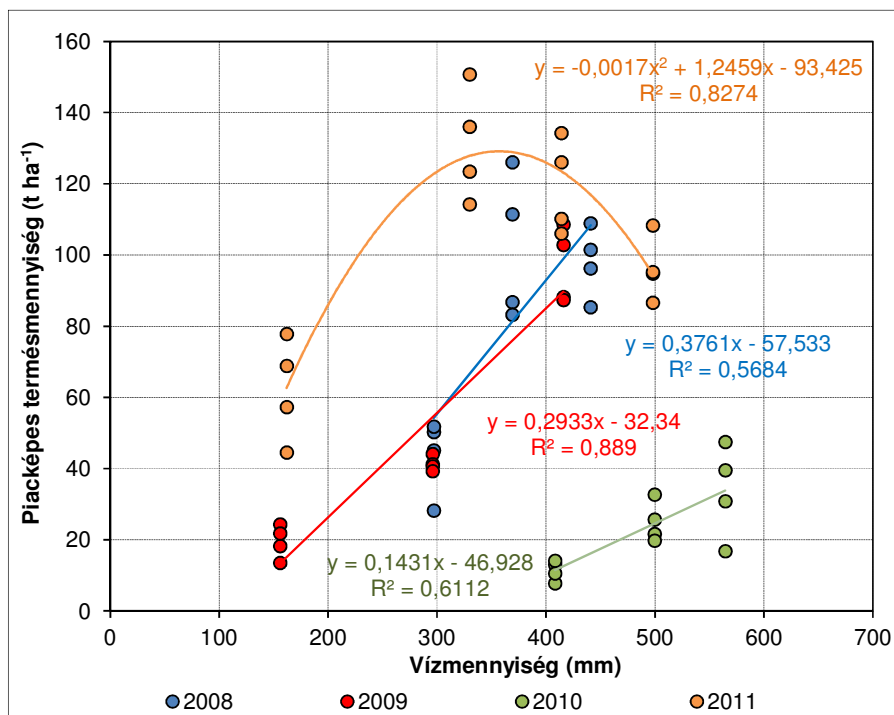


72. ábra A levélfelület-lég hőmérséklet különbség és a halmozott sztómakonduktancia közötti összefüggés 2011-ben (Uno Rosso F₁, n=16)

4.5 A négy kísérleti év összefoglalása

A vízellátottság és a piacképes termés közötti összefüggések:

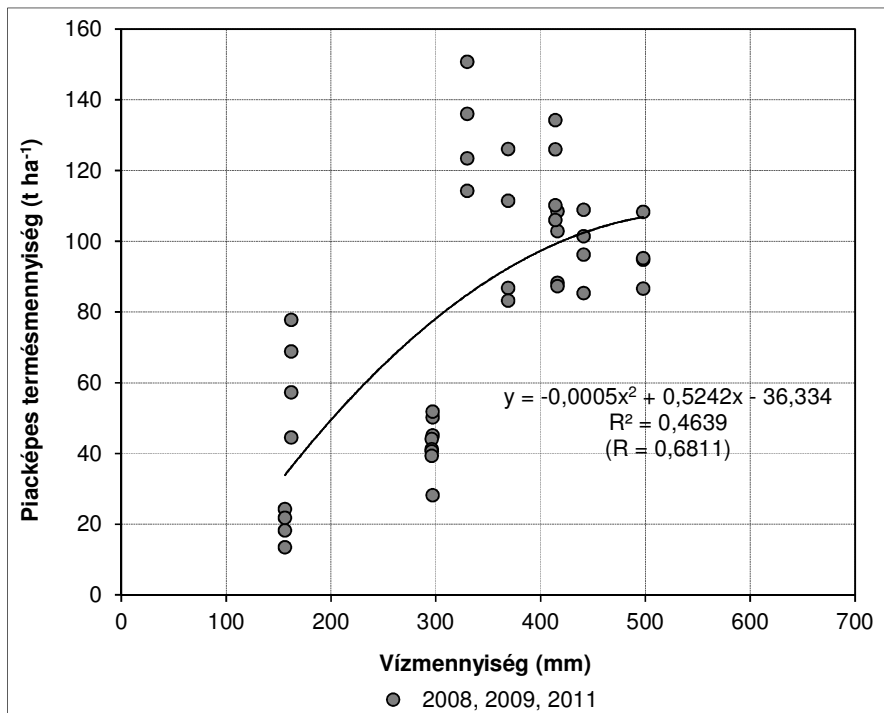
A 73. ábrán feltüntetett 4 év (2008-2011) adataiból számszerűsíteni lehet a növények vegetációs időszaka alatt lehullott csapadék és a kijuttatott vízmennyiség hatását, a betakarított termésmennyiség vonatkozásában. Jól látható, hogy az öntözésből és a természetes csapadékból származó 330-430 mm halmozott vízmennyiség produkálja a legtöbb termést, ennél több, illetve kevesebb víz már károsan hat a termesztésre. A legerősebb összefüggést a 2009-es száraz év adta ($r^2=0,89$), de a szintén aszályos 2011-ben ($r^2=0,83$) is erős szignifikáns összefüggés volt. A csapadékosabb 2008-as évben ($r^2=0,57$) a lineáris egyenlet közepesen erős szignifikáns kapcsolatot mutatott.



73. ábra A vízellátottság és a piacképes termés közötti összefüggések 2008-2011

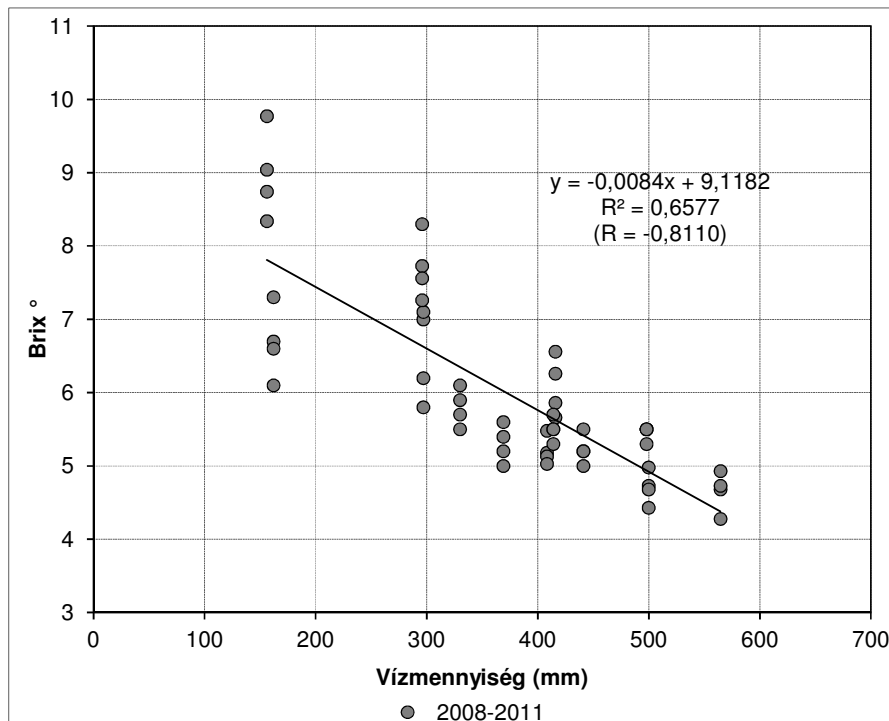
A 2010-es év kilóg a többi adatsor közül, a tenyésztési időszakban lehullott extrém mennyiségű csapadék miatt. Látható, hogy az öntözetlen kezelésnél is, nagyjából a többi kísérleti év öntözött kezeléseire hasonló vízáddal lehetett számolni, azonban ebben az évben a halmozott csapadékmennyiség mellett súlyozottan figyelembe kell venni az eloszlás egyenetlenségét, ami hozzájárult az alacsony hozamokhoz. Ebből kifolyólag a 2010-es öntözött kezeléseknél káros vízbőség alakult ki, és torzította az összefüggéseket, ezért az adatsorok összegzésénél a termésmennyiség és a vízellátottság vonatkozásában nem volt szignifikáns az összefüggés a 4 év átlagában.

Ellenben a 2010-es értékekkel csökkentett, összesített adathalmazra illesztett egyenlet közepesen erős ($r^2=0,46$), szignifikáns kapcsolatot mutat a vízellátottság és a betakarított piacképes termésmennyiség között 3 év átlagában (74. ábra).



74. ábra A vízellátottság és a piacképes termés közötti összefüggés 3 év átlagában (n=40)

A vízellátottság és a Brix° közötti összefüggések:

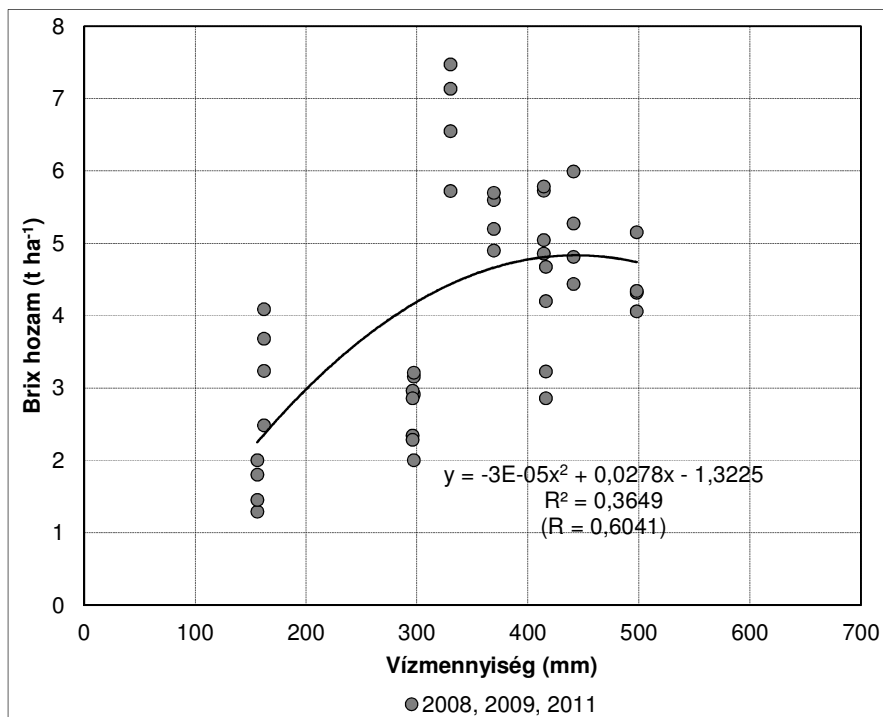


75. ábra A vízellátottság és a Brix° közötti összefüggés 4 év átlagában (n=52)

Az általános érvényű szabály, miszerint minél több vizet használ fel a növény a termésképzéshez, annál hígabb lesz az egyes paradicsombogyók beltartalma, a mi kísérleteinkből is bizonyítást nyert ($r^2=0,66$). A négy év vonatkozásában, a 2010-es év kivételével, mindenhol szoros összefüggést találtunk. Az összesített adatokra illesztett lineáris regresszió egyenletéből ($y = -0,0084x + 9,1182$) arra lehet következtetni, hogy 119 mm víztöbblet 1 Brix° csökkenést okozott a 4 vizsgált év átlagában (75. ábra).

A vízellátottság és a Brix hozam közötti összefüggések:

Az öntözés beltartalomra vonatkozó hatásáról pontos képet kaphatunk, ha kiszámoljuk a hektárra vetített oldható szárazanyag hozamot (Brix hozam). Az összefüggés a Brix hozam és a vízmennyiség között pozitív volt az egyes évek vonatkozásában, hiszen a Brix hozam a termésmennyiség függvényében nő, ami a kijuttatott vízmennyiséggel erősen korrelál (76. ábra). Az egyenletet itt is a 2010-es év drasztikusan alacsony termésmennyiségei torzították, emiatt ha csak a 2008, 2009 és a 2011-es évet vesszük bele az egyenletbe, akkor a determinációs együttható ($r^2=0,36$) alacsony szinten ugyan, de szignifikanciát mutat 95%-os valószínűségi szinten (76. ábra).

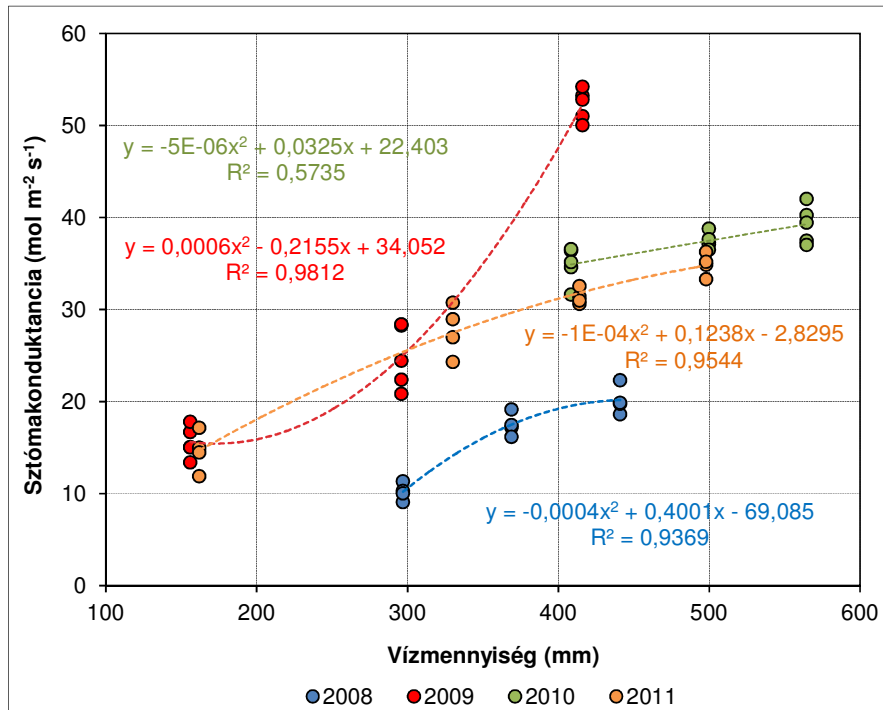


76. ábra A vízellátottság és a Brix hozam közötti összefüggések 3 év átlagában (n=52)

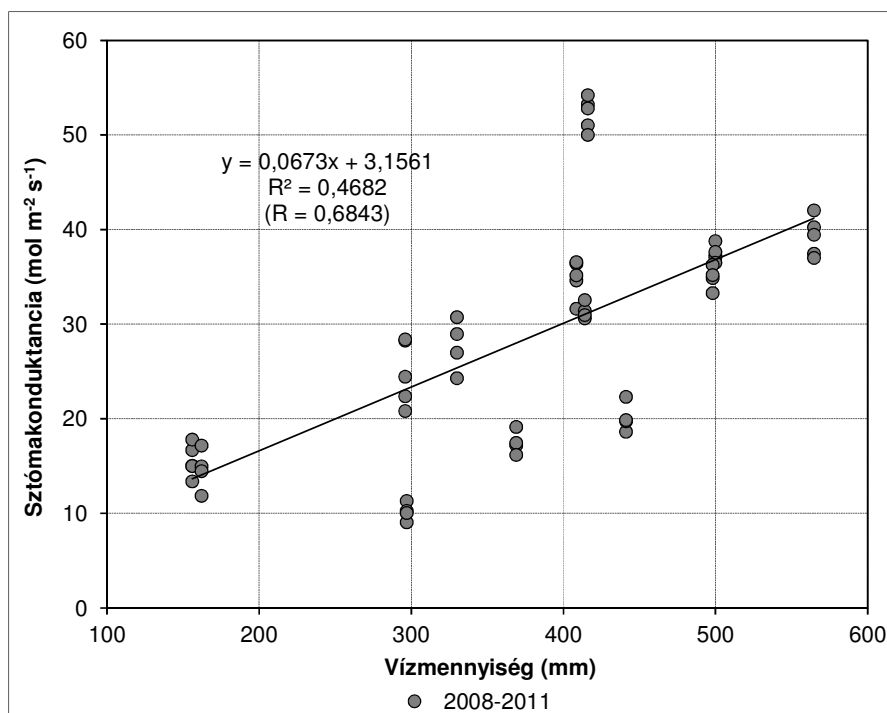
A vízellátottság és a sztómakonduktancia közötti összefüggések:

A 77. ábra mutatja a vízellátottság és a transzspiráció kapcsolatát, ami nagyon szoros volt 2008-ban ($r^2=0,94$), 2009-ben ($r^2=0,98$) és 2011-ben ($r^2=0,95$). 2010-ben nem különültek el a kezelések egymástól szignifikáns mértékben az extrém csapadékos időjárás miatt, ettől függetlenül

a négy év adatainak együttes értékelése során a lineáris regresszió szoros összefüggést mutatott ($r^2=0,47$), ami 95%-os valószínűségi szinten szignifikáns volt (78. ábra).



77. ábra A vízellátottság és a sztómakonduktancia közötti összefüggés 2008-2011

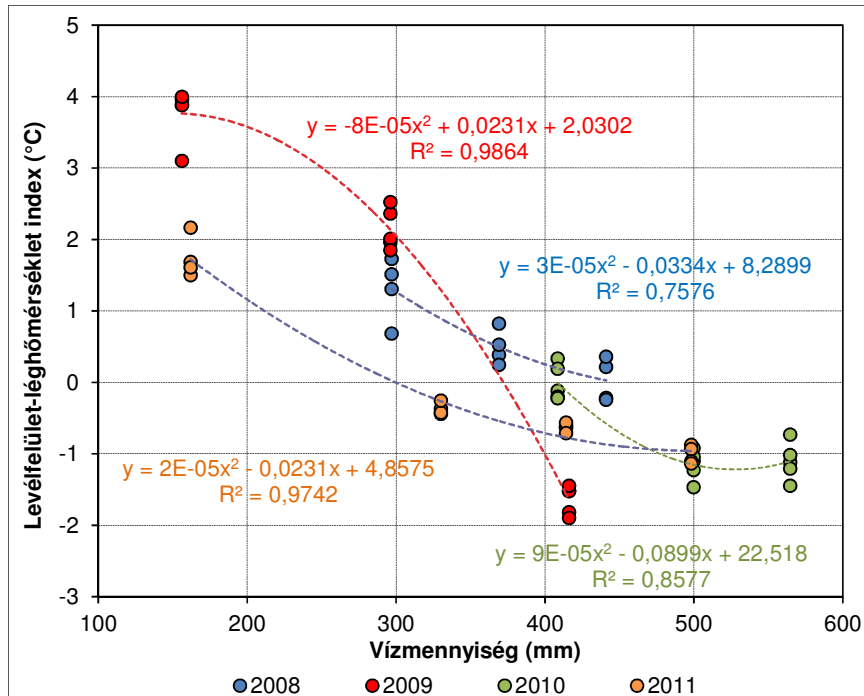


78. ábra A vízellátottság és a sztómakonduktancia közötti összefüggés 4 év átlagában (n=58)

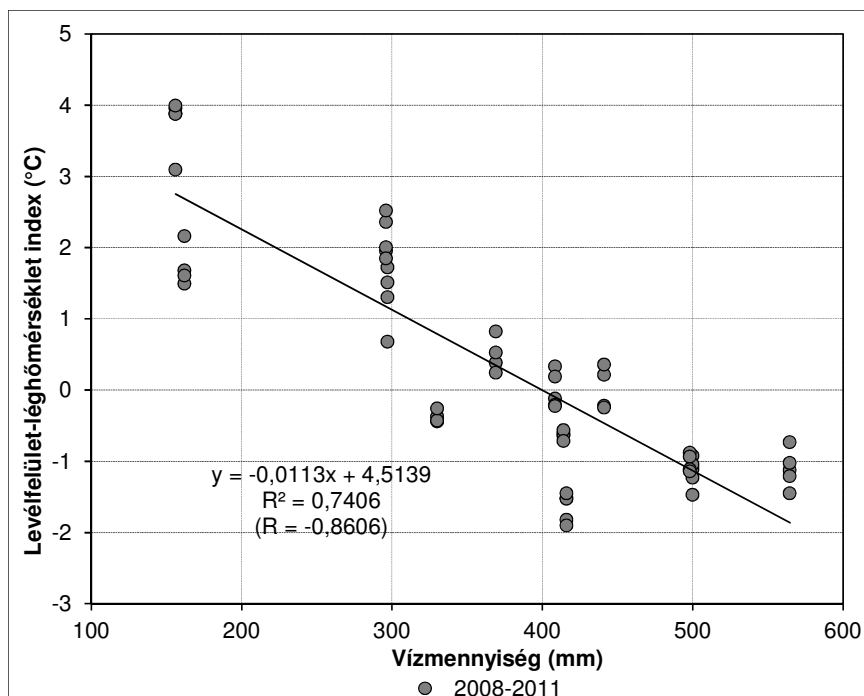
A lineáris regresszió megmutatta, hogy 14,9 mm halmozott víztöbblet $1 \text{ mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ -mal növeli a sztómák vezetőképességét, ezáltal a párologtatást.

A vízellátottság és a levélfelület hőmérséklet közötti összefüggések:

A 79. ábra mutatja be a vízellátottság és a levélfelület hőmérséklet kapcsolatát. Látható, hogy aszályos évben mutatkozik meg az öntözés valódi szükségessége, hiszen a rendkívül száraz 2009-es ($r^2=0,99$) és 2011-es évben ($r^2=0,97$) volt a legerősebb a polinomiális egyenletből számolt determinációs együttható értéke.



79. ábra A vízellátottság és a levélfelület-lég hőmérséklet különbség közötti összefüggések 2008-2011



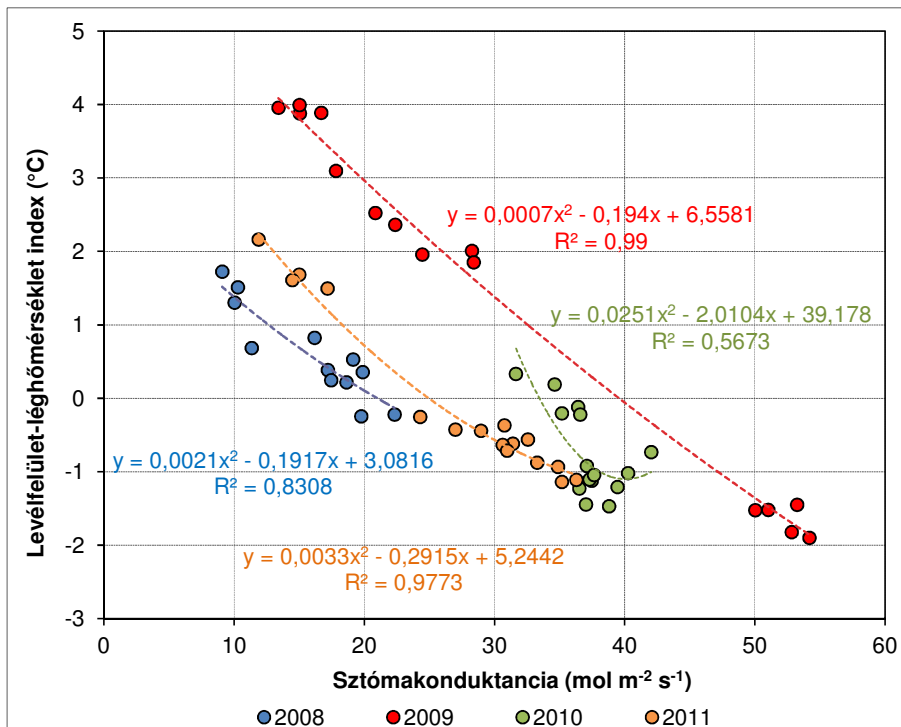
80. ábra A vízellátottság és a levélfelület-lég hőmérséklet különbség közötti összefüggés 4 év átlagában (n=58)

A 80. ábra mutatja az összesített adatokra illesztett egyenletet ($y = -0,0113x + 4,5139$), amiből leolvasható a szoros negatív kapcsolat a vízellátottság és a lombhőmérséklet között ($r^2=0,74$). A lineáris regresszió egyenlete szerint 88,5 mm halmozott víztöbblet 1 °C-kal csökkentette a különbséget a levélfelület és a léghőmérséklet között.

A sztómakonduktancia és a levélfelület-léghőmérséklet különbség közötti összefüggések:

A sztómakonduktancia és lombfelszínhőmérséklet mérésével előre jelezhető a növény vízhiányos állapota. E két változót vizsgálva egymás vonatkozásában megállapítható, hogy a sztómakonduktancia 99%-ban határozta meg a levélfelület-léghőmérséklet különbséget 2009-ben, 98%-ban 2011-ben, de még a csapadékosabb 2008-as évben is 83%-ban (81. ábra).

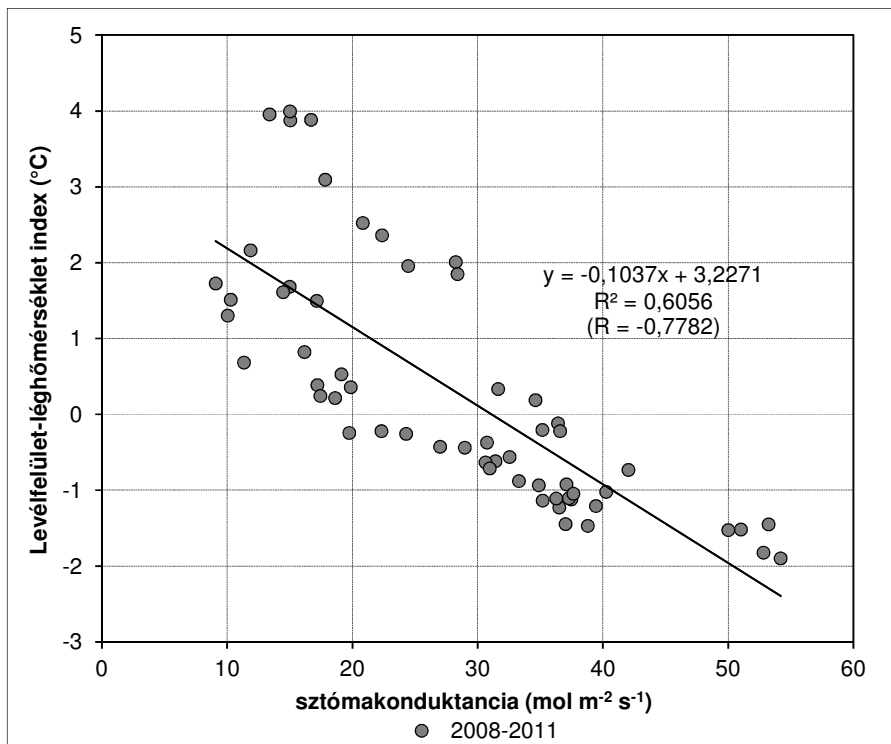
2010-ben ez a viszonyszám csak 57% volt, mivel ebben az évben a kijuttatott öntözővíz mellett, a lehulló csapadék közvetlen hűtő hatása is érvényesült, magas páratartalom mellett. A gyakori felhőzöttségéből adódóan pedig a PAR értékek is alacsonyok voltak.



81. ábra A sztómakonduktancia és a levélfelület-léghőmérséklet különbség közötti összefüggések 2008-2011

Az évjáratok együttes értékelése esetén nagyfokú linearitást mutatnak az adatok ($r^2=0,61$), amiből leolvasható, hogy a sztómakonduktancia 61%-ban határozta meg a levélfelület-léghőmérséklet különbséget (82. ábra).

A lineáris regresszió megmutatta, hogy 9,6 mol m⁻²s⁻¹ sztómakonduktancia növekedés 1 °C-kal csökkentette a különbséget a levélfelület és a léghőmérséklet között.



82. ábra A sztómakonduktancia és a levélfelület-lég hőmérséklet különbség közötti összefüggés 4 év átlagában (n=58)

A termésparaméterek közötti korreláció:

A 10. táblázat a termésparaméterek közötti kapcsolat szorosságát ábrázolja a Pearson féle korrelációs együtthatók (R) értékeivel.

10. táblázat A termésparaméterek közötti kapcsolat Pearson-féle korrelációs együtthatói (R), 4 év átlagában (n=52)

Összes év 2008-2011	Piacképes termés (t ha ⁻¹)	Darabszám (millió db ha ⁻¹)	Bogyó átlagtömeg (g)	Brix°	Brix hozam (t ha ⁻¹)
Piacképes termés (t ha ⁻¹)	-	0,8887⁺⁺⁺	0,826⁺⁺⁺	-0,2563	0,9492⁺⁺⁺
Darabszám (millió db ha ⁻¹)	-	-	0,6697⁺⁺⁺	-0,1414	0,8934⁺⁺⁺
Bogyó átlagtömeg (g)	-	-	-	-0,2871	0,779⁺⁺⁺
Brix°	-	-	-	-	-0,1082
Brix hozam (t ha ⁻¹)	-	-	-	-	-

A + jelek a szignifikancia szinteket jelölik, ahol: + p>0,05; ++ p>0,01; +++ p>0,001

A betakarított bogyók hektáronkénti darabszáma ($r=0,89$; $r^2=0,79$) nagyobb mértékben, határozta meg a piacképes termésmennyiséget, mint a bogyók átlagtömege ($r=0,83$; $r^2=0,68$) a vizsgált négy év átlagában. A különbség abból adódott, hogy 2008-2011-ig, az öntözött kezeléseknél 1,3 - 2,3 millió db ha^{-1} között változott a hektáronkénti darabszám, ami 177%-os különbséget jelentett, míg az átlagtömeg tekintetében a különbség a legkisebb (32,6 g) és a legnagyobb (53,6 g) bogyó átlagtömeg között 164%-os volt.

A legszorosabb pozitív összefüggés a piacképes termésátlag és a Brix hozam között volt ($r=0,95$; $r^2=0,9$). A Brix hozamot a bogyók darabszáma ($r=0,89$; $r^2=0,8$) és átlagtömege ($r=0,78$; $r^2=0,61$) is szignifikánsan meghatározta a négy év átlagában.

Az összes termésparaméter negatív hatást mutatott az ipari paradicsom vízdoldható szárazanyag-tartalmára (Brix°), azonban egyik sem szignifikáns mértékben.

4.6 Új tudományos eredmények

1. Négy év kísérleti eredményei alapján megállapítottam, hogy az ipari paradicsom termésmennyiségét és beltartalmi minőségét jelentősen befolyásolja az évjáráthatás (legfőképp a hőmérséklet és a csapadék).
2. Vizsgálataimmal igazoltam, hogy a vízellátottság szoros negatív ($R^2=0,66$; $n=52$) kapcsolatban van az ipari paradicsom termésének vízdoldható szárazanyag-tartalmával (Brix°). A lineáris regresszió megmutatta, hogy 119 mm víztöbblet 1 Brix° csökkenést jelentett.
3. Vizsgálati eredményeim egyértelműen bizonyították, hogy a vízellátottság szoros pozitív ($R^2=0,47$; $n=58$) kapcsolatban van az ipari paradicsom növényállomány halmozott sztómakonduktanciájával.
4. Eredményeim alapján megállapítható, hogy a vízellátottság, szoros negatív ($R^2=0,74$; $n=58$) összefüggésben van az ipari paradicsom növényállomány levélfelület-léghőmérséklet különbségével.
5. Az előző kettő összefüggés eredőjeként, szoros negatív ($R^2=0,61$; $n=58$) összefüggést találtam, az ipari paradicsom halmozott sztómakonduktanciája és a növényállomány levélfelület-léghőmérséklet különbsége között.
6. A termésparaméterek összehasonlítása során, szoros pozitív összefüggést mutattam ki a piacképes bogyók termésátlaga és a Brix hozam ($R=0,95$; $R^2=0,9$; $n=52$), a hektáronként betakarított bogyók száma ($R=0,89$; $R^2=0,79$; $n=52$), valamint a bogyók átlagtömege között ($R=0,83$; $R^2=0,68$; $n=52$).
7. A négy vizsgálati év alapján arra a következtetésre jutottam, hogy a „cut-off” módszer olyan öntözés-technológiai elem, ami hazai körülmények között nem használható eredményesen a termesztési gyakorlatban.

5 KÖVETKEZTETÉSEK ÉS JAVASLATOK

A 2008 és 2011 között elvégzett vízellátottsági kísérletek alapján a termésparaméterekre és Brix^o-ra vonatkozó eredmények több szempont szerint is elkülöníthetők.

Meteorológiai szempontból, a vizsgált négy évjárat jelentősen eltért egymástól. A 2008-as csapadékosabb évet a rendkívül aszályos 2009 követte, míg a 2010 egy extrém csapadékos, a természetes csapadék összmenyiségét tekintve, a szabadföldi ipari paradicsom vízigényét kielégítő, de mégis kedvezőtlen évjárat volt. Itt több stressztényező, az alacsony hőmérséklet, a növényvédelmi problémák (pl. *Phytophthora infestans*) és a túlzott vízbőség egyszerre érte a növényállományt. E stresszorok hatása egymással szinergista viszonyban van, míg 2011-ben az állományok kritikus fejlődési szakaszában a csapadék a szükséges vízmennyiség felét sem biztosította, amihez szinte folyamatosan igen magas hőmérséklet párosult.

Ezek az eltérő időjárási feltételek nagymértékben befolyásolták a termés mennyiségét és minőségét. A rendelkezésre álló vízmennyiség az aszályos években 83% felett határozta meg a termésátlagot, és 73% felett az oldható szárazanyag-tartalmat, hasonlóan más szerzők eredményeihez (Patané és Cosentino, 2010; Patané et al., 2011; Pék et al., 2014).

Vízoldható szárazanyag-tartalom (Brix^o) tekintetében, mind a négy kísérleti évben (2008–2011) az öntözetlen állományok adtak magasabb értékeket. Ez teljes mértékben megegyezik az elvárások, és a hazai, valamint nemzetközi tapasztalatok eredményeivel, ami szerint az öntözés időpontjától és az öntözővíz mennyiségétől függően a bogyók oldható szárazanyag-tartalma csökken, viszont az 1 ha-ra jutó szárazanyag hozam emelkedik (Cahn et al., 2001; Zegbe-Domínguez et al., 2003; Machado et al., 2005; Barbagallo et al., 2013; Pék et al., 2015).

A vizsgált négy évjáratból három (2008, 2009 és 2011) esetén a rendszeres öntözés feltétlenül szükséges volt a megfelelő terméshozam kialakulásához, míg a 2010-es évben a vízellátástól függetlenül alacsony lett a termésátlag, a hűvös időjárás és az egyenetlen csapadékeloszlás miatt. A csapadékos, hűvös időben az öntözés kifejezetten káros, melynek következtében a termés növekedése, érése lassul, a szárazanyag-tartalom és a szárazanyag hozam csökken, a növény diszpozíciós állapotba való kerülésének a lehetőségével és a betegségek fellépésével, a termés mennyisége is csökken.

Ez egyezik Helyes és Varga (1994) eredményeivel, akik több évtizedes tartamkísérlet összefüggése alapján megállapították, hogy az évek 75-80%-ában kell a paradicsom öntözésére számítani, megfelelő időzítés és öntözési norma mellett. Mivel az éghajlati előrejelzések a Kárpát-medence szárazodását vetítik előre (Jolánkai és Birkás, 2011; Soltész et al. 2011; Szalai, 2011; Li et al. 2016; Farkas és Hoyk, 2017), ezért nem képzelhető el sikeres ipari paradicsomtermesztés öntözés nélkül Magyarországon.

A 2008-2010-ig alkalmazott „cut off” öntözési rendszer az időjárás kiszámíthatatlansága miatt, régióinkban nem alkalmazható eredményesen, de a 2011-ben bevezetett szabályozott vízdeficit öntözéssel már megvalósítható egy tervezhető és hatékony vízutánpótlás, amivel maximalizálni lehet a termésmennyiséget, kedvező Brix° mellett. Ezt úgy lehet elérni, hogy az optimális öntözési vízádagoktól eltérve, enyhe vízhiány stresszt indukálva, a sztóma-tevékenységet megfelelő szinten lehet tartani, így elkerülhető a transzspirációból eredő túlzott vízvesztés, ezáltal megfelelő lesz a fotoszintézis határfoka, vagyis a cukrok előállítása és bogyóba épülése.

A vízellátottság és a transzspiráció kapcsolatát sztómakonduktancia mérésével jól ki lehet fejezni, ami a négy vizsgált év értékelése során szoros összefüggést mutatott ($r^2=0,47$), ami 95%-os valószínűségi szinten szignifikáns volt. Ezzel kapcsolatban több szerző hasonló megállapításra jutott (Casson és Hetherington, 2010; Torres-Ruiz et al., 2013; Osakabe et al., 2014; Clauw et al., 2015; Nemeskéri et al., 2015).

A vízellátottság és a növényállomány levélfelszín hőmérséklet vonatkozásában, az összesített adatokra illesztett egyenlet szoros negatív kapcsolatot mutatott a négy év átlagában ($r^2=0,74$), amivel más szerzők eredményei is hasonlóságot mutatnak (Helyes, 1991; 1999b; Wang et al., 2010; Helyes et al., 2015)

Az előző kettő összefüggés eredőjeként, szoros negatív ($r^2=0,61$) összefüggést találtam, az ipari paradicsom halmozott sztómakonduktanciája és a növényállomány levélfelület-léghőmérséklet különbsége között a 2008-2011-ig tartó időszakban, ami az aszályos években még szignifikánsabb kapcsolatot mutatott ($r^2=0,98$; $r^2=0,99$).

Mivel a sztómakonduktancia és levélfelület hőmérséklet ismeretében előre jelezhető az öntözés szükségessége, ezek az összefüggések az ipari paradicsom öntözéstervezésének gyakorlatában is jól hasznosíthatóak, melyeket számos nemzetközi publikáció is alátámaszt (Fererer és Soriano, 2007; Prichard et al., 2009; Papenfuss és Black, 2010; Navarro et al., 2015; Grilo et al., 2017).

Összegzésként megállapítható, hogy az évjárathatás jelentősen befolyásolja az ipari paradicsom mennyiségi és minőségi paramétereit; ahol a vízellátási fokozatok további optimalizálásával az évjárathatás jelentősen mérsékelhető, és természetlag növekedés mellett javítható a szárazanyag-tartalom.

6 ÖSSZEFOGLALÁS

Az elmúlt 25 évben csaknem megduplázódott a világ paradicsomtermelése és az ipari paradicsom feldolgozása is. A globális, és egyben a hazai ipari paradicsomtermelésben és a belőle készült termékek előállításában is, a technológiai fejlesztéseken és a fajtahasználton keresztül jelentős mértékű hozam- és beltartalom-növekedés valósult meg.

A versenyképes és fenntartható ipari paradicsomtermesztéshez fontos figyelembe venni a helyspecifikus környezeti paramétereket és a környezettudatosságot a termesztés tervezésénél, ezért a vízfelhasználás hatékonyságának növelése, a növény- és talaj vízháztartás-szabályozása kiemelt jelentőségű kulcsfeladat. A víztakarékos öntözési technológiával előtérbe kerül a beltartalmi paraméterek (Brix^o, likopin, cukor-sav arány, stb.) felhasználási cél (sűrítmény, ivólé, hámozott, stb.) szerinti optimalizálása.

A fenntartható, biztonságos élelmiszertermelés érdekében fontos teendő az öntözési kapacitás növelése és ésszerűbb kihasználása, amely feltételezi az öntözés tervezését, különös tekintettel az öntözés időpontjának és vízadagjának precíz meghatározására. Az öntözéses gazdálkodás hozzájárul a klímaváltozás, illetve az időjárási anomáliákból fakadó termelési bizonytalanság csökkentéséhez vagy megelőzéséhez.

Kutatómunkám során 2008 és 2011 között, az eltérő vízellátottság hatását értékeltem az ipari paradicsom sztómakonduktanciájára és levélfelszín hőmérsékletére, továbbá vizsgáltam a környezeti tényezők, az évjárat és a vízellátottság együttes hatásmechanizmusát a paradicsombogyó fontosabb termésparamétereire (termésmennyiség, hektáronkénti bogyószám, bogyó átlagtömeg és Brix^o) vonatkozóan. A kísérleteimet Gödöllőn, a Szent István Egyetem Kertészeti Intézetének tanüzemében végeztem.

A 2008-as csapadékosabb évet a rendkívül aszályos 2009 követte, majd a 2010 egy extrém csapadékos kedvezőtlen évjárat volt. 2011-ben a növényállományok kritikus fejlődési szakaszában a csapadék a szükséges vízmennyiség felét sem biztosította, amihez szinte folyamatosan igen magas hőmérséklet párosult.

Az öntözésből és a természetes csapadékból származó vízmennyiség évjáratától függően eltérő módon hatott a termésmennyiségre, és a feldolgozóipar számára fontos beltartalmi paraméterre, a vízdoldható szárazanyag-tartalomra (Brix^o). A Brix^o, kezeléstől és évjáratától függően 4,7 és 9,0 között változott. A jobb vízellátás magasabb hozamot eredményezett, de csökkentette a bogyók vízdoldható szárazanyag-tartalmát. A hektárra vetített szárazanyag hozamot viszont szignifikánsan növelte.

A rendelkezésre álló vízmennyiség az aszályos években 83% felett határozta meg a termésátlagot, és 73% felett a Brix^o-ot. A 2010-es extrém csapadékos év ugyan torzította az

összefüggéseket, de a négy vizsgált év átlagában még így is szignifikáns volt a kapcsolat a két változó esetében.

Fiziológiai szempontból a sztómakonduktancia napi változása az, amivel a növények a vízvesztés és a CO₂ felvétel folyamatait összehangolják a környezeti feltételekkel, s egyben meghatározzák a növény produkcióját. A levél hőleadását a növény főleg a szabályozott sztómamozgás révén, az elpárologtatott víz hűtésével, másrészt a levél hőmérsékletével arányos hősugárzás kibocsátásával biztosítja.

A sztómakonduktancia és a vízellátottság kapcsolata a négy vizsgált év során szoros összefüggést mutatott ($r^2=0,47$), ami 95%-os valószínűségi szinten szignifikáns volt.

A levélfelszín hőmérséklet és a vízellátottság között is szignifikáns negatív kapcsolatot volt a négy év átlagában ($r^2=0,74$).

Az előző kettő összefüggés eredőjeként, szoros negatív ($r^2=0,61$) összefüggést találtam, az ipari paradicsom halmozott sztómakonduktanciája és a növényállomány levélfelület-léghőmérséklet különbsége között a 2008-2011-ig tartó időszakban, ami az aszályos években (2009, 2011) még szignifikánsabb kapcsolatot mutatott ($r^2=0,99$; $r^2=0,98$).

Mivel a sztómakonduktancia és levélfelület hőmérséklet ismeretében előre jelezhető az öntözés szükségessége, ezek az összefüggések az ipari paradicsom öntözéstervezésének gyakorlatában is jól hasznosíthatóak.

7 SUMMARY

The importance of tomato cultivation and processing has been growing rapidly in the last 25 years across the World and also in Hungary owing to comprehensive technology developments and the wide use of modern species and hybrids.

It's important to consider local environmental factors and environmental awareness during the planning of competitive and sustainable processing tomato production, hence plant and soil water management, and increasing efficiency of water usage are the main goals. With water-saving irrigation technology and optimum water supply, yield parameters and quality (Brix°, lycopene, sugar-acid ratio, etc.) can be improved. It is also important to increase the irrigation capacity countrywide, which requires precise irrigation planning, in particular the application time and water dose.

Irrigation management contributes to reducing or preventing production uncertainty caused by climate change or weather disruption.

During my research, stomatal conductance and leaf surface temperature were determined under different water regimes between 2008 and 2011. I also measured the combined effect mechanism of the environmental factors and water supply, determined by yield, number of fruits per hectare, average fruit weight and Brix°. The experiments were carried out in Gödöllő, at Szent István University's Horticultural Institute.

The year 2008 was rainy, which was followed by a very arid 2009. 2010 was unfavorably rainy with extreme wet periods during the growing season. In 2011, low precipitation was accompanied by very high temperatures during the critical stage of plant growth.

The water volume from irrigation and natural precipitation influenced differently on the yield and on the water soluble solid content (Brix °), depending on the year type. Brix ° varied between 4,7 and 9,0. Better water supply resulted in higher yields but reduced the water-soluble dry matter content of the fruits. However, yield per hectare of dry matter was significantly increased.

The amount of water availability in the drought years was defined above 83% of the yield, above 73% of the Brix°. The extreme wet year of 2010 distorted the correlations, but the correlation between the four years' average was still significant for the two variables.

From a plant physiological point of view, the daily change in stomatal conductance is the key process by which the plants harmonize transpiration and CO₂ intake with environmental conditions and determine plant production. On the other hand, leaf surface temperature is also very important for defining plant water status.

The relationship between stomatal conductance and water supply showed a significant correlation in the four examined years ($r^2=0,47$).

There was also a significant negative correlation between leaf surface temperature and water supply in the average of four years ($r^2=0,74$).

As a result of the previous two relationships, I found a close negative ($r^2=0,61$) correlation between cumulative stomatal conductance and leaf surface-air temperature differences in the period of 2008-2011, which showed a more significant relationship in the drought years (2009, 2011) ($r^2=0,99$; $r^2=0,98$).

Since the need for irrigation can be predicted in terms of stomatal conductance and leaf surface temperature, these correlations can be utilized in the practice of processing tomato irrigation.

M1 - IRODALOMJEGYZÉK

1. ADU M.O., YAWSON D.O., ARMAH F.A., ASARE P.A., FRIMPONG K.A. (2018): Meta-analysis of crop yields of full, deficit, and partial root-zone drying irrigation. *Agricultural Water Management*, 197: 79–90.
2. AKI (2016): Agrárgazdasági Kutató Intézet - Öntözésjelentés. Statisztikai Jelentések, 19 (1): 10-16.
3. ALJIBURY F.K., MAY D. (1970): Irrigation schedules and production of processed tomatoes in the San Joaquin Westside. *California Agriculture*, 24 (8): 10-11.
4. AMITOM (2017): http://www.tomatonews.com/en/wptc-crop-update-as-of-12-october-2017-revised_2_178.html
5. AMOR M.A., AMOR F.M. (2007): Response of tomato plants to deficit irrigation under surface or subsurface drip irrigation. *Journal of Applied Horticulture*, 9 (2): 97-100.
6. ANZA M., RIGA P., GARBISU C. (2006): Effects of variety and growth season on the organoleptic and nutritional quality of hydroponically grown tomato. *Journal of Food Quality*, 29: 16-37.
7. APÁTI F. (2014): Az öntözés gazdasági megítélése a gyümölcsstermesztésben. *Agrofórum Extra*, 53: 9-12.
8. ARIAS, R., LEE T.C., LOGENDRA L., JANES H. (2000): Correlation of lycopene measured by HPLC with the L*, a* b* color readings of a hydroponic tomato and the relationship of maturity with color and lycopene content. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 48: 1697-1702.
9. ATHERTON J.G., RUDICH J. (1986): The tomato crop - A scientific basis for improvement. Chapman and Hall Ltd, London, 661.
10. BALÁZS S. (1985): Paradicsomtermesztés, Mezőgazdasági Kiadó, Budapest, 312.
11. BARBAGALLO R.N., SILVESTRO I.D., PATANÉ C. (2013): Yield, physicochemical traits, antioxidant pattern, polyphenol oxidase activity and total visual quality of field-grown processing tomato cv. Brigade as affected by water stress in Mediterranean climate. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 93:1449-1457.
12. BÁRDOS L., KISS ZS., GREGROSITS B., RÉTHY K., KERTI A., SZABÓ CS. (2005): Studies on the effects of lycopene in poultry (hen and quail). ISAH. Warsaw. Proceedings, 2. 65-68.
13. BÁRDOS L., KISS ZS., RÉTHY K., LUGASI A., KERTI A., SZABÓ CS. (2006): Likopintartalom kialakítása a tojássárgájában. *Metabolizmus*, 4: 308.
14. BARRETT D.M., ANTON G. (2001): Lycopene content of California-grown tomato varieties. *Acta Horticulturae*, 542: 165-174.
15. BATTILANI A., SOLIMANDO D., PLAUBORG F.L., ANDERSEN M.N., JENSEN C.R., SANDEI L. (2009): Water saving irrigation strategies for processing tomato. *Acta Horticulturae*, 832: 69-76.
16. BATTILANI A. (2012): Sustainable Knowledge-based Irrigation Management: The IRRINET package.
17. BENEDEK L. (1937): A tyúktojás sárgájának festése paprikaetetés útján. Különlenyomat a Kísérletügyi Közlemények XL. (1937.) kötete 1-6 füzetéből. M. Kir. Mezőgazdasági Vegykísérleti és Paprikakísérleti Állomás, Szeged.
18. BERLINER P., OOSTERHUIS D.M., GREEN G. (1984): Evaluation of the infrared thermometer as a crop stress detector. *Agricultural and Forest Meteorology*, 31: 219–230.
19. BERTRAM J.S., VINE A.L. (2005): Cancer prevention by retinoids and carotenoids: independent action on a common target. *Biochimica et Biophysica Acta*, 1740 (2): 170-8.
20. BGR/UNESCO (2008): Groundwater Resources of the World, 1:25,000,000. Hanover, Germany: BGR, and Paris: UNESCO.
21. BIRKÁS M. (2010): Talajművelők zsebkönyve. Mezőgazda Kiadó, Budapest, 282.

22. BIRKÁS M., SZEMŐK A., MILAN M. (2010): A klímaváltozás talajművelési, talajállapot tanulságai. „KLÍMA-21” Füzetek, 61: 144-152.
23. BIRKÁS M., KENDE Z., PÓSA B. (2015): A környezetkímélő talajművelés szerepe a klímakár-enyhítésben. In Madarász B. (szerk.): Környezetkímélő talajművelési rendszerek Magyarországon. MTA CSFK FTI, Budapest, 32-40.
24. BÖHM V., BITSCH R. (1999): Intestinal absorption of lycopene from different matrices and interactions to other carotenoids, the lipid status, and the antioxidant capacity of human plasma. *European Journal of Nutrition*, 38: 118-125.
25. BŐCS A., HELYES L., DIMÉNY J., PAKSI A., PÉK Z. (2008): Effect of ecological conditions on fruits colour and ingredients during the ripening process. *Cereal Research Communications* 36: 519-522.
26. BŐCS A., PÉK Z., HELYES L. (2010a): A vízellátottság hatása az ipari paradicsom sztómakonduktanciájára, levélfelület-hőmérsékletére és termésmennyiségére. *Kertgazdaság*, 42: 3-9.
27. BŐCS A., HELYES L., PÉK Z. (2010b): Spectrophotometrically measured colour and lycopene content of normal and high lycopene tomato varieties. *Pigments in Food*, 6: 136-139.
28. BŐCS A., PÉK Z. (2011): Az öntözés hatása az ipari paradicsom termésmennyiségére és minőségére. *Kertgazdaság*, 43: 3-9.
29. BŐCS A., PÉK Z., HELYES L. (2011): Simultaneous impact of the different water supply and year type on processing tomato yield. *International Journal of Horticultural Science*, 17: 79-81.
30. BRANDT S., PÉK Z., BARNA É., LUGASI A., HELYES L. (2006): Lycopene content and colour of ripening tomatoes as affected by environmental conditions. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 86: 568-572.
31. BUSSAY A., SZINELL CS., SZENTIMREY T. (1999): Az aszály magyarországi előfordulásainak vizsgálata és mérhetősége. Éghajlati és agrometeorológiai tanulmányok 7., Országos Meteorológiai Szolgálat, Budapest, 91.
32. CAHN M.D., SNYDER R.L., HANSON B.R. (1999): Estimating evapotranspiration in processing tomatoes. *Acta Horticulturae*, 487: 493-497.
33. CAHN M.D., HERRERO E.V., SNYDER R.L., HANSON B.R. (2001): Water management strategies for improving fruit quality of drip irrigated processing tomatoes. *Acta Horticulturae*, 542: 111-117.
34. CAMEJO D., JIMÉNEZ A., DELL'AMICO J.M., TORRECILLAS A., ALARCÓN J.J. (2005): High temperature effects on photosynthetic activity of tomato cultivars with different heat susceptibility. *Journal of Plant Physiology*, 162: 281-289.
35. CANDIDO V., MICCOLIS V., PERNIOLA M. (2000): Effects of irrigation regime on yield and quality of processing tomato (*Lycopersicon esculentum* MILL.) cultivars. *Acta Horticulturae*, 537: 779-788.
36. CARA B., GIOVANNONI J.J., (2008): Molecular biology of ethylene during tomato fruit development and maturation. *Plant Science*, 175: 106-113.
37. CASSON S.A., HETHERINGTON A.M. (2010): Environmental regulation of stomatal development. *Current Opinion in Plant Biology*, 13: 90-95.
38. CÁMARA M., MATA LLANA M.C., SÁNCHEZ-MATA M.C., LILLO AYUÉ R., LABRA E. (2003): Lycopene and hydroxymethylfurfural (HMF) evaluation in tomato products. *Acta Horticulturae*, 613: 365-371.
39. CHALMERS D.J., MITCHELL P.D., VAN HEEK L. (1981): Control of peach tree growth and productivity by regulated water supply, tree density, and summer pruning. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 106: 307-312.
40. CHAVES M.M., MAROCO J.P., PEREIRA J.S. (2003): Understanding plant responses to drought – from genes to the whole plant. *Functional Plant Biology*, 30: 239-264.

41. CHOUDHURY B. (1986): An analysis of observed linear correlations between net photosynthesis and canopy-temperature-based plant water stress index. *Agricultural and Forest Meteorology*, 36: 323-333.
42. CLAUW P., COPPENS F., DE BEUF K., DHONDT S., VAN DAELE T., MALEUX K., INZE D. (2015): Leaf responses to mild drought stress in natural variants of *Arabidopsis thaliana*. *Plant Physiology*, 114.
43. CLAWSON K.L., BLAD B.L. (1982): Infrared Thermometry for Scheduling Irrigation of Corn. *Agronomy Journal*, 74: 311-316.
44. CLINTON S.K. (1998): Lycopene: Chemistry, biology and implications for human health and disease. *Nutrition Reviews*, 56: 35-51.
45. CSELŐTEI L. (1991): Az öntözés alapjai a zöldségtermesztésben, GATE Mezőgazdaság Tudományi Kar, Kertészeti Tanszék, Gödöllő, 110.
46. CSELŐTEI L. (1993): A zöldségnövények öntözése. In: Cselőtei L., Nyujtó S., Csáky A.: Kertészet. Mezőgazda Kiadó, Budapest, 615.
47. CSELŐTEI L. (1997): A zöldségnövények öntözése. Mezőgazda Kiadó, Budapest, 172.
48. CSELŐTEI L., HELYES L. (1988): The possibility of determining irrigation requirements by means of plant temperature. *Acta Horticulturae*, 220: 353-358.
49. DAOOD H.G., 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.
50. DARAB K., FERENCZ K. (1969): Öntözött területek talajtérképezése. OMMI, Budapest, 215.
51. DAVIES J.N., HOBSON G.E. (1981): The constituents of tomato fruit- the influence of environment, nutrition and genotype. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 15: 205-280.
52. DAVIES W.J., KUDOYAROVA G., HARTUNG W. (2005): Long-distance ABA signaling and its relation to other signaling pathways in the detection of soil drying and the mediation of the plant's response to drought. *Journal of Plant Growth Regulation*, 24: 285-295.
53. DE KONING A.N.M. (1992): Modelling development and dry matter distribution of tomato. Annual Report of Glasshouse Crops Research Station, Naaldwijk, The Netherlands, 34.
54. DECSI É.K. (2005): Különböző abiotikus stresszhatások vizsgálata kukorica állományban. Ph.D. doktori értekezés, Keszthely, 127.
55. DEL GIUDICE R., RAIOLA A., TENORE G.C., FRUSCIANTE L., BARONE A., MONTI D.M., RIGANO M.M. (2015): Antioxidant bioactive compounds in tomato fruits at different ripening stages and their effects on normal and cancer cells. *Journal of Functional Foods*, 18: 83-94.
56. DIAS J.S. (2012): Nutritional quality and health benefits of vegetables: A Review. *Food and Nutrition Sciences*, 3: 1354-1374.
57. DOORENBONS J., PRUITT W.O. (1977): Guidelines for Predicting Crop Water Requirements. Irrigation and Drainage Paper, 24. Food and Agriculture Organization of United Nations, Rome, Italy, 36-45.
58. DORAIS M., PAPADOPOULOS A.P., GOSSELIN A. (2001): Greenhouse tomato fruit quality: the influence of environmental and cultural factors. *Horticultural Reviews*, 26: 239-319.
59. DORAIS M., EHRET D., PAPADOPOULOS A., (2008): Tomato (*Solanum lycopersicum*) health components: from the seed to the consumer. *Phytochemistry Reviews*, 7: 231-250.
60. DORJI K., BEHBOUDIAN M.H., ZEGBE-DOMÍNGUEZ J.A. (2005): Water relations, growth, yield, and fruit quality of hot pepper under deficit irrigation and partial root zone drying, *Scientia Horticulturae*, 104: 137-149.
61. DUMAS Y., DADOMO M., DI LUCCA G., GROLIER P. (2003): Effects of environmental factors and agricultural techniques on antioxidant content of tomatoes. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 5: 369-382.

62. EHRET D.L., HO L.C. (1986): Effects of osmotic potential in nutrient solution on diurnal growth of tomato fruit. *Journal of Experimental Botany*, 37: 1294-1302.
63. EL AHMADI A.B. (1977): Genetics and physiology of high temperature fruit set in tomato. PhD Dissertation, University of California, Davis, California.
64. EUROSTAT(2016):http://ec.europa.eu/eurostat/statisticsexplained/index.php/Agricultural_products/hu
65. FARKAS J. (1992): Étkezési és Ipari paradicsom fajták nemesítése. MTA doktori értekezés, Budapest, 128.
66. FARKAS J. (1994): Paradicsom. In: Balázs S. (szerk.) Zöldségtermesztők kézikönyve. Mezőgazda kiadó, Budapest. 195-225.
67. FAO (2016): <http://www.fao.org/nr/water/aquastat/main/index.stm>
68. FAO (2017): <http://www.fao.org/faostat/>
69. FARKAS J.ZS., HOYK E. (2017): Climate consciousness and adaptation from the viewpoint of farmers. *Columella*, 4 (1): 137-142.
70. FARNETI B., SCHOUTEN R.E., WOLTERING E.J., (2012): Low temperature-induced lycopenedegradation in red ripe tomato evaluated by remittance spectroscopy. *Postharvest Biology and Technology*, 73: 22–27.
71. FAVATI F., LOVELLI S., GALGANO F., MICCOLIS V., DI TOMMASO T., CANDIDO V. (2009): Processing tomato quality as affected by irrigation scheduling. *Scientia Horticulturae*, 122: 562–571.
72. FERERES E., SORIANO A. (2007): Deficit irrigation for reducing agricultural water use. *Journal of Experimental Botany*, 58 (2): 147-159.
73. FRUITVEB (2016): Magyar Zöldség-Gyümölcs Szakmaközi Szervezet. Éves Zöldség-Gyümölcs Jelentés. Ledóné Darázsi H. (szerk.), Innofresh Nonprofit Kft., Budapest, 5-6.
74. FRUITVEB (2017): Magyar Zöldség-Gyümölcs Szakmaközi Szervezet. Éves Zöldség-Gyümölcs Jelentés. Ledóné Darázsi H. (szerk.), Innofresh Nonprofit Kft., Budapest, 5-6.
75. FUCHS M. (1990): Infrared measurement of canopy temperature and detection of plant water stress. *Theoretical and Applied Climatology*, 42: 253–261.
76. FUCHS M., TANNER C.B. (1966): Infrared thermometry of vegetation. *Agronomy Journal*, 58:597–601.
77. FÜLEKY GY. (1999): Tápanyaggazdálkodás. Mezőgazda Kiadó, Budapest, 714.
78. FÜLEKY GY. (2011): Talajvédelem, talajtan. Pannon Egyetem, 277.
79. GAHLER S., OTTO K., BÖHM V. (2003): Alterations of vitamin C, total phenolics, and antioxidant capacity as affected by processing tomatoes to different products. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 51: 7962-7968.
80. GIORDANO L.B., SILVA J.B.C. (2000): Tomato para processamento industrial. Embrapa comunicação para transferência de tecnologia, Brasília, Distrito Federal, Brazil.
81. GIOVANNUCCI E., RIMM E.B., LIU Y., STAMPFER M.J., WILLET W.C. (2002): A prospective study of tomato products, lycopene, and prostate cancer risk, *Journal of National Cancer Institute*, 94: 391-398.
82. GONZALEZ-DUGO M.P., MORAN M.S., MATEOS L., BRYANT R. (2006): Canopy temperature variability as an indicator of crop water stress severity. *Irrigation Science*, 24: 233.
83. GOODWIN I., BOLAND A.M. (2002): Scheduling deficit irrigation of fruit trees for optimizing water use efficiency. In Deficit Irrigation Practices FAO Water Reports 22 (Rome), 67-78.
84. GRILO F.S., DI STEFANO V., LO BIANCO R. (2017): Deficit irrigation and maturation stage influence quality and flavonoid composition of 'Valencia' orange fruit. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 97 (6): 1904-1909.
85. GUAN H.P., JANES H.W. (1991): Light regulation of sink metabolism in tomato fruit. II. Carbohydrate metabolizing enzymes. *Plant Physiology*, 96: 922-927.

86. GUÓTH A., BENYÓ D., CSISZÁR J., GALLÉ Á., HORVÁTH F., CSEUZ L., ERDEI L., TARI I. (2010) Relationship between osmotic stress-induced abscisic acid accumulation, biomass production and plant growth in drought tolerant and sensitive wheat genotypes. *Acta Physiologia Plantarum*, 32: 719-727.
87. HANSON B.R., HUTMACHER R.B., MAY D.M. (2006): Drip irrigation of tomato and cotton under shallow saline ground water conditions. *Irrigation and Drainage Systems*, 20: 155–175.
88. HARDY J.P., ANDERSON V.J., GARDNER J.S. (1995): Stomatal characteristics, conductance ratios and drought-induced leaf modifications of semiarid grassland species. *American Journal of Botany*, 82: 1-7.
89. HARKER M, HIRSCHBERG J. (1998): Molecular biology of carotenoid biosynthesis in photosynthetic organisms. *Methods Enzymology Journal*, 297: 244-263.
90. HATFIELD J.L. (1990): Measuring plant stress with an infrared thermometer. *HortScience*, 25: 1535–1537.
91. HELYES L. (1999a): A paradicsom és termesztése. SYCA Szakkönyvszolgálat, Budapest, 233.
92. HELYES L. (1999b): A zöldségnövények vízellátottságának és öntözési igényének meghatározása a lombhőmérséklettel. Ph.D. doktori értekezés. SZIE Gödöllő, 42-60.
93. HELYES L. (2007): A Paradicsom (*Lycopersicon lycopersicum*) (L.) KARSEN) termésképződésére ható abiotikus és biotikus tényezők értékelése különös tekintettel a beltartalmi összetevőkre. MTA doktori értekezés, Gödöllő, 172.
94. HELYES L. VARGA GY. (1994): Irrigation demand of tomato according to the results of three decades. *Acta Horticulturae*, 376: 323-328.
95. HELYES L., PÉK Z., BRANDT S., VARGA GY., BARNA É., HÓVÁRI J., LUGASI A. (2003): Influence of harvest date on fruit technological traits of five processing tomato varieties. *Acta Horticulturae*, 604: 531-537.
96. HELYES L., PÉK Z., LUGASI A. (2006): Tomato fruit quality and content depend on stage of maturity. *HortScience*, 41: 1400-1401.
97. HELYES L., LUGASI A., PÉK Z. (2007): Effect of natural light on surface temperature and lycopene content of vine ripened tomato fruit. *Canadian Journal of Plant Science*, 87: 927-929.
98. 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: 427-436.
99. HELYES L., BÓCS 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*, 16 (5): 13-15.
100. HELYES L., NAGY Z., DAOOD H.G., PÉK Z., LUGASI A. (2015): The simultaneous effect of heat stress and water supply on total polyphenol content of eggplant. *Applied Ecology and Environmental Research*, 13 (2): 583–595.
101. HERTOOG M.G.L., HOLLMAN P.C.H., KATAN M.B. (1992): Content of potentially anticarcinogenic flavonoids of 28 vegetables and 9 fruits commonly consumed in the Netherlands. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 40: 2379-2383.
102. HESZKY L. (2007): A szárazság és a növény kapcsolata. *Agrofórum*. 11: 36-41.
103. HEUVELINK E. (1995): Dry matter production in a tomato crop: measurements and simulation. *Annals of Botany*, 75: 369-379.
104. HEUVELINK E., DORAIS M. (2005): Crop growth and yield. In: E. Heuvelink. [ed.] Tomatoes. Cabi Publishing, Cambridge, USA, 85-145.
105. HO L.C., HEWITT J.D. (1986): Fruit development. 201-239. p. In: Atherton, J. G., Rudich, J. (Ed.): The Tomato Crop. A scientific basis for improvement. London: Chapman and Hall Ltd, 661.

106. HO L.C. (1996): The mechanism of assimilate partitioning and carbohydrate compartmentation in fruit in relation to the quality and yield of tomato. *Journal of Experimental Botany*, 47: 1239-1243.
107. HO L.C. (1999): The physiological basis for improving tomato fruit quality. *Acta Horticulturae*, 487: 33-40.
108. HODOSSI S. (2009): Paradicsom. In: Zöldségtermesztés szabadföldön. Második kiadás. Hodossi S., Kovács A., Terbe I. (szerk.) Mezőgazda Kiadó, Budapest, 129–140.
109. HOLBOK L., ERDÉLYI M., KAPÁS S., ANCSIN ZS., - BÓCSAI A., BALOGH K., MÉZES M. (2013): A paradicsomtörköly hatásának vizsgálata brojlercsirke egyes termelési, vágási és húsminőségi paramétereire. *Animal welfare, etológia és tartástechnológia*, 9 (3): 170-176.
110. HOPKINS, W.G., HÜNER, N.P.A. (2009): Introduction to Plant Physiology, 4th Edition. John Wiley and Sons, Inc., Hoboken, USA, 523.
111. Howell T.A. (2003): Irrigation efficiency Encyclopedia of Water Science.
112. HSIAO T.C., STEDUTO P., FERERES E. (2007): A systematic and quantitative approach to improve water use efficiency in agriculture. *Irrigation Science*, 25: 209-231.
113. HUNGARIAN STANDARD (1998): Gyümölcs- és zöldséglevék. Az oldható szárazanyagtartalom becslése. Refraktometriás módszer. (Fruit and vegetable juices. Estimation of soluble solids content. Refractometric method.) MSZ EN 12143.
114. IDSO S.B., JACKSON R.D., EHRLER W.L., MITCHELL S.T. (1969) A method for determination of infrared emittance of leaves. *Ecology*, 50: 899–902.
115. IDSO S.B., JACKSON R.D., PINTER, P.J., REGINATO R.J., HATFIELD J.L. (1981): Normalizing the stress-degree-day parameter for environmental variability. *Agricultural and Forest Meteorology*, 24: 45-55.
116. ILAHY R., HDIDER C., LENUCCI M.S., TLILI I., DALESSANDRO G. (2011): Phytochemical composition and antioxidant activity of high-lycopene tomato (*Solanum lycopersicum* L.) cultivars grown in Southern Italy. *Scientia Horticulturae*, 127: 255-261.
117. ILAHY R., SIDDIQUI M.W., PIRO G., LENUCCI M.S., HDIDER C., HELYES L. (2017): A focus on high-lycopene tomato cultivars: horticultural performance and functional quality. *Acta Horticulturae*, 1159: 57–64.
118. IPCC (2007): Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Parry, M.L., Canziani, O.F., Palutikof, J.P., van der Linden, P.J., Hanson, C.E (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, UK, 976. http://www.met.hu/doc/IPCC_jelentes/ipcc_jelentes_2007.pdf, http://ec.europa.eu/regional_policy/sources/docoffic/working/regions2020/pdf/regions2020_climat.pdf
119. IRMAK S., ODHIAMBO L.O., KRANZ W.L., EISENHAUER D.E. (2011): Irrigation Efficiency and Uniformity, and Crop Water Use Efficiency, Lincoln, University of Nebraska–Lincoln Extension.
120. ISHIDA B.K. (1998): Activated lycopene biosynthesis in tomato fruit in vitro. Proceeding of Tomato and Health Seminar, Pamplona, Spain, 25- 28 May, 151-156.
121. JACKSON R.D. (1982): Canopy temperature and Crop Water Stress. *Advances in Irrigation*, 1: 43-85.
122. JOHJIMA T., MATSUZOE N. (1995): Relationship between colour value (a/b) and coloured carotene content in fruit of various cultivars and breeding lines. *Acta Horticulturae*, 412: 152-159.
123. JOLÁNKAI M., BIRKÁS M. (2009): Klímaváltozás és növénytermesztés. V. Növénytermesztési Tudományos Nap. Növénytermesztés: Gazdálkodás-Klímaváltozás-Társadalom. Akadémiai Kiadó, 27-32.
124. JOLÁNKAI M., BIRKÁS M. (2010): Szárazodás, aszály, növénytermelés. „KLÍMA-21” *Füzetek*, 59. 26-31.

125. JOLÁNKAI M., BIRKÁS M. (2011): A klíma és a növénytermesztés kapcsolata. *Agro Napló*, 15 (2): 63-64.
126. JONES R., OUGHAM H., THOMAS H., WAALAND S. (2013): *The Molecular Life of Plants*. Wiley-Blackwell, Chichester, West Sussex, UK, 567.
127. KALOCSAI R. (2006): Mikroelem trágyázás. Földművelés és földhasználat. Birkás M. (szerk). Mezőgazda Kiadó, Budapest.
128. KANG D.K., KIM S.I., CHO C.H., YIM Y.H., KIM H.S. (2003): Use of lycopene, an antioxidant carotenoid, in laying hens for egg yolk pigmentation. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 16. (12): 1799-1803.
129. KAPRONCZAI I. (2014): Agrárgazdaságunk jelene és jövője. *Gazdálkodás*, 2: 95-118.
130. KATERJI N., ITIER B., FETREIRA I., PEREIRA L.S. (1987): Water stress indicators for tomato crop. In: Proc. Int. Conf. Measurement of Soil and Plant Water Status, 6-10 July 1987, Utah State University, Logan, UT, 2: 155-161.
131. KERTI A., SZABÓ CS., GREGOSITS B., JUNG I., BÁRDOS L. (2008): A tojásminőség fontos festékanyagai. *Animal Welfare, Ethology and Housing Systems*, 4: 773- 779.
132. KINET J.M., PEET M.M. (1997): Tomato In: Wien H.C. (ed.) *The Physiology of Vegetable Crops*. CAB International, 207-258.
133. KOCSIS I., LIGETVÁRI F. (1992): Előkísérletek a Scheduler növényi stresszmérő készülék adaptációjára. *Magyar Szőlő- és Borgazdaság*, 2: 5-8.
134. KÖRÖSINÉ MOLNÁR A., PODMANICZKY B., GERENDAI D., SZABÓ ZS., HORVÁTH I., FARKAS ZS., SOMOGYI GY. (2008): Fűszerpaprika-őrlemény, mint természetes tojássárgája színezék. *Állattenyésztés és Takarmányozás*, 57 (2): 160-172.
135. KRAMER P.J. (1983): *Water relations of plants*. Academic Press, New York, 342-389.
136. KSH (2017): <https://www.ksh.hu/stadat>
137. KUŞÇU H., TURHAN H., ÖZMEN N., AYDINOL P., DEMIR A. O. (2016): Response of red pepper to deficit irrigation and nitrogen fertigation. *Archives of Agronomy and Soil Science*, 62 (10): 1396-1410.
138. LAKATOS L., KARÁCSONYI Z., RACSKÓ J., SUN Z., WANG Y. (2005): A légköri szárazság hatásának vizsgálata a különböző kertészeti és szántóföldi növényfajok termésmennyiségének változására. *Agrártudományi Közlemények = Acta Agraria Debreceniensis*, 1 (17): 40-45.
139. LANTOS F., FÁRI F., GYÖRGYI E. (2017): Investigation and studying of the biochemical effect of carotene dyestuff materials and capsaicin in special spice pepper (*Capsicum annum* convar. Longum L.) varieties. *Russian Journal of Agricultural and Socio-Economic Sciences*, 4 (64): 225-231.
140. LAPUSHNER D., BAR M., GILBOA N., FRANKEL R. (1990): Positive heterotic effects for °Brix in high solid F1 hybrid Cherry tomatoes. *Acta Horticulturae*, 277: 207-211.
141. LAWLOR D.W. (2002): Limitation to photosynthesis in waterstressed leaves: stomata vs. metabolism and the role of ATP. *Annals of Botany*, 89: 871-885.
142. LÁNG F. (2007): *Növényélettan I-II.-A növényi anyagszere*. ELTE Eötvös Kiadó Kft., Budapest, 1034.
143. LÁNG I., CSETE L., JOLÁNKAI M. (2007): A globális klímaváltozás: hazai hatások és válaszok. A VAHAVA jelentés. Szaktudás Kiadó Ház, Bp., 220.
144. LEAL M., SHIMADA A., RUIZ F., GONZALEZ DE MEÍJA E. (1999): Effect of lycopene on lipid peroxidation and glutathione-dependent enzymes induced by T-2 toxin in vivo. *Toxicology Letters*. 109(1-2): 1-10.
145. LENUCCI M.S., CACCIOPOLA A., DURANTE M., SERRONE L., DE CAROLI M., PIRO G., DALESSANDRO G. (2009): Carotenoid content during tomato (*Solanum lycopersicum* L.) fruit ripening in traditional and high-pigment cultivars. *Italian Journal of Food Science*, 4 (21): 461-472.
146. LEONI C. (1992): Industrial quality as influenced by crop management. *Acta Horticulturae*, 301: 177-184.

147. LEÓN K., MERY D., PEDRESCHI F., LEÓN J. (2006): Color measurement in L*a*b* units from RGB digital images. *Food Research International*, 39 (10): 1084–1091.
148. LI H., DENG Z., LIU R., LOEWEN S., TSAO R. (2013): Carotenoid compositions of coloured tomato cultivars and contribution to antioxidant activities and protection against H₂O₂- induced cell death in H9c2. *Food Chemistry*, 136 (2): 878–888.
149. LI S., JUHÁSZ-HORVÁTH L., HARRISON P.A., PINTÉR L., ROUNSEVELL MARK D.A. (2016): Relating farmer's perceptions of climate change risk to adaptation behaviour in Hungary. *Journal of Environmental Management*, 185: 21–30.
150. LIGETVÁRI F. (1993): Szőlőültetvények vízforgalma, igénye és ellátása. Ph.D. doktori értekezés, Keszthely.
151. LIU F., SONG R., ZHANG X., SHAHNAZARI A., ANDERSEN M.N., PLAUBORG F., JACOBSEN S.E., JENSEN C.R. (2008): Measurement and modeling of ABA signaling in potato (*Solanum tuberosum* L.) during partial root-zone drying. *Environmental and Experimental Botany*, 63: 385–391.
152. LUGASI A., HÓVÁRI J., BÍRÓ L., BRANDT S., HELYES L. (2004): Élelmiszereink lipopintartalmát befolyásoló tényezők és a hazai lakosság lipopinbevitel. *Magyar onkológia*, 48. (2): 131–136.
153. MACHADO R.M.A., DO ROSÁRIO M., OLIVEIRA G. (2005): Tomato root distribution, yield and fruit quality under different subsurface drip irrigation regimes and depths. *Irrigation Science*, 24: 15–24.
154. MARKOV V.M., HAEV M.K. (1953): Ovoscsevodosztvo. Moszkva, 567.
155. MAROSI S., SOMOGYI S. (1990): Magyarország kistájainak katasztere II. MTA Földrajztudományi Kutató Intézet, Budapest.
156. MARTINEZ S., OLMOS I., CARBALLO J., FRANCO I. (2010): Quality parameters of Brassica spp. grown in northwest Spain. *International Journal of Food Science and Technology*, 45: 776–783.
157. MATOS H.R., DI MASCIO P., MEDEIROS M.H. (2000): Protective effect of lycopene on lipid peroxidation and oxidative DNA damage in cell cultures, *Archives of Biochemistry and Biophysics*, 383: 56–59.
158. MEDRANO H., ESCALONA J.M., BOTA J., GULIAS J., FLEXAS J. (2002): Regulation of C3 plants in response to progressive drought: stomatal conductance as a reference parameter. *Annals of Botany*, 89: 895–905.
159. MILOTAY P. (1996): A paradicsomnemesítés útjai. *Kertgazdaság*, 2: 85–87.
160. MIKÓCZY N. (2006): A vízpotenciál mérésének technikája, *MezőHír Független Agrárinformációs Szaklap*, HU ISSN 1587-060X, Mezőhír Média Kft.
161. MONTEITH J.L. (1981): Climatic variation and growth of crops. *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, 107: 749–774.
162. MONTEITH J.L., CAMPBELL G.S. POTTER E.A. (1988): Theory and performance of a dynamic diffusion porometer. *Agricultural and Forest Meteorology*, 44: 27–38.
163. MORALES-SOTO A., GARCÍA-SALAS P., RODRÍGUEZ-PÉREZ C., JIMÉNEZ-SÁNCHEZ C., CÁDIZ-GURREA M., SEGURA-CARRETERO A., FERNÁNDEZ-GUTIÉRREZ A. (2014): Antioxidant capacity of 44 cultivars of fruits and vegetables grown in Andalusia (Spain). *Food Research International*, 58: 35–46.
164. MORDENTE A., GUANTARIO B., MEUCCI E., SILVESTRINI A., LOMBARDI E., MARTORANA G. E., GIARDINA B., BÖHM V. (2011): Lycopene and cardiovascular diseases: An update - *Current Medicinal Chemistry*, 18: 1146–1163.
165. MOUSSA M., LANDRIER J.-F., REBOUL E., GHIRINGHELLI O., COMÉRA C., COLLET X., FRÖHLICH K., BÖHM V., BOREL P. (2008): Lycopene Absorption in Human Intestinal Cells and in Mice Involves Scavenger Receptor Class B Type I (SR-BI), but Not Niemann Pick C1 Like 1 (NPC1L1). *Journal of Nutrition*, 138: 1432–1436.

166. MÜLLER L., GOUPY P., FRÖHLICH K., DANGLES O., CARIS-VEYRAT C., BÖHM V. (2011): Comparative study on antioxidant activity of lycopene (Z)-isomers in different assays. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 59: 4504-4511.
167. NAGY J. (1996): A műtrágyázás hatása a Volga SC kukorica (*Zea mays* L.) hibrid termésére öntözés nélküli és öntözéses termesztésben. *Növénytermelés*, 477-486.
168. NAK (2016): <https://www.nak.hu/kiadvanyok/kiadvanyok/1604-nak-mmesz2016huweb/file>
169. NAVARRO J.M., BOTÍA P., PÉREZ-PÉREZ J.G. (2015): Influence of deficit irrigation timing on the fruit quality of grapefruit (*Citrus paradisi* Mac.). *Food Chemistry*, 175: 329-336.
170. NEMESKÉRI E., MOLNÁR K., VÍGH 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 Physiologie Plantarum*, 37 (2): 1-16.
171. NÉBIH (2017): http://portal.nebih.gov.hu/documents/10182/81819/NFJ_zöldség_2017_v_2_0_20170930_lea_dva/
172. ÖMBÓDI A., SAIGUSA M., BŐCS A., HELYES L. (2009): Szabályozott tápanyagleadású kálium műtrágya hatása ipari paradicsom termésmennyiségére és minőségére. In: Tóth Magdolna (szerk.): Lippay János - Ormos Imre - Vas Károly Tudományos Ülésszak: Összefoglalók, Kertészettudomány, 330-331.
173. OMSZ (2008): https://www.met.hu/omsz/kozerdeku_dokumentumok/tevekenyseg/
174. OMSZ (2009): https://www.met.hu/omsz/kozerdeku_dokumentumok/tevekenyseg/
175. OMSZ (2010a): https://www.met.hu/eghajlat/magyarorszag_eghajlata/eghajlati_adatsorok
176. OMSZ (2010b): https://www.met.hu/omsz/kozerdeku_dokumentumok/tevekenyseg/
177. OMSZ (2011): https://www.met.hu/omsz/kozerdeku_dokumentumok/tevekenyseg/
178. OROSCO vetőmag katalógus (2010): www.orosco.hu/documents/2010_orosco_katalogus.pdf
179. OROSCO vetőmag katalógus (2011): www.orosco.hu/documents/2011_orosco_katalogus.pdf
180. OSAKABE Y., OSAKABE K., SHINOZAKI K., TRAN L.S.P. (2014): Response of plants to water stress. *Frontiers in Plant Science*, 5: 1-8.
181. O'TOOLE J.C., CRUZ R.T. (1980): Response in leaf water potential, stomatal resistance and leaf rolling to water stress. *Plant Physiology*, 63: 428.
182. OECD (2013): Water resource withdrawals, irrigated area, and irrigation water application rates in OECD Compendium of Agri-environmental indicators. <http://dx.doi.org/10.1787/9789264186217-10-en>
183. PAKSI A., BŐCS A., HELYES L., DIMÉNY J., PÉK Z. (2010): Changes in colour and antioxidants during vine and postharvest ripening process of tomato fruits. *Acta Horticulturae*, 858: 239-242.
184. PALMER W.C. (1965): Meteorological Drought. Research Paper No.45, U.S. Department of Commerce Weather Bureau, Washington, D.C., USA.
185. PALOZZA P., BELLOVNO D., SIMONE R., BONINSEGNA A., CELLINI F., MONASTRA G., GAETANI S. (2009): Effect of β -carotene-rich tomato lycopene β -cyclase (tley-b) on cell growth inhibition in HT-29 colon adenocarcinoma cells. *British Journal of Nutrition*, 102: 207-214.
186. PALOZZA P., SIMONE R., CATALANO A., BONINSEGNA A., BÖHM V., FRÖHLICH K., MELE M.C., MONEGO G., RANELLETTI F.O. (2010): Lycopene prevents 7-keto-cholesterol-induced oxidative stress, cell cycle arrest and apoptosis in human macrophages. *The Journal of Nutritional Biochemistry*, 21 (1): 34-46.
187. PAPPENFUSS K.A., BLACK B.L. (2010): Regulated deficit irrigation of 'Montmorency' tart cherry. *HortScience* 45: 1437-1440.
188. PAPÓCSI-RÉTHY K. (2012): A likopin felszívódása, hasznosulása és gyakorlati szerepe tojómadarak takarmányozásában (japán fűrjön végzett modellkísérletek). Ph.D. doktori értekezés. Gödöllő, 131.

189. 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.
190. 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 (4): 590-596.
191. PÁLFAI I. (1993): Az 1992. évi aszály értékelése az aszályossági index alapján. In: Pálfa I.-Vermes L. (szerk.): Az 1992. évi aszály értékelése. FM, MAE, MHT, Budapest, 25-28.
192. PÁLFAI I. (2004): Belvizek és aszályok Magyarországon. In: Hidrológiai tanulmányok. Dr. Szilávik Lajos (szerk.). 253-409.
193. PÁLFAI I. (2012): Öntözési és aszály-adatsorok összehasonlító vizsgálata. XXXI. Országos Vándorgyűlés. Magyar Hidrológiai Társaság, Gödöllő.
194. PÁSZTOR L., LABORCZI, A., SZATMÁRI G., TAKÁCS K., ILLÉS G., SZABÓ J. (2017): Mi várható a megújult hazai talaj téradat infrastruktúrától? in: Balázs B. (szerk.): Az elmélet és a gyakorlat találkozása a térinformatikában VIII. Debreceni Egyetemi Kiadó, Debrecen, 277-285.
195. PÁSZTOR L., WALTNER I., CENTERI CS., BELÉNYESI M., TAKÁCS K. (2016): Soil erosion of Hungary assessed by spatially explicit modelling. *Journal of Maps*, 12: 407-414.
196. PEACOCK B. (2001): Water Use (Drip Irrigation Schedules) for Vineyards in the San Joaquin Valley. Grape Notes, The University of California Cooperative Extension, Tulare County.
197. PEARSON EDUCATION INC. (2005): Publishing as Benjamin Cummings PowerPoint Lectures for Biology, Seventh Edition. Neil Campbell and Jane Reece Lectures by Chris Romero Chapter 36 Transport in Vascular Plants.
198. PERNICE R., PARISI M., GIORDANO I., PENTANGELO A., GRAZIANI G., GALLO M., FOGLIANO V., RITIENI A. (2010): Antioxidants profile of small tomato fruits: Effect of irrigation and industrial process. *Scientia Horticulturae*, 126 (2): 156–163.
199. PERRY, K.B., YIHUA W., SANDERS D.C., GARRET J.T., DECOTEAU D.R., NAGATA R.T., DUFAULT R.J., BATAL K.D., GRANBERRY D.M., MCLAURIN W.J. (1997): Heat units to predict tomato harvest in the southeast USA. *Agricultural and Forest Meteorology*, 84: 249-254.
200. PETHŐ M.(1993): Mezőgazdasági növények élettana. Akadémiai Kiadó, Budapest.
201. PETRO-TURZA M. (1986): Flavor of tomato and tomato products. *Food Reviews International*, 2: 309-351.
202. PÉK Z. (2004): A hajtatott paradicsom termésképzésének modellezése. Ph.D. doktori értekezés, Gödöllő, 131.
203. PÉK Z., HELYES L., LUGASI A. (2010): Color changes and antioxidant content of vine and postharvest-ripened tomato fruits. *HortScience*, 45 (3): 466–468.
204. PÉK Z., SZUVANDZSIEV P., NEMÉNYI A., HELYES L., LUGASI A. (2011): The effect of natural light on changes in antioxidant content and color parameters of vine-ripened tomato (*Solanum lycopersicum* L.) fruits. *HortScience*, 46 (4): 583–585.
205. PÉK Z., SZUVANDZSIEV P., DAOOD H.G., NEMÉNYI A., HELYES L. (2014): Effect of irrigation on yield parameters and antioxidant profiles of processing cherry tomato. *Central European Journal of Biology*, 9 (4): 383–395.
206. PÉK Z., DAOOD H.G., NEMÉNYI A., SZUVANDZSIEV P., HELYES L. (2015): Seasonal and irrigation effect on yield parameters and soluble solids content of processing cherry tomato. *Acta Horticulturae*, 1159: 45–49.
207. PINHEIRO J., ALEGRIA C., ABREU M., GONÇALVES E.M., SILVA C.L.M. (2013): Kinetics of changes in the physical quality parameters of fresh tomato fruits (*Solanum lycopersicum*, cv. 'Zinac') during storage. *Journal of Food Engineering*, 114: 338–345.

208. PINTER JR. PAUL J., FRY K.E., GUINN G., MAMEY J.R. (1983): Infrared thermometry: A remote sensing technique for predicting yield in water stressed cotton. *Agricultural Water Management*, 6: 385-395.
209. PRICHARD T.L., VERDEGAAL P.S., INGELS C.A. (2009): Deficit Irrigation Management Strategies and the Influence of Extended Maturation on Vine Health, Fruit Yield and Quality: Syrah in Region III-IV. Report to California Department of Water Resources.
210. PRIETO M.H., LÓPEZ J., BALLESTEROS R. (1999): Influence of irrigation system and strategy of the agronomic and quality parameters of the processing tomatoes in Extremadura. *Acta Horticulturae*, 487: 575–579.
211. PRIETO M.H., LAVADO M., MOÑINO M.J., GARCÍA M.I. (2000): Root water absorption pattern in a processing tomato crop under different irrigation strategies. *Acta Horticulturae*, 537: 839-841.
212. PSARRAS G., CHARTZOULAKIS K., KASAPAKIS I., KLOPPMANN W. (2014): Effect of different irrigation techniques and water qualities on yield: fruit quality and health risks of tomato plants. *Acta Horticulturae*, 1038: 601–608.
213. PUSZTAI P., RADICS L., GÁL I., CSAMBALIK L., VÖRÖS I., VARGA R.D. (2011): Mulching method evaluations in organic tomato production. In: Neuhoff Daniel, Sohn Sang Mok, Ssekya Charles, Halberg Niels, Rasmussen Ilse A, Hermansen John (szerk.) *Organic is life—knowledge for tomorrow: book of proceeding of 3rd ISOFAR Scientific Conference*. Namyangju, Dél-Korea, 424-427.
214. RADICS L., PUSZTAI P. (1994): Weed management strategies in sustainable agriculture IFOAM conference, Lincoln University, New Zealand, 127.
215. RAO A.V. (2006): *Tomatoes, Lycopene and Human Health: Preventing Chronic Diseases* (Badalona, Spain: Caledonian Science Press).
216. RAO A.V., AGARWAL A. (1999): Role of lycopene as antioxidant carotenoid in the prevention of chronic diseases: a review. *Nutrition Research*. 19: 305-323.
217. RÉAUMUR R.A.F. (1735): Termometric observations made at Paris during the year 1735, compared to those made below the equator on the Isle of Mauritius, at Algiers and on few American Islands. *Acad. Sci. Memoirs Acad. Sci. Paris*. 545. Cit. by: SAYKEWICH C.F. (1995): An appraisal of cereal crop phenology modelling. *Canadian Journal of Plant Science*, 75: 329-341.
218. RIAHI A., HDIDER C. (2013): Bioactive compounds and antioxidant activity of organically grown tomato (*Solanum lycopersicum* L.) cultivars as affected by fertilization. *Scientia Horticulturae*, 151: 90–96.
219. RODLER I. (2009): A táplálkozás szerepe a rákbetegség kialakulásában II., *Egészségtudomány*, 53: 3.
220. SADRAS V.O. (2009): Does partial root-zone drying improve irrigation water productivity in the field? A meta-analysis. *Irrigation Science*, 27 (3): 183-190.
221. SAHIN N., AKDEMIR F., ORHAN C., KUCUK O., HAYIRLI A., SAHIN K. (2008): Lycopene-enriched quail egg as functional food for humans. *Food Research International*, 41 (3): 295-300.
222. SALISBURY F.B., ROSS C.W. (1992): *Plant Physiology*. 4th Edition. Wadsworth Publishing Co., Belmont, CA. 682.
223. SANTOS-SÁNCHEZ N. F., VALADEZ-BLANCO R., GÓMEZ-GÓMEZ M. S., PÉREZ-HERRERA A., SALAS-CORONADO R. (2012): Effect of rotating tray drying on antioxidant components, color and rehydration ratio of tomato saladette slices. *LWT - Food Science and Technology*, 46 (1): 298–304.
224. SASS-KISS A., KISS J., MILOTAY P., KERÉK M.M., TÓTH-MARKUS M. (2005): Differences in anthocyanin and carotenoid content of fruits and vegetables. *Food Research International*, 38 (8-9): 1023–1029.
225. SCHMIDT J. (1990): *Takarmányozás*. Mezőgazda Kiadó, Budapest, 220.

226. SCHOLANDER P.F., HAMMEL H.J., BRADSTREET A., HEMMINGSEN E.A. (1965): Sap pressure in vascular plants. *Science*, 148: 339-346.
227. SEIFERT B., PFLANZ M., ZUDE M. (2014): Spectral shift as advanced index for fruit chlorophyll breakdown. *Food and Bioprocess Technology*, 48: 231–241.
228. SINGH S.K., REDDY K.R. (2011): Regulation of photosynthesis, fluorescence, stomatal conductance and water-use efficiency of cowpea (*Vigna unguiculata* [L.] Walp.) under drought. *Journal of Photochemistry and Photobiology*, 105: 40-50.
229. SLATYER R.O. (1967): Plant-water relationships. Academic Press. London and New York, 366.
230. SMART R.E. (1974): Aspects of water relations of the grapevine (*Vitis vinifera* L.). *American Journal of Enology and Viticulture*, 25: 84-91.
231. SOLTÉSZ M., NYÉKI J., LÉVAI P. (2011): Az aszály és szárazodás elleni küzdelem a kertészeti termelésben. – „Klíma-21” Füzetek, 64: 5–11.
232. SOMOS A. (1971): A paradicsom. Akadémiai Kiadó, Budapest, 408.
233. SOUCI S., FACHMANN W., KRAUT H., KIRCHHOFF E. (2008): Food composition and nutrition tables. 7th revised and completed edition, MedPharm Scientific Publishers, Boca Raton, Florida.
234. STAHL W., SIES H. (2012): Photoprotection by dietary carotenoids: concept, mechanisms, evidence and future development. *Molecular Nutrition and Food Research*, 56: 287–95.
235. STEFANOVITS P., FILEP GY., FÜLEKY GY. (1999): Talajtan. Mezőgazda Kiadó, Budapest, 470.
236. STEVENS M.A., RICK C.M. (1986): Genetics and Breeding; fruit quality p. 84. In: The Tomato Crop, a scientific basis for improvement. Edited by Atherton J.G. and Rudich J., Chapman and HAL Ltd, London, 661.
237. SUN Y., FENG H., LIU F. (2013): Comparative effect of partial root-zone drying and deficit irrigation on incidence of blossom-end rot in tomato under varied calcium rates. *Journal of Experimental Botany*, 64: 2107-2116.
238. SZALAI I. (1994): A növények élete. Az életjelenségek analízise a molekuláris szinttől az ökológiai szintig (I-II.kötet) JATEPress, Szeged, 1103.
239. SZALAI S. (2011): Magyarország hidroklimatológiai jellemzése. „AGRO-21” Füzetek, 65: 17-28.
240. SZÁSZ G. (1988): Agrometeorológia, Mezőgazdasági Kiadó, Budapest, 123-366.
241. SZIGETI Z. (1998): Növények és a stressz. ELTE Eötvös Kiadó Kft., Budapest, 916- 917.
242. SZUVANDZSIEV P., DAOOD H. G., POSTA K., HELYES L., PÉK Z. (2017): Application of VIS-NIR reflectance spectra for estimating soluble solid and lycopene content of openfield processing tomato fruit juice from irrigation and mycorrhiza treatments. *Acta Horticulturae*, 1159: 73–78.
243. SZUVANDZSIEV P., HELYES L., LUGASI A., SZÁNTÓ C., BARANOWSKI P., PÉK Z. (2014): Estimation of antioxidant components of tomato using VIS-NIR reflectance data by handheld portable spectrometer. *International Agrophysics*, 28 (4): 521–527.
244. TAIZ L., ZEIGER E. (2010): Plant Physiology. 5th Edition, Sinauer Associates Inc., Sunderland, 782.
245. TAKAHASHI Y., KINOSHITA T. (2014): Stomatal function has an element of hysteresis. *New Phytologist*, 205: 455–457.
246. TAKÁCSNÉ H.M. (2017): Zöldségtermesztés I. Debreceni Egyetemi Kiadó, Debrecen. Egyetemi jegyzet, 183.
247. TANNER C.B. (1963): Plant temperature. *Agronomy Journal*. 55: 201-211.
248. TARI I. (2008): A növények felépítése és működése. Szegedi Egyetem, Természettudományi Kar, Növényélettani Tanszék, Szeged. http://www.hefop.u-szeged.hu/hefop_kk/documents/Tananyag/SZTE/A_novenyek_felepitesi_es_mukodese.pdf

249. TERBE I., KIS KRISZTIÁNNÉ, SLEZÁK K., TÓKEI L. (2010): Klímaváltozás hatása a zöldségtermesztésre, és az ezzel kapcsolatos technológiai változtatások lehetősége. *Agrofórum*, 21 (5): 76-80.
250. TERBE I., SLEZÁK K. (2008): Talajnélküli zöldség-hajtás. Mezőgazda Kiadó, Budapest, 371.
251. TERTS I. (1966): A Zöldségfélék trágyázása. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest, 185.
252. THAKER B.R., SINGH R.K., NELSON P.E. (1996): Quality attributes of processed tomato products: a review. *Food Reviews International*, 12: 375-401.
253. THOMPSON D.S., DAVIES W.J., HO L.C. (1998): Regulation of tomato fruit growth by epidermal cell wall enzymes. *Plant Cell Environment*, 21: 589-599.
254. THOMPSON A.J., JACKSON A.C., PARKER R.A., MORPETH D.R., BURBIDGE A., TAYLOR I.B. (2000): Abscisic acid biosynthesis in tomato: regulation of zeaxanthin epoxidase and 9-cis-epoxycarotenoid dioxygenase mRNAs by light/dark cycles, water stress and abscisic acid. *Plant Molecular Biology*: 42: 833-845.
255. THORNTHWAITE C.W. (1944): Report of the Committee on Transpiration and Evaporation, 1943–1944. *Transactions of American Geophysics Union*, 25: 683–693.
256. TOMER E., MOSHKOVITS H., ROSENFELD K., SHAKED R., COHEN M., ALONI B., PRESSMAN E. (1998): Varietal differences in the susceptibility to pointed fruit malformation in tomatoes: histological studies of the ovaries. *Scientia Horticulturae*, 77: 145-154.
257. TOMES M.L. (1963): Temperature inhibition of carotene biosynthesis in tomato. *Botanical Gazette*, 124: 180-185.
258. TONUCCI L.H., HOLDEN J.M., BUCHER G.R., KHACHIK F., DAVIS CS., MULOKOZI G. (1995): Carotenoid contents of thermally processed tomatobased food products. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 43: 579-86.
259. TOOR R.K., SAVAGE G.P. (2005): Antioxidant activity in different fractions of tomatoes. *Food Research International*, 38:487-494.
260. TORRES-RUIZ J.M., DIAZ-ESPEJO A., MORALES-SILLERO A., MARTÍN-PALOMO M.J., MAYR S., BEIKIRCHER B., FERNANDEZ J.E. (2013): Shoot hydraulic characteristics, plant water status and stomatal response in olive trees under different soil water conditions. *Plant and Soil*, 373: 77–87.
261. TURCSÁN A., (2017): Az éghajlatváltozás hatása egyes kertészeti, szántóföldi és erdészeti növénykultúrákra. Ph.D. doktori értekezés. Gödöllő.
262. TURCSÁNYI G. (1998): Mezőgazdasági növénytan. Mezőgazdasági Szaktudás Kiadó, Budapest, 556.
263. URBÁN L. (1993): Az aszály fogalma és jelentősége. Beszámoló 1989, Országos Meteorológiai Szolgálat, Budapest, 45-51., 113–135.
264. USGS (2016): <http://water.usgs.gov/edu/earthhowmuch.html>
265. VÁRALLYAY GY. (1990): Consequences of climate induced change in soil degradation processes. Trans.14th ISSS Congress, Kyoto. V. 265-270.
266. VÁRALLYAY GY., (2001): A talaj vízgazdálkodása és a környezet. *Magyar Tudomány*, 46 (7): 799–815.
267. VARGA GY. (1998): Az eltérő vízellátás hatása a zöldségnövények termésének minőségére, „AGRO-21” Füzetek - Az agrárgazdaság jövőképe, 26: 29-34.
268. VARGA GY. (2002): Az öntözés hatása egyes zöldségnövények termésének minőségére. Gödöllő, 99.
269. VARGA GY., DIMÉNY J., PÉK Z., KASSAI T. (2005): A fajta és az évjárat hatása a támrendszeres paradicsom termésképzésére. A fajtaválaszték fejlesztése a kertészetben. *Kertgazdaság-Különkiadás*, 145-154.
270. VARGA-HASZONITS Z. (1989): A vegetációs periódus alatti vízellátottság mértékének éghajlati jellemzői. In: Hanyecz V. (szerk.): Aszály. Öntözési Kutató Intézet, Szarvas, 28-42.

271. VARGA-HASZONITS Z., VARGA Z., LANTOS ZS., ENZSÖLNÉ GERENCSÉR E., MILICS G. (2008): A talajok vízellátottságának hatása a gazdasági növények vízigényének alakulására. *Agrokémia és talajtan*, 57 (1): 7-20.
272. VERMES L. (1997): Vízgazdálkodás mezőgazdasági, kertész-, tájépítés- és erdőmérnök-hallgatók részére. Mezőgazdasági Szaktudás Kiadó, Budapest, 396.
273. VGT (2015): https://www.vizugy.hu/vizstrategia/documents/072CB84D-905C-4A00-B365-FC77ABD0B45A/OVGT_foanyag.pdf
274. WALTNER I., MICHÉLI E., FUCHS M., LÁNG V., PÁSZTOR L., ZS BAKACSI ZS., LABORCZI A., SZABÓ J. (2014): Digital mapping of selected WRB units based on vast and diverse legacy data In: Arrouays D, McKenzie N, Hempel J, DeForges ACR, McBratney A (szerk.) *GlobalSoilMap: Basis of the global spatial soil information system*. Orléans, Franciaország, CRC Press - Taylor and Francis Group, 313-317.
275. WANG X., YANG W., WHEATON A., COOLEY N., MORAN B. (2010): Automated canopy temperature estimation via infrared thermography: a first step towards automated plant water stress monitoring. *Computers and Electronics in Agriculture*, 73 (1): 74–83.
276. WENKERT W. (1980): Measurement of tissue osmotic pressure. *Plant Physiology*, 65: 614.
277. WILKINSON S., DAVIES W.J. (2002): ABA-based chemical signalling: the co-ordination of responses to stress in plants. *Plant, Cell and Environment*, 25: 195-210.
278. WILKINSON S., DAVIES W.J. (2010): Drought, ozone, ABA and ethylene: new insights from cell to plant to community. *Plant, Cell and Environment*, 33: 510-525.
279. WMO (1989): Drought and desertification. Report of the CCI rapporteur on drought and desertification in warm climates to the tenth session of the Commission for Climatology. World Meteorological Organisation, Demonstrációs kiadvány, Geneva, 80.
280. WPTC (2017): <http://www.wptc.to/releases-wptc.php>
281. WU D., SUN D.W. (2013). Colour measurements by computer vision for food quality control - A review. *Trends in Food Science and Technology*, 29 (1): 5–20.
282. XIAOWEI H., XIAOBO Z., JIEWEN Z., JIYONG S., XIAOLEI Z., HOLMES M. (2014): Measurement of total anthocyanins content in flowering tea using near infrared spectroscopy combined with ant colony optimization models. *Food Chemistry*, 164: 536– 543.
283. YAN W., WALLACE D. (1998): Simulation of Prediction of Plant Phenology for Five Crops Based on Photoperiod x Temperature Interaction. *Annals of Botany*, 81: 705-716.
284. YEUM K.J., RUSSEL R.M. (2002): Carotenoid bioavailability and bioconversion. *Annual Review of Nutrition*, 22: 483-504.
285. ZEGBE-DOMÍNGUEZ J.A., BEHBOUDIAN M.H., LANG A., CLOTHIER B.E., (2003): Deficit irrigation and partial root-zone drying maintain fruit dry mass and enhance fruit quality in ‘Petopride’ processing tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.). *HortScience*, 98: 505–510.
286. SAVIC S., LIU F., STIKIC R., JACOBSEN S.E., JENSEN C.R., JOVANOVIĆ Z. (2009): Comparative effects of partial root-zone drying and deficit irrigation on growth and physiology of tomato plants. *Archives of Biological Sciences*, 61: 801–810.

http1: <https://www.sigmaaldrich.com/>

http2: <http://dosoremi.hu/usda.html>

http3: <https://seminis.hu/termekek/eredmenyek/novenyek/paradicsom/szegmens/ipari>

http4: http://www.unitedgenetics.com/products/pdf/tomatopro_squareround.pdf

http5: <http://orosco.hu/termek/11/uno-rosso>

http6: <http://www.delta-t.co.uk/product/ap4>

http7: <http://www.kruess.com>

M2 - MELLÉKLETEK**1. táblázat A különböző vízellátottságú kezelések termésparaméter adatai 2008-ban**

2008 kezelések	piacképes termés (t/ha)	nem piacképes termés (t/ha)	darabszám (mill. db/ha)	bogyó átlagtömeg (g)	Brix°	Brix hozam (t/ha)	összes vízmenny. (mm)
RÖ	108,95	8,90	2,58	50,91	5,50	5,99	441
RÖ	96,26	13,10	2,09	49,96	5,00	4,81	441
RÖ	101,47	11,42	2,11	53,19	5,20	5,28	441
RÖ	85,34	5,04	1,83	53,39	5,20	4,44	441
Cut off	86,77	8,90	2,08	51,17	5,40	5,60	369
Cut off	111,47	5,21	2,55	51,85	5,20	4,90	369
Cut off	126,08	6,13	2,46	57,27	5,60	5,70	369
Cut off	83,24	7,39	1,82	53,96	5,00	5,20	369
Kontroll	45,11	10,50	2,44	31,86	7,00	3,16	297
Kontroll	50,23	8,40	1,79	40,42	5,80	2,91	297
Kontroll	51,83	9,58	1,80	42,94	6,20	3,21	297
Kontroll	28,22	3,61	1,46	31,90	7,10	2,00	297

Megjegyzés: K = Kontroll, Cut off kezelés = a várható betakarítás előtt 30 nappal megszakított öntözésű növényállomány, RÖ = Rendszeresen öntözött kezelés (optimális vízellátottságú állomány)

2. táblázat A különböző vízellátottságú kezelések termésparaméter adatai 2009-ben

2009 kezelések	piacképes termés (t/ha)	nem piacképes termés (t/ha)	darabszám (mill. db/ha)	bogyó átlagtömeg (g)	Brix°	Brix hozam (t/ha)	összes vízmenny. (mm)
RÖ	88,22	6,09	1,66	53,02	5,66	2,86	416
RÖ	102,86	8,75	1,77	58,17	6,26	4,68	416
RÖ	87,34	7,94	1,54	56,56	6,56	4,20	416
RÖ	108,53	5,70	1,99	54,41	5,86	3,23	416
Cut off	44,09	7,29	1,23	35,79	7,73	2,96	296
Cut off	41,22	10,47	1,11	37,25	8,30	2,86	296
Cut off	40,65	3,05	1,27	31,99	7,26	2,35	296
Cut off	39,32	2,63	1,43	27,40	7,56	2,29	296
Kontroll	13,51	3,52	0,57	23,70	9,77	1,29	156
Kontroll	24,30	8,44	0,92	26,51	8,74	2,00	156
Kontroll	18,28	12,42	0,79	23,17	8,34	1,46	156
Kontroll	21,82	6,22	0,85	25,71	9,04	1,80	156

Megjegyzés: K = Kontroll, Cut off kezelés = a várható betakarítás előtt 30 nappal megszakított öntözésű növényállomány, RÖ = Rendszeresen öntözött kezelés (optimális vízellátottságú állomány)

3. táblázat A különböző vízellátottságú kezelések termésparaméter adatai 2010-ben

2010 kezelések	piacképes termés (t/ha)	nem piacképes termés (t/ha)	darabszám (mill. db/ha)	bogyó átlagtömeg (g)	Brix°	Brix hozam (t/ha)	összes vízmenny. (mm)
RÖ	30,81	8,65	0,88	32,1	4,28	1,02	565
RÖ	47,47	12,40	1,26	35,2	4,93	1,75	565
RÖ	39,55	21,59	1,01	37,7	4,68	1,27	565
RÖ	16,80	4,27	0,59	28,4	4,73	0,48	565
Cut off	32,71	11,25	0,90	36,2	4,43	1,28	500
Cut off	25,70	6,25	0,72	35,9	4,73	1,14	500
Cut off	21,61	4,24	0,79	27,3	4,98	1,01	500
Cut off	19,74	5,57	0,64	30,9	4,68	0,83	500
Kontroll	12,99	5,10	0,53	16,5	5,18	0,66	408
Kontroll	7,79	7,40	0,42	14,1	5,48	0,40	408
Kontroll	14,14	0,16	0,71	19,7	5,13	0,48	408
Kontroll	10,55	7,21	0,48	16,4	5,03	0,50	408

Megjegyzés: K = Kontroll, Cut off kezelés = a várható betakarítás előtt 30 nappal megszakított öntözésű növényállomány, RÖ = Rendszeresen öntözött kezelés (optimális vízellátottságú állomány)

4. táblázat A különböző vízellátottságú kezelések termésparaméter adatai 2011-ben

2011 kezelések	piacképes termés (t/ha)	nem piacképes termés (t/ha)	darabszám (mill. db/ha)	bogyó átlagtömeg (g)	Brix°	Brix hozam (t/ha)	összes vízmenny. (mm)
100%	108,32	3,40	2,05	46,42	5,50	5,16	498
100%	94,78	2,27	2,57	34,04	5,30	4,06	498
100%	86,61	0,72	1,99	36,77	5,50	4,32	498
100%	95,19	1,15	1,81	46,78	5,50	4,34	498
75%	134,24	1,62	2,79	44,16	5,50	5,73	414
75%	126,02	1,25	2,59	42,68	5,50	5,79	414
75%	106,02	0,83	1,70	57,73	5,70	5,05	414
75%	110,19	1,31	2,09	47,69	5,30	4,86	414
50%	150,77	0,54	2,50	51,02	5,50	7,14	330
50%	114,25	2,67	2,06	47,24	5,70	5,72	330
50%	136,02	0,96	2,48	45,93	6,10	7,47	330
50%	123,44	5,71	2,17	48,32	5,90	6,55	330
Kontroll	44,49	1,92	1,74	23,74	7,30	2,49	162
Kontroll	57,26	1,54	1,73	28,68	6,70	3,24	162
Kontroll	77,80	6,50	2,04	32,91	6,10	4,09	162
Kontroll	68,84	1,58	2,26	27,27	6,60	3,68	162

Megjegyzés: K = Kontroll, 100% = ET_{pot} szerinti vízellátottságú állomány, 75% = ET_{pot} 75% szerinti vízellátottságú állomány, 50% = ET_{pot} 50% szerinti vízellátottságú állomány

5. táblázat A különböző vízellátottságú kezelések növényélettani adatai 2008-ban

2008 kezelések	halmozott sztómakond uktancia (mol m ⁻² s ⁻¹)	levélfelület- léghőmérséklet index (°C)
RÖ	18,6	0,22
RÖ	22,3	-0,22
RÖ	19,8	-0,24
RÖ	19,9	0,36
Cut off	17,2	0,39
Cut off	19,1	0,53
Cut off	17,4	0,25
Cut off	16,2	0,82
Kontroll	11,3	0,68
Kontroll	10,3	1,51
Kontroll	9,1	1,73
Kontroll	10,0	1,30

6. táblázat A különböző vízellátottságú kezelések növényélettani adatai 2009-ben

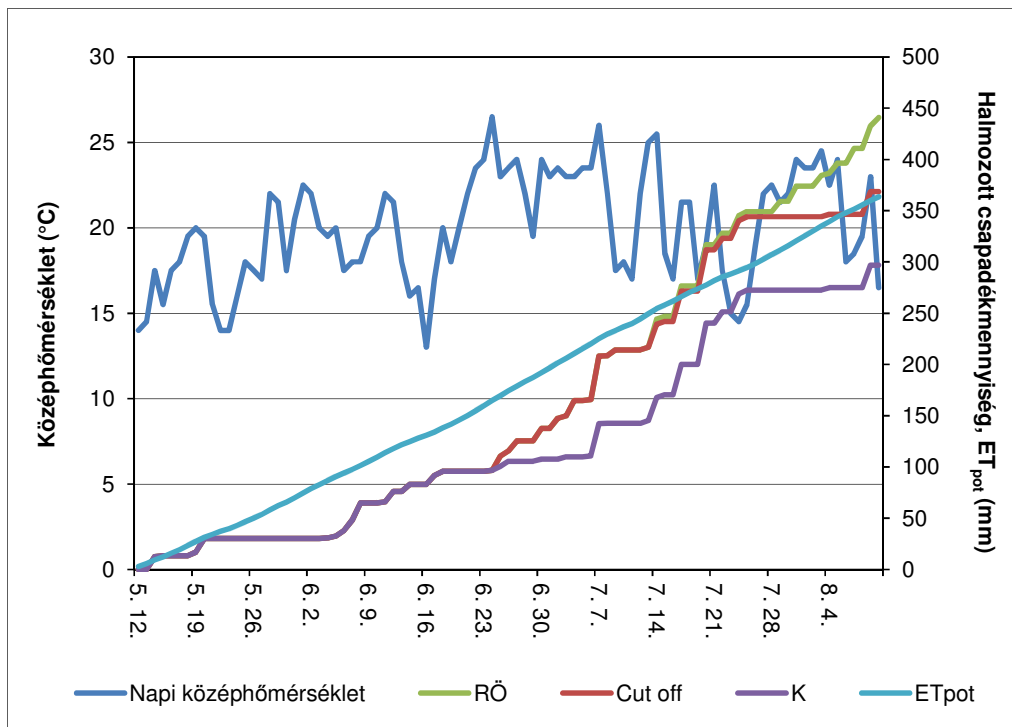
2009 kezelések	halmozott sztómakond uktancia (mol m ⁻² s ⁻¹)	levélfelület- léghőmérséklet index (°C)
RÖ	51,03	-1,52
RÖ	50,03	-1,52
RÖ	53,24	-1,45
RÖ	52,82	-1,82
RÖ	54,20	-1,90
Cut off	24,45	1,96
Cut off	28,27	2,01
Cut off	22,38	2,36
Cut off	20,84	2,52
Cut off	28,40	1,85
Kontroll	13,40	3,96
Kontroll	16,70	3,89
Kontroll	17,82	3,10
Kontroll	15,05	3,88
Kontroll	15,02	4,00

7. táblázat A különböző vízellátottságú kezelések növényélettani adatai 2010-ben

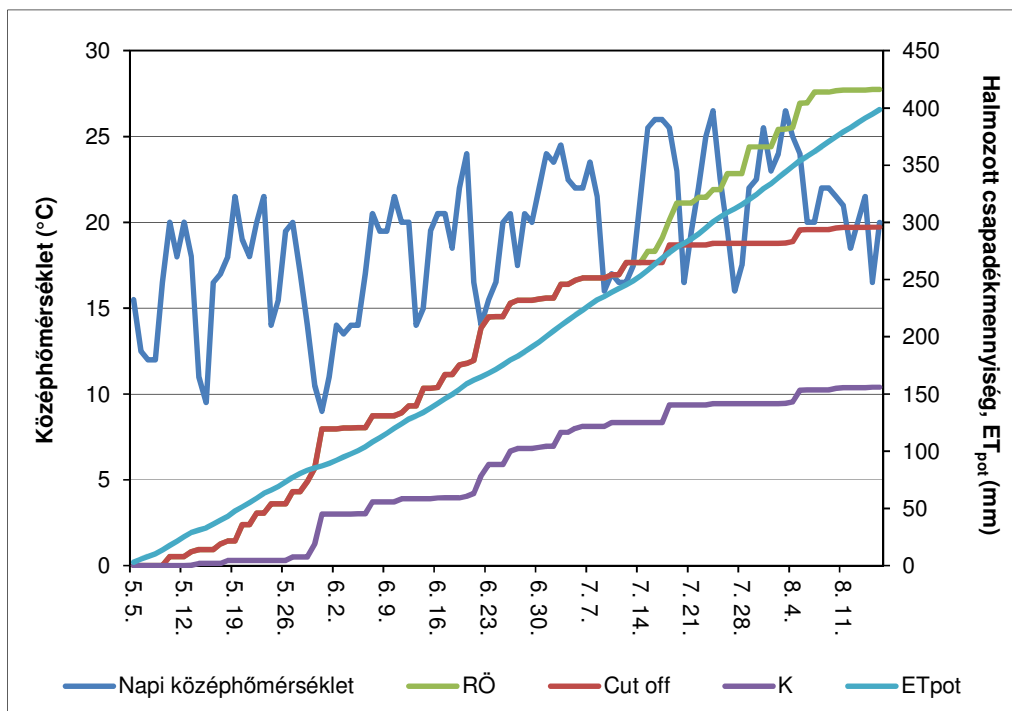
2010 kezelések	halmozott sztómakond uktancia (mol m ⁻² s ⁻¹)	levélfelület- léghőmérséklet index (°C)
RÖ	37,47	-1,12
RÖ	37,02	-1,45
RÖ	40,26	-1,02
RÖ	39,45	-1,21
RÖ	42,04	-0,73
Cut off	37,29	-1,10
Cut off	37,08	-0,92
Cut off	38,80	-1,47
Cut off	37,65	-1,04
Cut off	36,52	-1,23
Kontroll	31,64	0,33
Kontroll	36,42	-0,12
Kontroll	34,62	0,19
Kontroll	35,18	-0,20
Kontroll	36,58	-0,22

8. táblázat A különböző vízellátottságú kezelések növényélettani adatai 2011-ben

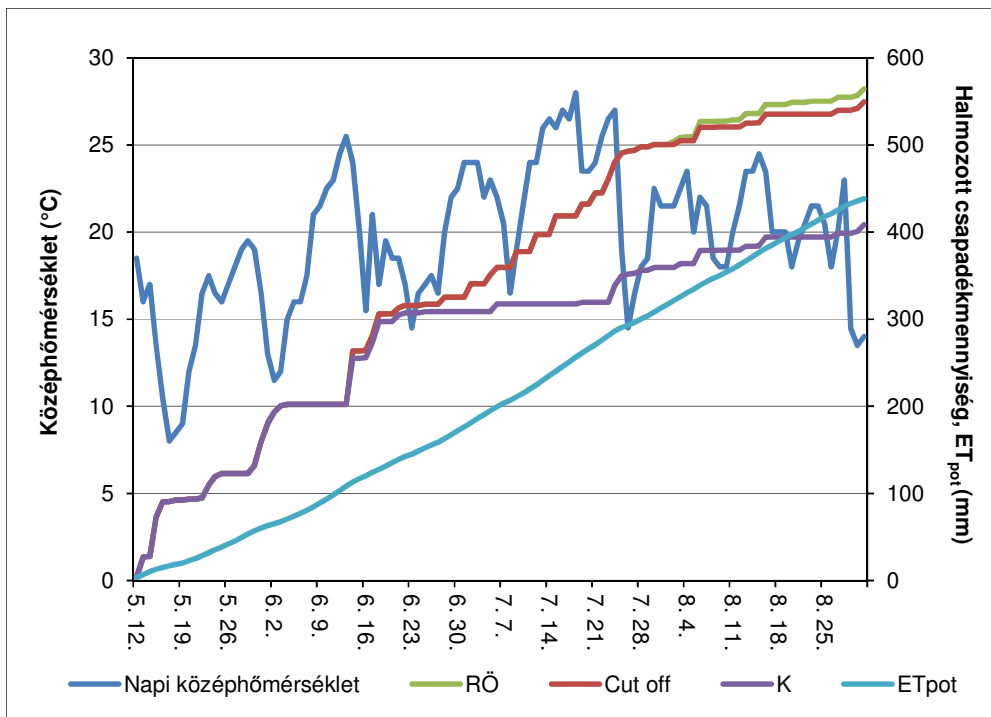
2011 kezelések	halmozott sztómakond uktancia (mol m ⁻² s ⁻¹)	levélfelület- léghőmérséklet index (°C)
100%	33,29	-0,88
100%	34,88	-0,93
100%	36,29	-1,11
100%	35,19	-1,14
75%	31,42	-0,62
75%	30,63	-0,63
75%	32,56	-0,56
75%	30,97	-0,71
50%	28,97	-0,44
50%	30,76	-0,37
50%	27,00	-0,42
50%	24,30	-0,25
Kontroll	11,88	2,16
Kontroll	14,99	1,68
Kontroll	17,17	1,50
Kontroll	14,48	1,61



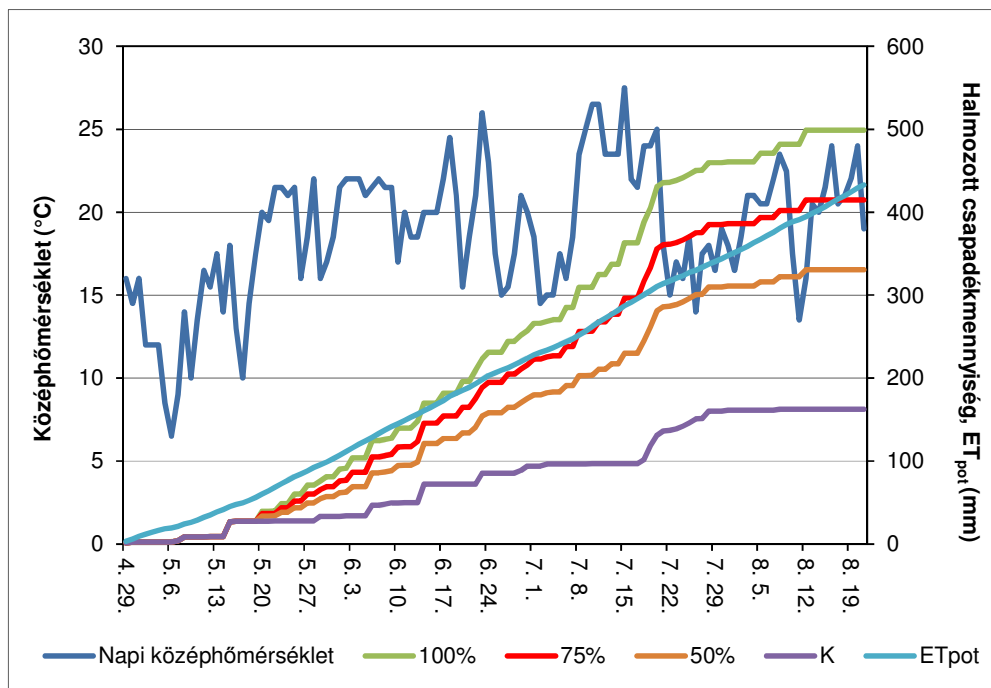
1. ábra Az egyes kezelések halmozott vízellátottsága (öntözővíz + csapadék) a potenciális evapotranszpirációhoz (ET_{pot}) viszonyítva, 2008-ban



2. ábra Az egyes kezelések halmozott vízellátottsága (öntözővíz + csapadék) a potenciális evapotranszpirációhoz (ET_{pot}) viszonyítva, 2009-ben



3. ábra Az egyes kezelések halmozott vízellátottsága (öntözővíz + csapadék) a potenciális evapotranspirációhoz (ET_{pot}) viszonyítva, 2010-ben



4. ábra Az egyes kezelések halmozott vízellátottsága (öntözővíz + csapadék) a potenciális evapotranspirációhoz (ET_{pot}) viszonyítva, 2011-ben

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

Ezúton szeretném köszönetemet kifejezni mindazoknak, akik segítséget nyújtottak a kutatómunkám során.

Hálásan köszönöm Prof. Dr. Helyes Lajos áldozatos munkáját, aki témavezetőként pótolhatatlan segítséget és támogatást nyújtott számomra.

Köszönetemet szeretném kifejezni Dr. Pék Zoltánnak, az eredmények értékelésében nyújtott nélkülözhetetlen szakmai segítségéért.

Az adatok statisztikai értékelésében nyújtott önzetlen segítségéért hálával tartozom Dr. Wichmann Barnabásnak.

Szeretném megköszönni a Kertészeti Intézet valamennyi dolgozójának támogatását a dolgozat elkészítésében.

Végül, de nem utolsósorban köszönettel tartozom családomnak és barátaimnak a kitartó szeretetükért és támogatásukért.

TÁBLÁZAT ÉS ÁBRAJEGYZÉK

1. táblázat A szárazságstressz elemei (Heszky, 2007; Birkás et al., 2010).....	22
2. táblázat Sztómaaktivitást befolyásoló tényezők (Tari, 2008).....	31
3. táblázat A kísérleti helyszín talajszelvényének morfológiai adatai	36
4. táblázat Éghajlati adatsorok Gödöllőn 1901-2010.....	37
5. táblázat Az egyes évek termesztési időszakának főbb technológiai elemei.....	38
6. táblázat A különböző vízellátottságú kezelések fontosabb termésparamétereinek alakulása 2008- ban (n=4, \pm SD).....	64
7. táblázat A különböző vízellátottságú kezelések fontosabb termésparamétereinek alakulása 2009- ben (n=4, \pm SD).....	72
8. táblázat A különböző vízellátottságú kezelések fontosabb termésparamétereinek alakulása 2010- ben (n=4; \pm SD).....	80
9. táblázat A különböző vízellátottságú kezelések fontosabb termésparamétereinek alakulása 2011- ben (n=4; \pm SD).....	88
10. táblázat A termésparaméterek közötti kapcsolat Pearson-féle korrelációs együtthatói (R), 4 év átlagában (n=52).....	100
1. ábra A hazai ipari paradicsomtermelés alakulása (FruitVeb, 2016).....	9
2. ábra A likopin molekulaszervezete (http1).....	15
3. ábra A betakarítás menete és a feldolgozás egyes fázisai (fotó: Pék 2016, Univer Product Zrt)..	18
4. ábra Nyitott és zárt állapotú gázcserenyílások, mesterségesen színezett pásztázó elektronmikroszkóp (PEM) felvételen (Pearson Education Inc., 2005).....	32
5. ábra Az abszcizinsav (ABS) molekulaképlete (http1)	32
6. ábra A Gödöllői-dombság kistáj, és települései (Marosi és Somogyi, 1990)	35
7. ábra Magyarország fizikai talajféleség térképe a DOSoReMI.hu projekt alapján, 0-30 cm-es mélységben (Pásztor et al., 2017; http2).....	36
8. ábra A csepegtető öntözőrendszer az ikersorok között (fotó: Böcs 2010; 2011)	39
9. ábra A kísérlethez nevelt tálcás ipari paradicsompalánták (fotó: Böcs 2011).....	39
10. ábra A kísérleti paradicsom-állomány képe 2008-ban (fotó: Böcs 2008).....	40
11. ábra A kísérleti terület 2009-ben (fotó: Böcs 2009).....	42
12. ábra A szedésre előkészített növények, és a rekeszekbe szedett paradicsom minták ismétlésenként/kezelésenként (fotó: Böcs 2009)	42
13. ábra A kísérleti növényállomány tömeges virágzásban (balra), és az intenzív bogyonnövekedés fázisában (fotó: Böcs 2010)	43

14. ábra Mérés közben (fotó: Böcs-Németh 2010).....	44
15. ábra Az egyes fenológiai fázisok és a betakarítás 2011-ben (fotó: Böcs 2011)	45
16. ábra A 2008-ban és 2009-ben alkalmazott Brigade F ₁ ipari paradicsomfajta (fotó: Böcs 2008)	46
17. ábra A 2010-ben alkalmazott Brixsol F ₁ ipari paradicsomfajta (http4)	47
18. ábra A 2011-ben alkalmazott Uno Rosso F ₁ ipari paradicsomfajta (http5).....	47
19. ábra A 2008. évi csapadék alakulása (OMSZ, 2008).....	48
20. ábra A tenyészidőszak meteorológiai adatai a termesztés időtartama alatt 2008-ban	48
21. ábra A potenciális evapotranszpiráció (ET _{pot}) és a lehullott csapadék viszonya a termesztés ideje alatt 2008-ban	49
22. ábra A 2009. évi csapadék alakulása (OMSZ, 2009).....	50
23. ábra A tenyészidőszak meteorológiai adatai a termesztés időtartama alatt 2009-ben	50
24. ábra A potenciális evapotranszpiráció (ET _{pot}) és a lehullott csapadék viszonya a termesztés ideje alatt 2009-ben	51
25. ábra A 2010. évi csapadék alakulása (OMSZ, 2010b).....	51
26. ábra A tenyészidőszak meteorológiai adatai a termesztés időtartama alatt 2010-ben	52
27. ábra A potenciális evapotranszpiráció (ET _{pot}) és a lehullott csapadék viszonya a termesztés ideje alatt 2010-ben	53
28. ábra A 2011. évi csapadék alakulása (OMSZ, 2011).....	54
29. ábra A tenyészidőszak meteorológiai adatai a termesztés időtartama alatt 2011-ben	54
30. ábra A potenciális evapotranszpiráció (ET _{pot}) és a lehullott csapadék viszonya a termesztés ideje alatt 2011-ben	55
31. ábra AP4 porométer és a mérőfej (fotó: Böcs 2009).....	56
32. ábra Raytek MX4 TD infravörös távhőmérő (fotó: Böcs 2009).....	56
33. ábra AP4 porométer mérőfejének elhelyezése a levélen a transzspiráció méréséhez (http6)	58
34. ábra AP4 porométerhez tartozó kalibráló lemez és mérőfej (http6).....	58
35. ábra A mérőműszerek használata ipari paradicsom-állományban (fotó: Böcs-Németh 2009) ...	59
36. ábra Oldható szárazanyag-tartalom mérésére szolgáló hordozható refraktométer (http7).....	60
37. ábra Az ipari paradicsom-állomány halmozott sztómakonduktanciájának alakulása 2008-ban (Brigade F ₁ , n=41).....	62
38. ábra Az ipari paradicsom-állomány halmozott sztómakonduktancia értékei és a termésmennyiség közötti kapcsolat 2008-ban (Brigade F ₁ , n=12)	63
39. ábra A bogyó darabszám és a piacképes termésmennyiség kapcsolata 2008-ban (Brigade F ₁ , n=12).....	64
40. ábra A bogyó átlagtömeg és a piacképes termésmennyiség kapcsolata 2008-ban (Brigade F ₁ , n=12).....	65

41. ábra A vízellátottság és a Brix ^o , valamint Brix hozam közötti összefüggés 2008-ban (Brigade F ₁ , n=12)	65
42. ábra A vízellátottság és az összes piacképes termés, darabszám és bogyó átlagtömeg közötti összefüggés 2008-ban (Brigade F ₁ , n=12).....	66
43. ábra A különböző vízellátottságú ipari paradicsom-állományok levélfelszín hőmérsékletének alakulása a léghőmérséklet viszonylatában, 2008-ban (Brigade F ₁ , n=42)	67
44. ábra A különböző vízellátottságú ipari paradicsom-állományok termésmennyiségének alakulása a levegő-levélfelszín hőmérséklet különbség viszonylatában, 2008-ban (Brigade F ₁ , n=12).....	68
45. ábra A levélfelület-léghőmérséklet különbség és a halmozott sztómakonduktancia közötti összefüggés 2008-ban (Brigade F ₁ , n=12).....	69
46. ábra Az ipari paradicsom-állomány halmozott sztómakonduktanciájának alakulása 2009-ben (Brigade F ₁ , n=49).....	70
47. ábra Az ipari paradicsom-állomány halmozott sztómakonduktancia értékei és a termésmennyiség kapcsolata 2009-ben (Brigade F ₁ , n=12)	71
48. ábra A bogyó darabszám és a piacképes termésmennyiség kapcsolata 2009-ben (Brigade F ₁ , n=12).....	73
49. ábra A bogyó átlagtömeg és a piacképes termésmennyiség kapcsolata 2009-ben (Brigade F ₁ , n=12).....	73
50. ábra A vízellátottság és a Brix ^o , valamint a Brix hozam közötti összefüggés 2009-ben (Brigade F ₁ , n=12)	74
51. ábra A vízellátottság és az összes piacképes termés, darabszám és bogyó átlagtömeg közötti összefüggés 2009-ben (Brigade F ₁ , n=12).....	75
52. ábra A különböző vízellátottságú ipari paradicsom-állományok levélfelszín hőmérsékletének alakulása a léghőmérséklet viszonylatában, 2009-ben (Brigade F ₁ , n=51)	76
53. ábra A különböző vízellátottságú ipari paradicsom-állományok termésmennyiségének alakulása a levegő-levélfelszín hőmérséklet különbség viszonylatában, 2009-ben (Brigade F ₁ , n=12).....	76
54. ábra A levélfelület-léghőmérséklet különbség és a halmozott sztómakonduktancia közötti összefüggés 2009-ben (Brigade F ₁ , n=15).....	77
55. ábra Az ipari paradicsom-állomány halmozott sztómakonduktanciájának alakulása 2010-ben (Brixsol F ₁ , n=68).....	78
56. ábra Az ipari paradicsom-állomány halmozott sztómakonduktancia értékei és a termésmennyiség kapcsolata 2010-ben (Brixsol F ₁ , n=12)	79
57. ábra A bogyó darabszám és a piacképes termésmennyiség kapcsolata 2010-ben (Brixsol F ₁ , n=12).....	81

58. ábra A bogyó átlagtömeg és a piacképes termésmennyiség kapcsolata 2010-ben (Brixsol F ₁ , n=12).....	81
59. ábra A vízellátottság és a Brix ^o , valamint a Brix hozam közötti összefüggés 2010-ben (Brixsol F ₁ , n=12)	82
60. ábra A vízellátottság és az összes piacképes termés, darabszám és bogyó átlagtömeg közötti összefüggés 2010-ben (Brixsol F ₁ , n=12).....	83
61. ábra A különböző vízellátottságú ipari paradicsom-állományok levélfelszín hőmérsékletének alakulása a léghőmérséklet viszonylatában, 2010-ben (Brixsol F ₁ , n=66).....	83
62. ábra A különböző vízellátottságú ipari paradicsom-állományok termésmennyiségének alakulása a levegő-levélfelszín hőmérséklet különbség viszonylatában, 2010-ben (Brixsol F ₁ , n=12).....	84
63. ábra A levélfelület-léghőmérséklet különbség és a halmozott sztómakonduktancia közötti összefüggés 2010-ben (Brixsol F ₁ , n=15).....	85
64. ábra Az ipari paradicsom-állomány halmozott sztómakonduktanciájának alakulása 2011-ben (Uno Rosso F ₁ , n=55).....	87
65. ábra Az ipari paradicsom-állomány halmozott sztómakonduktancia értékei és a termésmennyiség kapcsolata 2011-ben (Uno Rosso F ₁ , n=16)	87
66. ábra A bogyó darabszám és a piacképes termésmennyiség kapcsolata 2011-ben (Uno Rosso F ₁ , n=16).....	89
67. ábra A bogyó átlagtömeg és a piacképes termésmennyiség kapcsolata 2011-ben (Uno Rosso F ₁ , n=16).....	90
68. ábra A vízellátottság és a Brix ^o , valamint a Brix hozam közötti összefüggés 2011-ben (Uno Rosso F ₁ , n=16).....	90
69. ábra A vízellátottság és az összes piacképes termés, darabszám és bogyó átlagtömeg közötti összefüggés 2011-ben (Uno Rosso F ₁ , n=16)	91
70. ábra A különböző vízellátottságú ipari paradicsom-állományok levélfelszín hőmérsékletének alakulása a léghőmérséklet viszonylatában, 2011-ben (Uno Rosso F ₁ , n=54)	92
71. ábra A különböző vízellátottságú ipari paradicsom-állományok termésmennyiségének alakulása a levegő-levélfelszín hőmérséklet különbség viszonylatában, 2011-ben (Uno Rosso F ₁ , n=16) .	93
72. ábra A levélfelület-léghőmérséklet különbség és a halmozott sztómakonduktancia közötti összefüggés 2011-ben (Uno Rosso F ₁ , n=16).....	93
73. ábra A vízellátottság és a piacképes termés közötti összefüggések 2008-2011	94
74. ábra A vízellátottság és a piacképes termés közötti összefüggés 3 év átlagában (n=40).....	95
75. ábra A vízellátottság és a Brix ^o közötti összefüggés 4 év átlagában (n=52).....	95
76. ábra A vízellátottság és a Brix hozam közötti összefüggések 3 év átlagában (n=52)	96
77. ábra A vízellátottság és a sztómakonduktancia közötti összefüggés 2008-2011.....	97

78. ábra A vízellátottság és a sztómakonduktancia közötti összefüggés 4 év átlagában (n=58).....	97
79. ábra A vízellátottság és a levélfelület-léghőmérséklet különbség közötti összefüggések 2008-2011	98
80. ábra A vízellátottság és a levélfelület-léghőmérséklet különbség közötti összefüggés 4 év átlagában (n=58).....	98
81. ábra A sztómakonduktancia és a levélfelület-léghőmérséklet különbség közötti összefüggések 2008-2011	99
82. ábra A sztómakonduktancia és a levélfelület-léghőmérséklet különbség közötti összefüggés 4 év átlagában (n=58).....	100