MTA DOKTORI ÉRTEKEZÉS

A PARADICSOM (*Lycopersicon lycopersicum* (L.) KARSTEN)
TERMÉSKÉPZÉSÉRE HATÓ ABIOTIKUS ÉS BIOTIKUS TÉNYEZŐK ÉRTÉKELÉSE KÜLÖNÖS TEKINTETTEL A BELTARTALMI ÖSSZETEVŐKRE.

HELYES LAJOS

Gödöllő, 2007

Tartalomjegyzék

1. Bevezetés

1.1. Paradicsomtermesztés szerepe, jelentősége a világ zöldségtermesztésében

A világon a statisztikailag nyilvántartott zöldségtermő terület napjainkban 52 millió hektárra tehető, ami az elmúlt 5 évben közel 15 %-os növekedést mutatott. Ezen a területen kb. 881 millió tonna termésmennyiséget, állítanak elő (FAO, 2005.). A világon több mint 200 zöldségfajt termesztenek, hazánkban is 45-50 faj termesztésével foglalkoznak. Fontos megemlíteni, hogy a paradicsom üzemi méretű termesztése az egyes földrészeken alig néhány évszázados múltra tekint vissza. Termesztésének nagyarányú előretörése az első világháború után következett be. A paradicsom termőterülete az 1960-as években a világon csupán 1 millió ha volt, ezen a felületen 18 millió tonna termést takarítottak be. A 70-es 80-as években megkétszereződött a paradicsom termőterülete, a termés mennyisége, pedig háromszorosára növekedett. Napjainkban a paradicsom szerepe, jelentősége a világ zöldségtermesztésében kiemelkedő, hisz jelenleg közel 4,5 millió hektáron, 125 millió tonna termést állítanak elő (FAO, 2005.). A statisztikai adatok ismeretében elmondható, hogy az elmúlt 5 év átlagában a zöldségtermesztéssel hasznosított termőterületnek 8,5 %-án paradicsomot termesztettek. A termés mennyiségét vizsgálva még jelentősebb részarányt képvisel, mivel a világon évente előállított termésnek 14 %–át adja, tehát másként megfogalmazva minden hetedik kilogramm zöldségféle az paradicsom.

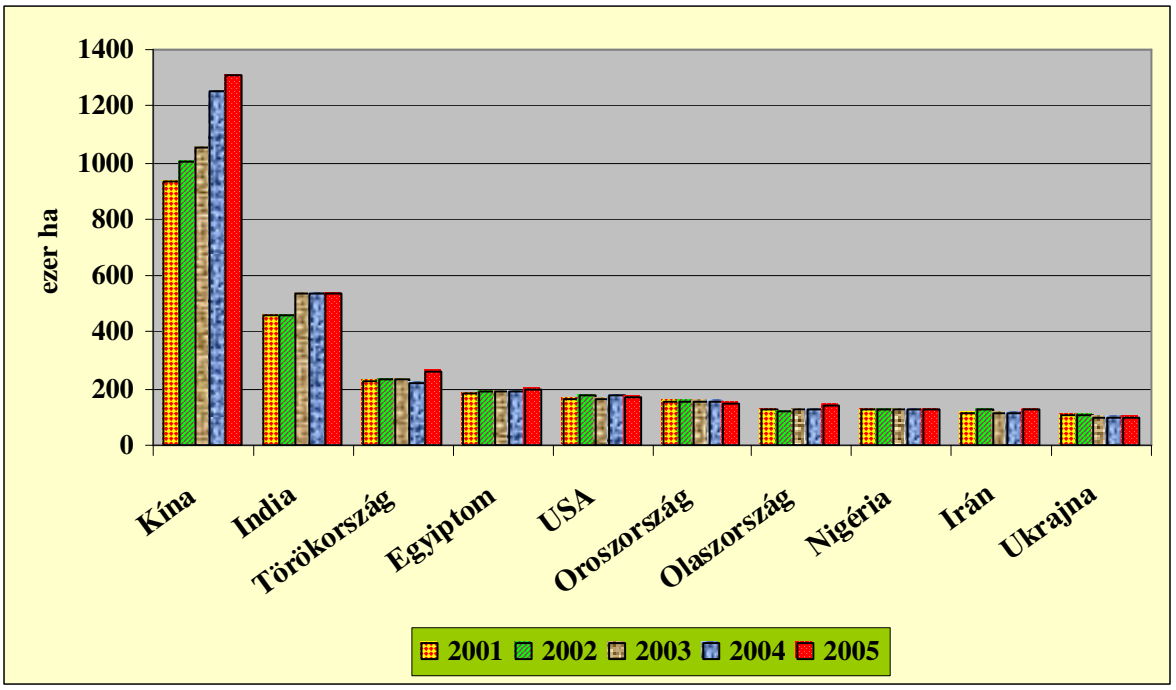
A statisztikai adatok alapján a mérsékelt övi paradicsomtermesztés a meghatározó. A trópusi területeken hiányoznak a megfelelő éghajlati feltételek a paradicsom eredményes termesztéséhez. Ezeken a területeken csupán a hűvösebb évszakokban, illetve a magasabb fekvésű melegebb területeken lehet szabadföldi termesztést folytatni. A területek kb. 75 %-a a Ráktérítő és az 50. északi, valamint a Baktérítő és az 50. déli szélességi fok között található, az előállított termés mennyiségét figyelembe véve még nagyobb (kb. 90 %) ezen térség részesedése. Az utóbbi évtizedekben a kontinensek szerepe, jelentősége részben megváltozott, annak ellenére, hogy Ázsia megőrizte vezető szerepét, sőt a területi és a termés mennyiségében bekövetkező gyarapodás is itt történt meg. E tekintetben külön is kiemelést érdemel a kínai termelés rendkívül dinamikus növekedése. Kínában a 80-as évek első felében az előállított paradicsom mennyisége csupán 6 millió tonna körül alakult, viszont a 90-es évek elejétől egy nagyon erőteljes termelésbővülés tapasztalható, az elmúlt tíz évben voltak olyan évek (pl. 2000. és 2002.) amikor a megtermelt paradicsom mennyisége több mint 3 millió tonnával meghaladta az előző év termelését, erre az időszakra vonatkoztatva évenként átlagosan 1,7 millió tonnával nőtt a kínai paradicsomtermelés. Összességében megállapítható, hogy Kínában az elmúlt két évtizedben az előállított termésmennyiség az ötszörösére növekedett. Az utóbbi években a félkész nagy kiszerelésű Kínából származó paradicsom termékek (pl. a kannás paradicsompüré – min. 30 Brix° -) konzervgyárainkban is megjelentek és az alacsony árak miatt ezek a termékek a hazai ipari paradicsomtermelés komoly versenytársának számítanak. A területi arányokat vizsgálva megállapíthatjuk, hogy 10 ország adja a világ összes termőterületének közel 70 %-át. Kínában a világ termőterületének 28,5 %-a található jelenleg (1. ábra). Az előállított termés mennyiségét figyelembe véve hasonló arányokat tapasztalunk. A legnagyobb termésmennyiséget előállító 10 ország adja a világ termelésének 72 %-át. Kína túlsúlya itt is szembetűnő, mivel a világ termésmennyiségének 26 %-a innen származik. Az elkövetkező években ez a tendencia valószínűleg még erősödik (2. ábra).

Természetesen külön is érdemes foglalkozni néhány gondolat erejéig az Európai Unió paradicsomtermelésével, mivel közismert, hogy több mint két éve hazánk is e közösség tagja és bizonyos területeken (ipari paradicsom, hajtatott paradicsom stb.) ezen országok a

legfontosabb versenytársaink a piacon. Az EU (25) tagállamai a világ paradicsom területének közel 7 %-át, míg a termés mennyiségének 15 %-át adják. Az EU termelésének több mint 40 %-át (43,3 %) Olaszország állítja elő, Spanyolország 25,2 %, Görögország 10,4 %-kal, míg Portugália 6,3 %-kal részesedik. Tehát a felsorolt 4 ország adja az EU paradicsom mennyiségének kb. 85 %-át. Az EU tagállamai közül Hollandiában, Belgiumban, Dániában, Finnországban, Észtországban, Írországban, Nagy-Britanniában, Svédországban, Ausztriában, Szlovéniában a szabadföldi termelés szinte elhanyagolható volumenű. Ezen országokban a paradicsomtermelés hajtatott körülmények között történik és természetesen kizárólag friss fogyasztásra. A növényházi körülmények között előállított termésmennyiség tekintetében kiemelkedik Hollandia (645 ezer tonna), de a belgiumi hajtatott paradicsom mennyisége is figyelemre méltó (250 ezer tonna).

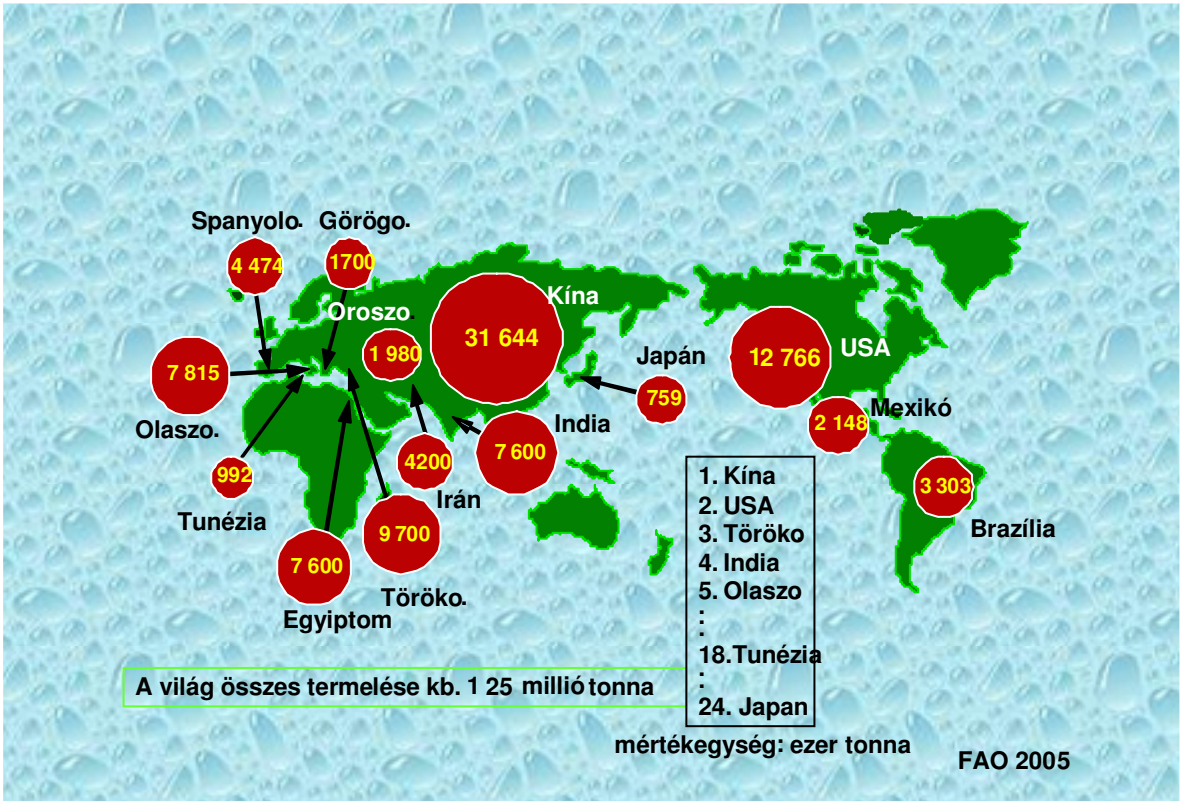
A világon paradicsomtermesztésben az átlagtermés 27 t/ha, amely az utóbbi években stagnál. A termelés színvonala, illetve a termésátlagok tekintetében lényeges különbségek vannak az egyes országok között. Fontos megjegyezni, hogy a statisztikai adatok értékelésénél alapvetően figyelembe kell venni a termesztés módját. Azon országokban, ahol a szabadföldi termesztés gazdaságosan nem oldható meg, ott csak hajtatják (növényházban termesztik) a paradicsomot. Ezen országok közül legjelentősebb, Hollandia (termésátlag: 453 t/ha), Svédország és Norvégia (300 t/ha), Belgium (263 t/ha) stb., tehát azon területeken, ahol a növényházi termesztés dominál ott ilyen kiugróan magas termésátlagokkal, találkozunk. Természetesen e termesztési módnál teljesen mások a termesztés feltételei és a költségösszetevői, mint az ipari célra történő szabadföldi termesztésnek. Kína termésátlaga nagyságrendileg megegyezik a világátlaggal, viszont a 2. legnagyobb területtel rendelkező India termésátlaga (14-16 t/ha) nagyon alacsony színvonalú termesztésre utal. Az átlagosan 170 ezer ha termőterülettel rendelkező USA termésátlaga kiemelkedő közel 70 t/ha volt az elmúlt 5 év átlagában. A nagy termelő Spanyolország (61 t/ha), Brazília (57 t/ha), Olaszország (51 t/ha), de még Törökország (40 t/ha) estében is elmondható még, hogy jó technikai színvonalon történik a termelés. Érdemes megemlíteni Izrael termelését, amely csupán 3 – 5 ezer hektár közötti területen folyik, de kizárólag csepegtető öntözéssel és magas technológiai színvonalon 110 t/ha termésátlagot érnek el. Látható, hogy az egyes országok termésátlagai között jelentős különbségek vannak. A nagy termésátlag eléréséhez a talaj típusának és az alkalmazott termesztéstechnológiának (szaporítás módja, alkalmazott fajta, öntözés stb.) megfelelően okszerű tápanyag-utánpótlásra van szükség. Emellett azon paradicsomtermelési régiókban érnek el kiemelkedő termésmennyiséget és minőséget, amelyek jó talajadottságokkal rendelkeznek, és <u>száraz klímán</u> helyezkednek el. Az ilyen területeken szakszerű és jól tervezett öntözéssel kihasználható az alkalmazott fajta, illetve hibrid genetikai képessége. A szabadföldön használt barázdás és esőszerű öntözés, a csepegtető öntözésnél rosszabb vízhasznosítást tesz lehetővé, ezért az ipari paradicsomtermelésnél a csepegtető öntözésre nagyobb arányban kellene áttérni.

Az 1. és 2. ábra a világ legjelentősebb paradicsom termőterülettel és termésmennyiséggel rendelkező országait illetve régióit mutatják be. A területi- és a termés adatok lehetőséget adnak (az előbbiekben már röviden említett) az adott ország termelési színvonalának értékelésére is. A második legnagyobb termőfelülettel rendelkező India az előállított termésmennyiség tekintetében csupán 5.-6. a listán. Ezzel szemben USA a területet tekintve 5. kb. 170 ezer hektárral (ez az indiai területnek alig harmada) viszont ezen a területen közel 13 millió tonnát állít elő. Az Amerikai Egyesült Államok ipari paradicsomtermelése Kaliforniában, míg a friss fogyasztásra termelt zömmel Floridában van.



FAO (2005) alapján

1. ábra A világ tíz legnagyobb termőterülettel rendelkező országában a paradicsomterületek változása az elmúlt 5 évben



2. ábra A világ illetve az egyes régiók jelentősebb paradicsomtermelő országai

1.2. A hazai paradicsomtermesztés rövid értékelése

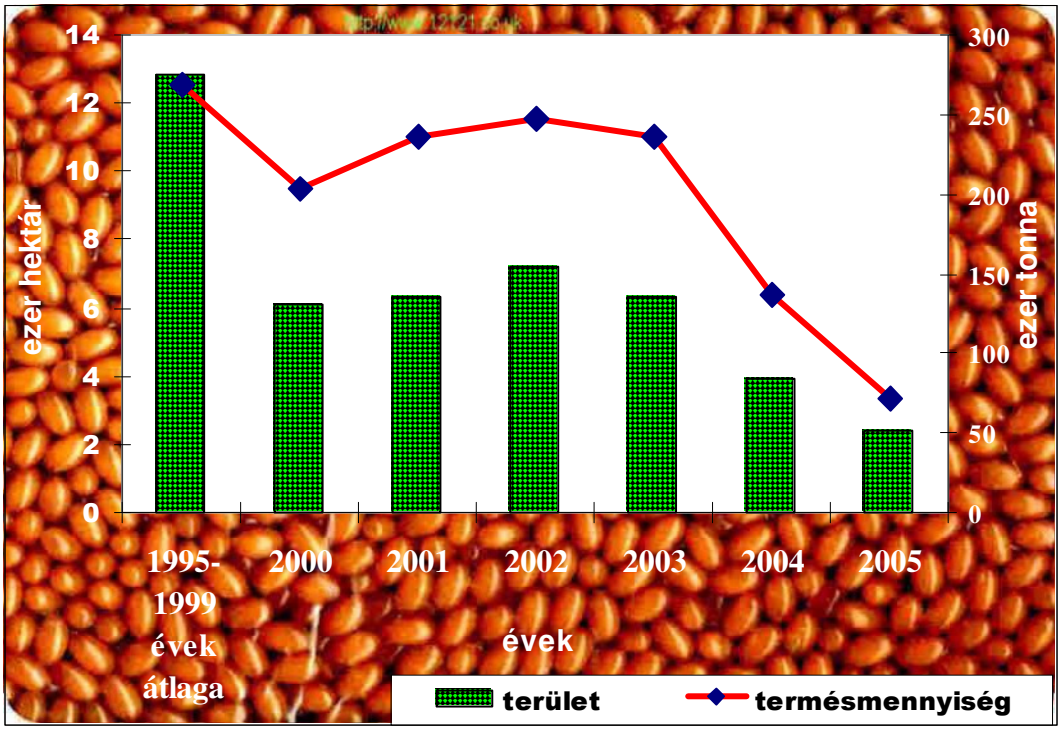
A termesztés módja szerint beszélhetünk:

hajtatásról

szabadföldi termesztésről: síkművelésről,

támrendszeres termesztésről.

A felhasználás célját tekintve, pedig friss fogyasztásról és élelmiszeripari (konzerv- és hűtőipar) felhasználásról beszélhetünk. Ellentétben, a világ paradicsomtermesztésében tapasztalható trenddel, hazánkban a szabadföldi paradicsomtermesztés napjainkban komoly válságban van. Ez a megállapítás alapvetően – az EU jelentős szabadföldi paradicsomtermelő országaihoz viszonyítva - az alacsony technológiai színvonalra vonatkozik. A ’90-es években a szabadföldi terület még meghaladta 12 ezer hektárt, viszont az ezredfordulóra ez közel a felére csökkent. Az elmúlt 2 évben a várakozásokkal szemben a terület tovább csökkent és a tavalyi évben drámai mélypontot ért el és alig több mint 2 ezer hektár körül alakult. A szabadföldön előállított termés mennyisége a 2000 és 2003 között meghaladta a 200 ezer tonnát, viszont az elmúlt 2 évben jelentősen csökkent és 2005-ben ipari paradicsomból alig több mint 71 ezer tonnát takarítottuk be (3. ábra). Magyarország a ’70-es években több mint 400 ezer tonna ipari felhasználású paradicsomot termelt. Ezen adatok nem egyeznek meg a FAO adatokkal, aminek valószínűleg az az oka, hogy hazánkban jelentős a paradicsom hajtatása (a 2. legfontosabb hajtatott faj), ahol az elmúlt években a termelés kb. 100 ezer tonna mennyiségnél stabilizálódott. A FAO adatokban a szabadföldi és a hajtatott paradicsom mennyisége együttesen jelenik meg.



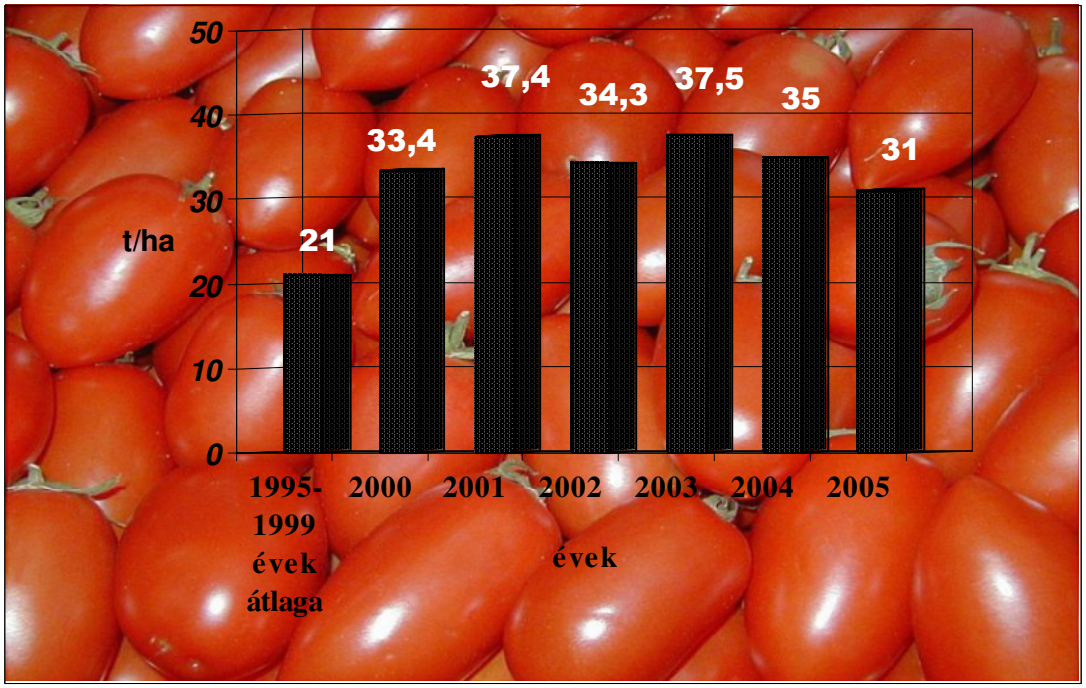
FruitVeb (2005) alapján

3. ábra A szabadföldi paradicsom területének és termésmennyiségének alakulása hazánkban

Az ipari paradicsomra az EU-ban úgynevezett nemzeti küszöbértékeket határoztak meg. Magyarországra vonatkozó nemzeti küszöb (magyar kvóta) 130 790 tonna, amelyet sajnos az 1996-2000 évek termelési átlagai alapján határoztak meg és a megállapodáskor, azt feltételeztük, hogy ez nehéz helyzetbe hozza a hazai ipari paradicsomtermesztés további fejlődését. Erre a mennyiségre az EU-ban 34, 50 euró/tonna (ami kb. 8,6 HUF/kg) támogatás

igényelhető. Ez a támogatás a felvásárlási ár kb. 40 - 45 %-át fedezi, így jelentősen elősegíti a termelés gazdaságossá tételét. Sajnálatos tény, hogy a 2005-ös évben az engedélyezett kvóta alig több mint felét takarítottuk csupán be!

Hazánkban a ’90-es évekhez viszonyítva, az elmúlt évek jelentős területi csökkenését nem követte a termesztés színvonalának számottevő növekedése. Az elmúlt évek termésátlagai az EU jelentős termelőihez (pl. Olaszország, Spanyolország) képest is nagyon gyengének mondhatók. A ’90-es évekhez képest egy „jelentősnek” látszó javulás figyelhető meg, de még napjainkban sem értük el a 40t/ha –os termésátlagot (4. ábra). A jelenlegi gazdaságossági küszöb, az alkalmazott termesztéstechnológia egyes elemeitől (az alkalmazott fajta, a szaporítás módja, a palánta típusa, az öntözés módja stb.) függően 45-55 t/ha közé tehető. Tehát országos átlagban az ipari paradicsomtermelésünk ezt a szintet még nem éri el. A jelenlegi átlagos 17-18 Ft/kg-os felvásárlási ár növekedésére nem lehet számítani, mivel az EU-ban sem (az USA-ban sem) fizetnek többet a paradicsomért a feldolgozó üzemek. Tehát az eredményes, versenyképes termelés fenntartásának egyetlen útja, a magas minőség megtartása mellett, a termésátlagok drasztikus növelése, adott estben megduplázása az országos átlagot figyelembe véve. Hazánkban is találkozunk néhány olyan 100 hektáron termelő üzemekkel, akik üzemi átlagban tudják produkálni a 90 t/ha termésátlagot!



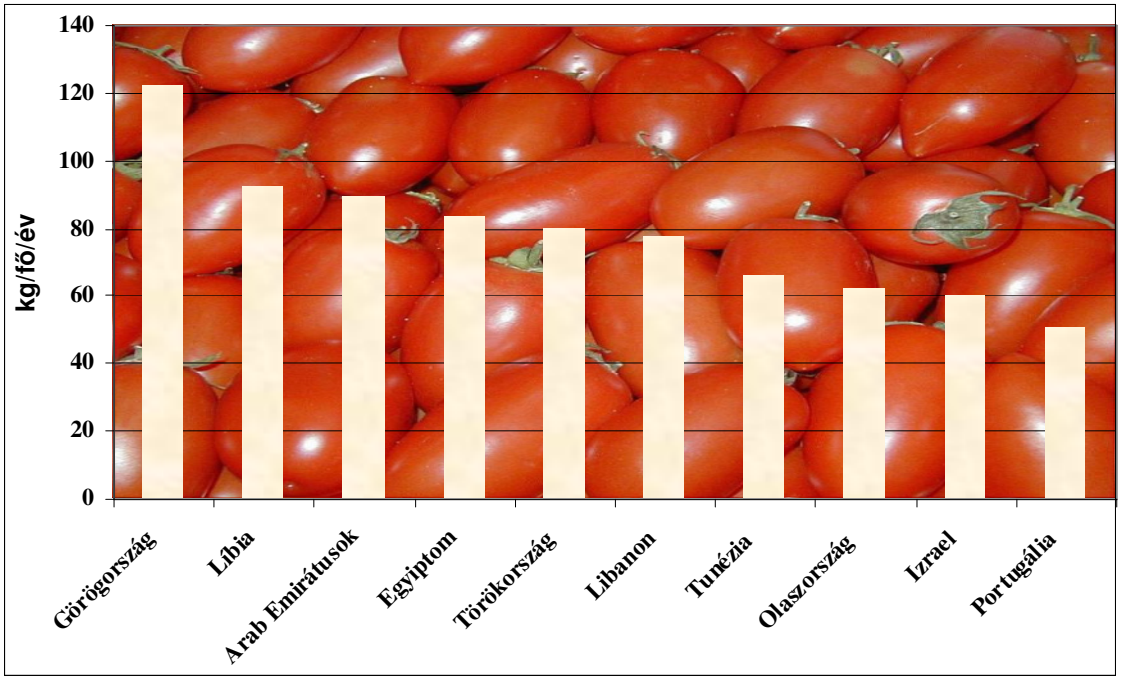
FruitVeb (2005) alapján

4. ábra Az ipari paradicsom termésátlagának alakulása az elmúlt években hazánkban

1.3 A paradicsom táplálkozási jelentősége

Az egy főre jutó zöldségfogyasztás a világon kb. 130-140 kg/fő/év, amiből a paradicsom közel 20 kg/fő/év, tehát az összes zöldségfogyasztás kb. 15 %-át adja. A hazai zöldségfogyasztás a világátlag alatt van, az elmúlt 5 évben 115 és 120 kg/fő/év között alakult. A hazai fogyasztáson belül a paradicsom részesedése kb. 20 % (22-24 kg/fő/év). Az egyes országok paradicsom fogyasztása között óriási eltérések vannak. Az 5. ábra a világ tíz legnagyobb paradicsomfogyasztó államát mutatja be. Ezen országok közül is kiemelkedik Görögország, ahol az éves fogyasztás meghaladja a 120 kg-ot (ez közel megegyezik a hazai összes zöldségfogyasztással). Az arab országokban a paradicsom rendkívül kedvelt és nagy mennyiségben fogyasztott zöldségfaj. Általánosságban elmondható, hogy a mediterrán régió

országaiban magas a paradicsomfogyasztás. Érdemes megemlíteni, hogy a Földön több olyan ország van, ahol a paradicsom nem szerepel az étlapon, illetve nem is igazán ismerik. Ez részben a földrajzi elhelyezkedéssel másrészt a táplálkozási szokásokkal magyarázható. Banglades, Burundi, Csád, Etiópia, Közép-Afrikai Köztársaság, Laosz, Lesothó, Mozambik, Uganda és Zimbabwe, ahol az éves fogyasztás nem éri el az 1 kg-ot sem (FAO, 2005.).



(FAO 2005 alapján)

5. ábra A világ legnagyobb paradicsom fogyasztói az elmúlt 5 év átlagában

A paradicsom, mint általában a zöldségfajok, nem tartozik a kalóriadús ételféleségek közé. 10 dkg friss paradicsom mindössze 92 J (22 cal) energiát tartalmaz. Ezzel ellentétben, a paradicsom bogyóiban található vegyületek és ásványi anyagok együttes hatása váltja ki az emberi szervezet anyagcseréjének kedvező alakulását és segíti az egészséges táplálkozást. A paradicsom táplálkozási jelentősége pontosabban kémiai összetételének ismeretében ítélhető meg. Az érett paradicsom víztartalma 93-96% között van, amelyben oldott állapotban szénhidrátokat, szerves savakat, ásványi anyagokat, vitaminokat és festékanyagokat találunk. Ebből következik, hogy a paradicsom oldható szárazanyag-tartalma (Brix°) 4-7% között ingadozik. A szárazanyag-tartalmat meghatározza a fajta, a termesztés módja és a termesztés során ható környezeti tényezők. A szabadföldi ipari célú termesztésre alkalmas fajták szárazanyag-termelő képessége jobb, mint a hajtatási célra alkalmas fajtáké. A hajtatási körülmények között termelt paradicsom oldható szárazanyag-tartalma alacsonyabb, mint a szabadföldön termesztett paradicsomé. Minél nagyobb a paradicsombogyó refrakció értéke, annál több értékes tápanyagot tartalmaz, annál ízletesebb.

Cukortartalma mintegy 2-4%. Ez zömmel fruktóz és glukóz, amelyek majdnem azonos mennyiségben vannak jelen. Egyéb cukrok a paradicsom bogyójában alig fordulnak elő. Szénhidrátjai közül jelentős még a pektintartalom, aminek a konzisztencia kialakításában van jelentős szerepe. A paradicsom savtartalma 0,3-0,6% között ingadozik, ami citromsavból és almasavból áll. A citromsav mennyisége nagyobb (kb. háromszorosa), mint az almasavé. A cukor- és savtartalom egymáshoz való viszonya dönti el a paradicsom savanykás vagy édeskés jellegét. Általános vélemény szerint akkor legjobb ízű a paradicsom, ha a cukor-sav hányados értéke 10 körül van. A feldolgozóipar szempontjából fontos szerepe van a 0,5-1% közötti rosttartalomnak. A paradicsom fehérjetartalma valamivel meghaladja az 1%-ot.

Az utóbbi években egyre több szó esik, illetve tudományos eredmény jelenik meg a paradicsom egészségünkre gyakorolt jótékony hatásáról, ami alapvetően a paradicsom piros színanyagát adó likopinnak köszönhető. A paradicsom a legjelentősebb likopin forrás az emberi szervezet számára. Kutatói munkámban az elmúlt 6-7 évben a termés likopin-tartalmát meghatározó abiotikus és biotikus tényezők vizsgálata, elemzése központi szerepet kapott.

2. Irodalmi áttekintés

Az irodalmi áttekintés fejezetben két nagy témakör irodalmi feldolgozására teszek kísérletet, egyrészt a paradicsom fenológiai fázisaira ható néhány biotikus és abiotikus paraméter hatásának értékelésére, másrészt, hogy a beltartalmi paramétereket (Brix°, cukor, sav, antioxidánsok, HMF) milyen mértékben befolyásolják az általunk vizsgált ökológiai és a biotikus tényezők.

2.1. A fenológiai fázisok értékelése

A növények növekedési, fejlődési jellegzetességeinek megismeréséhez, szükséges a fenológiai fázisok pontos számszerűsítése. A paradicsomra vonatkozó, fenológiai fázisokat egységesítő kódrendszert, a kibővített BBCH skála (Hack et al. 1992) alapján készítették el. A skála 10 fokozatú, 0-9 számokkal jelöli a fontosabb fenológiai fázisokat. Folytonnövő paradicsom esetében: 0-csírázás, 1-levélfejlődés, 5-virágzat megjelenése, 6-virágzás, 7-termésfejlődés, 8-termésérés, 9-öregedés, magnyugalmi állapot (Feller et al. 1995). A lista folytonnövő paradicsom esetében nem tartalmazza az oldalhajtások növekedési és sármegnyúlási fázisát, valamint a terméskötődést.

A gyakorlati termesztés számára a legfontosabb fenológiai fázisok a paradicsom termesztésében a csírázás, kelés, vegetatív növekedés (palántanevelés), virágzás, kötődés, bogyónövekedés és az érés.

2.1.1. Csírázás, kelés

A paradicsom magja könnyen tárolható, a relatív páratartalom változására sem különösebben érzékeny. 5 és 25 ºC között 15 év után a magok 90%-a, 30 év után, pedig 59%-a kicsírázott (James et al., 1964).

A paradicsom csírázását alapvetően a hőmérséklet határozza meg. A csírázás optimális hőmérsékleti tartományát 18-24 °C (Wittwer-Aung 1969), 20-25°C közé (Thompson, 1974; Mobayen, 1980), illetve 18°C-ra (Farkas, 1990) határozták meg. Az egyes szerzők közötti eltérést az okozza, hogy az adott értéket ipari determinált fajta illetve hajtatásban használt folytonnövő hibridek esetében határozták-e meg. Csírázási minimumnak fajtától függően 5°C

(Went, 1957), 10 °C (Somos, 1971), 8-11 °C (Kotowski, 1926; Jaworski-Valli, 1965; Smith-Millet, 1964; Abdelhafeez-Verkerk, 1969; Wagenvoort-Bierhuizen, 1977; Mobayen 1980; Picken et al., 1986) tekinthető. 30 °C-os hőmérsékleten a csírázás időtartama hosszabbodik (Mancinelli et al., 1966; Berry, 1969; Somos, 1971; Hodossi et al., 2004), viszont 35 °C-nál magasabb hőmérsékletnél eredményes kelésre már nem számíthatunk, amit a hőmérséklet és a fitokrómok kölcsönhatására fellépő magnyugalom okoz (Mobayen, 1980).

A paradicsom legjobban sötétben csírázik, néhány fajtánál a fény jelenléte kifejezetten gátolja a folyamatot (Toole, 1961; Mancinelli et al., 1966). A hosszúhullámú vörös fénynek kitett magvak a csírázásban gátoltak (Mancinelli et al., 1966; Egles-Rollin, 1968), amit vörös fénnyel (Georghiou-Kendrick, 1991), vagy gibberellinsavas (GA_3) kezeléssel (Georghiou et al., 1982) vissza lehet fordítani. A fény gátló hatása függ a különböző környezeti paraméterektől és a fajtától is (Picken et al., 1986).

A termesztési gyakorlatban az ipari célra történő paradicsomtermesztésnél, ahol gyakran helyrevetést alkalmaznak, számíthatunk a csírázás elhúzódására és a kelés kiegyenlítetlenségére, hisz ilyenkor a talajhőmérsékleti értékek a csírázási optimumnál alacsonyabbak (Kinet-Peet, 1997). A paradicsom keléséhez szükséges időtartamot, a vetési mélység talajhőmérsékletének alakulása határozza meg, a következők szerint (Wagenvoort-Bierhuizen, 1977). $S=(T-T_{min})t_g$; ahol S az a hőmérsékleti összeg hőfoknapokban kifejezve, amelynél a magvak 50%-a kicsírázott; T a talajhőmérséklet (°C); T_{min} a csírázás minimumhőmérséklete (°C); t_g a magvak 50%-ának kicsírázásához szükséges napok száma. A dinamikus csirázás az alapja a megfelelő kezdeti fejlődésnek.

2.1.2. Vegetatív növekedés

Szoros értelemben véve a paradicsom vegetatív fázisa általában rövid, a legtöbb fajtánál a harmadik levél növekedésének ideje alatt bekövetkezik a generatív szervek kezdeményeinek megjelenése. Ez a csírázást követő harmadik héten már megtörténhet (Hurd-Cooper, 1970).

Az első fürt alatt általában hat-tizenegy levél képződik (Picken et al., 1985), a levelek 2/5 levéllállásban váltakoznak. Amikor túl kevés levél képződik az első fürt alatt, akkor az asszimilátákkal való ellátás elégtelen lehet a megfelelő virág és bogyóképzéshez. A determinált növekedési típusú fajtáknál általában csak 2-5 virágfürt képződik a főszáron egy vagy több levéllel elválasztva. A féldeterminált típusú paradicsomfajták hajtásnövekedését a főszárra vonatkoztatva a 8.-9. fürt zárja és a növény felső részén képződő oldalhajtások átvehetik a főhajtás szerepét, két fürt között pedig 2-3 levél helyezkedik el. A folytonnövő növekedési típusúaknál a virágfürtök folyamatosan képződnek változó levélszámú közökkel, a fajtától és a környezeti tényezőktől függően. Két fürt között a leggyakoribb levélszám a három (Farkas, 1994).

A paradicsom hajtásrendszerének elágazási típusa áltengelyes (szimpodiális-villás). A csúcssejt a polaritástengely irányában hosszant osztódik, melynek eredményeképpen két

egyenlő értékű csúcssejt keletkezik. A sejtosztódás során ezek közül az egyik erőteljesebben fejlődik, a másik rövid marad és oldalra tolódik, kialakítva az áltengelyes elágazást.

A folytonnövő növekedési habitus az *sp* (self-pruning) gén aktivitásától függ; a recesszív *sp* allél okozza a determinált fenotípust (Rick-Butler, 1956). Az *sp* gén aktivitása, a recesszív *j* (jointless) gén, valamint más gének által is szabályozott (Emery-Munger, 1970), amely leveles fürtök képződését okozza és megakadályozza a leválasztó réteg kialakulását a virágkocsányban (Rick-Butler, 1956). Ez a tulajdonság előnyös a kocsánnyal együtt értékesített bogyók esetén. A folytonnövő paradicsomoknál a vegetatív és generatív fejlődés ily módon folyamatos a növény életének legnagyobb részében, de ezen kívül környezeti tényezők által is befolyásolt (1. táblázat).

1. táblázat A környezeti tényezők hatása a növekedés jellegére (Kóródi, 2000).

Vegetatív irányba hat	Generatív irányba hat
Kevés fény	Sok fény
Alacsony hőmérséklet	Magas hőmérséklet
Az éjszakai és nappali hőmérséklet között kicsi különbség	Éjjel alacsonyabb hőmérséklet
Nitrogén túlsúly	Káliumtúlsúly
Alacsony EC	Magas EC
Alacsony CO_2 koncentráció	Emelt CO_2 koncentráció

Erős kompetíció figyelhető meg a levelek fejlődése és az apikális merisztéma között, ami hatással van és szabályozza a koraiságot és az össztermést. Az asszimiláták könnyű hozzáférhetősége, jó fényviszonyok között stimulálja mind a merisztémák aktivitását, mind a levelek növekedését (Hussey, 1963a), de amikor a növény „ún." forráskorlátozott (pl. magas hőmérséklet, vagy alacsony fényintenzitás esetén) a fiatal levelek fejlődése részesül előnyben a hosszanti növekedés rovására. Ez a hatás közömbösíthető a fiatal levelek folyamatos eltávolításával (Hussey, 1963b; Kinet 1977b).

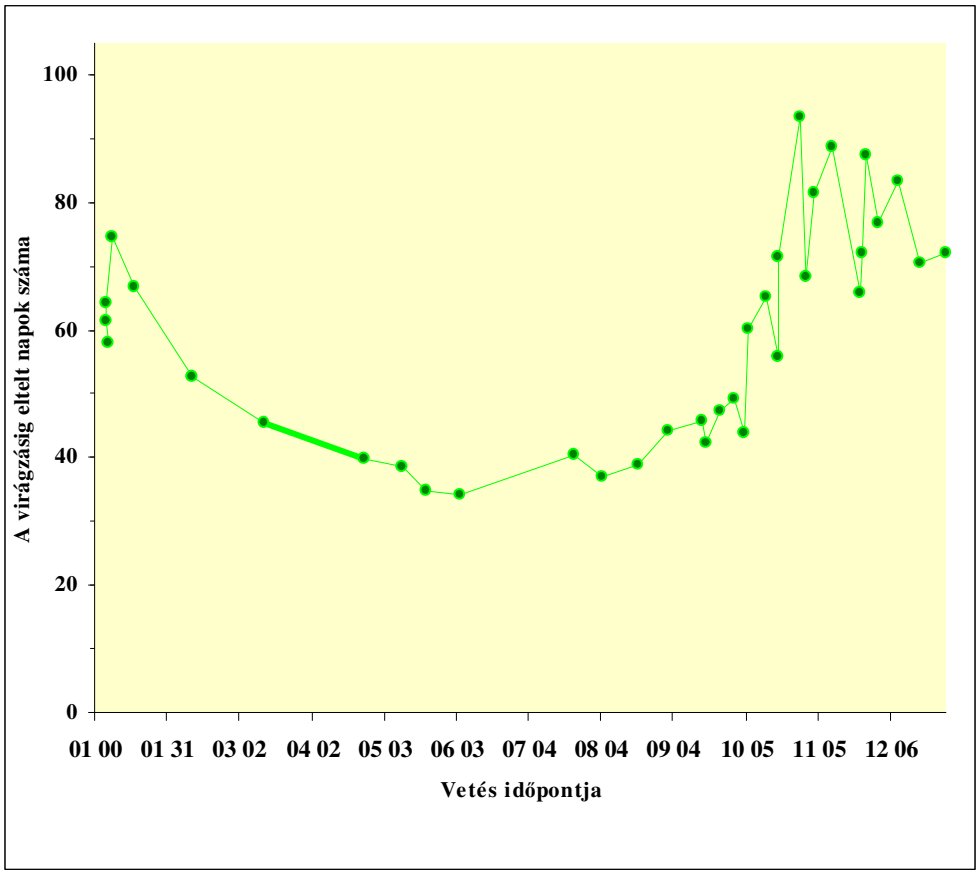
A paradicsom növekedése változó környezetet kíván. A folyamatos fény számos károsodást idéz elő, levélklorózist, a paliszád parenchima abnormális túlnövekedését, a plasztidok szerkezetének megváltozását, keményítő szemcsék megjelenését, stb. (Descomps-Deroche, 1973). Abban az esetben, ha a hőmérséklet napi menete eléggé széles határok között változik a folyamatos fényellátás hatása nem érvényesül (Hillmann,1956). Viszont ha ugyanolyan termesztési körülményeket tartunk fenn egész idő alatt, akkor a plasztokron ritmus, vagyis az az idő, amely két levél képződése között eltelik, állandó (Calvert, 1959; Kinet, 1977a; Picken et al., 1986), eltekintve attól a ténytől, hogy a növény fejlődési állapotai változnak. A levélképződés sebessége mindazonáltal növekszik a napi sugárzás és hőmérséklet emelkedésével.

A napi sugárzás menete a szár megnyúlására komplex módon hat (Picken et al., 1986). Az optimálisnál rosszabb fényviszonyok között a csökkenő fénymennyiség növeli a növény magasságát (Hurd-Thornley, 1974), de amikor a napi sugárzás nagyon alacsony értékű, a további fényintenzitás csökkenés már a szármegnyúlás lelassulását okozza (Kinet, 1977a).

A virágzás jellemzői közül fontos az első virág megjelenése, ami az adott fajta koraiságára utal. Ezt a fenofázist az első virág megjelenéséig eltelt idővel is szokták jellemezni. Az első virágzatot megelőző levelek száma szintén használt mérőszám. Számos vizsgálatot végeztek a paradicsom vetésétől a virágzás kezdetéig eltelt idő megállapítására, természetes fényviszonyok között. A vizsgálatokból arra a következtetésre jutottak, hogy őszi, tél eleji vetés esetén a fejlődést a rendelkezésre álló fény mennyisége korlátozza. Nyáron viszont a paradicsom megkapja a fejlődéséhez szükséges minimális fényt, ami a virágzásig körülbelül 4 millió lux óra (Calvert, 1964b; Cooper, 1960; 1964; Somos, 1971). A paradicsom vetése szempontjából október-november az a hónap, amikor a leghosszabb fejlődési idő várható a virágzásig (6. ábra). Az őszi hajtatás céljából július első felében elvetett növények a

legrövidebb idő alatt (63-69 nap) jutottak el a virágzásig (Somos, 1971). A július második felében- augusztus elején elvetett növényeknél ez az időtartam már hosszabbodik, mivel a fényviszonyok egyre rosszabbak lesznek. Magyarországi tapasztalatok szerint az augusztus 10.-i kiültetés az utolsó időpont a sikeres őszi hajtatáshoz, (Túri, 1993; Helyes-Varga, 1994; Helyes-Pék, 1998; Koródi, 2000).

Tavaszi hajtatás esetén a tendencia fordított. A legkorábban, november elejétől-december elejéig vetett növények fejlődnek legtovább (90-110 nap) az első virág nyílásáig. A későbbi vetések javuló fényviszonyok között rövidebb idő alatt (60-90 nap) érik el ugyanazt az állapotot (6. ábra).



6. ábra A vetési időpont hatása, a virágzásáig eltelt napok számára

(Calvert, 1964 b, alapján)

A fűtött paradicsom hajtatás Észak Európában általában november végi-december eleji vetést jelent, hogy minél nagyobb termés legyen betakarítható kora tavasszal, amikor az árak a legmagasabbak (Picken, 1984; Koródi, 2000). Ilyen korai kiültetés esetén, amikor a természetes fény intenzitása a legkisebb és a nappalok rövidek, az első fürt megjelenéséig kialakult levelek száma is fontos, mivel ez fogja meghatározni a paradicsom koraiságát. Minél kevesebb számú levél jelenik meg az első fürtig, annál korábban várható termés. Ennek ellenére az első fürtöt megelőző levelek száma nem lehet túl alacsony, mivel akkor a levélfelület túl kicsi lenne ahhoz, hogy felfogjon annyi fényt, ami a nélkülözhetetlen szerves anyagok előállításához szükséges, hogy egészséges virágok és bogyók fejlődjenek az első fürtön is (Klapwijk, 1986; Farkas, 1990).

A paradicsomon általában 6-8 levél képződik az első fürtöt megelőzően (Lewis, 1953; Calvert, 1957; Hurd-Cooper, 1967; Frenz, 1968b). Nagyon szoros összefüggést találtak az első virágfürtöt megelőző levelek száma és az első portokok kinyílásáig eltelt idő között. Az

első virágfürtöt megelőző levelek számát egy génpár határozza meg, ami egyszerű monogénes öröklődést mutat. A teljes dominancia nagyobb számú nóduszt valószínűsít a kisebb számú nódusz helyett az első fürt kialakulásáig (Honma et al., 1963). Mikor az első virágot megelőző levelek száma a különböző környezeti tényezők hatására változik, nem egyszerű összefüggés van a levelek száma és a virágindukcióig eltelt napok száma között (Calvert, 1959).

Az első virágfürt a hajtáscsúcs növekedésének befejeződését jelenti, ugyanis a hosszanti növekedés az utoljára képződött levél hónaljhajtásából folytatódik tovább. A fürt el van tolódva, ezért úgy tűnik, mintha egy internódium keletkezne. A kihajtott oldalhajtás szintén virágzatban végződik, ily módon folytatódik az oldalhajtások növekedésének sorozata. Tehát a paradicsom szára valódi áltengely (Gorter, 1949; Calvert, 1965). Az az érzékeny időszak, ami meghatározza, hogy a növény szárán hol fog képződni az első fürt, a sziklevél növekedésével kezdődik és körülbelül tíz napig tart (Calvert, 1957; Fukushima-Masui, 1962), bár ez a periódus néhány fajtánál hosszabb időt is igénybe vehet (Calvert, 1957).

A paradicsom virágzásának szabályozásánál nincs egyedül figyelembe vehető kritikus környezeti tényező (Atherton-Harris, 1986). Az olyan környezeti tényezők, mint a fény, hőmérséklet, szén-dioxid, tápanyag, páratartalom és növekedési szabályozók, közvetlen vagy közvetve befolyásolják a virág-kialakulást (Wittwer-Teubner, 1956; Klapwijk, 1988).

Az első fürtöt megelőző levelek számát két folyamat befolyásolja: a levélképzés sebessége, amely az első virágfürt alatt képződött levelek számát határozza meg és az első virágfürt megjelenése, ami a vegetatív fázis befejezését jelzi. Ugyanolyan levélképződési sebesség eredményezhet különböző számú levelet, ha az első fürt megjelenéséig eltelt napok száma különböző. Magasabb levélképződési sebesség szintén eredményezhet ugyanannyi számú levelet az első fürt alatt, mint egy alacsonyabb, ha az első fürt korábban jelenik meg (Dieleman-Heuvelink, 1992).

A téli gyenge fényviszonyok között a hőmérséklet a fő szabályozható tényező a termesztésben atekintetben, hogy megfelelő növényállományt hozzunk létre (Calvert, 1962). A paradicsom palánták érzékeny időszaka alatt bekövetkező alacsonyabb nappali vagy éjszakai hőmérséklet kevesebb levelet eredményezett az első fürt alatt (Wittwer-Teubner, 1956; Calvert, 1957, 1959, 1964a; Fukushima-Masui, 1962; Phatak et al., 1966; Frenz, 1968a; Noto-Malfa, 1986; Wada et al., 2001; Ohta et al., 2002). Ez a hatás viszonylag független a fajtától és a típustól (Wittwer-Teubner, 1957). A hőmérséklet hatása az első fürt alatti levelek számára, főleg a levélképződés sebességének meghatározásán keresztül hat (Calvert, 1959; Hussey, 1963a). A hőmérséklet nincs hatással a virág-kialakulásig eltelt idő hosszára, ha a fényintenzitás magas (Calvert, 1959). Alacsony fényintenzitásnál, magasabb hőmérséklet a virág-kialakulásig eltelt időt növeli, összehasonlítva az alacsonyabb hőmérséklettel.

A paradicsom palánták virágzására a nappali és éjszakai hőmérséklet egyaránt hatással van. Úgy tűnik, hogy a napi középhőmérséklet az a tényező, ami az első fürtig megjelenő levelek számát befolyásolja (Lawrence, 1956; Calvert, 1957; Atherton-Harris, 1986). Az aktív gyökérzóna hőmérséklete 12-35 °C között kevésbé, vagy egyáltalán nem befolyásolja az első fürtig megjelenő levelek számát (Phatak et al., 1966). A mag vernalizációja, amikor a részlegesen kicsírázott magvakat alacsony hőmérsékleten tartották 10-30 napig nem hatott az első fürtig megjelenő levelek számára (Calvert, 1957; Wittwer-Teubner, 1957). Tehát nem a mag, hanem a palánta reagál az alacsony hőmérsékletre.

A fényerősség növekedésével a levélképződés mértéke növekszik (Hussey, 1963a). Ezzel szemben a növekvő fényintenzitás csökkenti a virágképzésig eltelt időt, és ez a hatás erősebb, mint levélképződés mértékére gyakorolt hatás. Ez kevesebb számú levelet eredményez az első fürt alatt alacsonyabb fényintenzitás esetén is (Goodall, 1938; Calvert, 1957, 1959; Wittwer, 1963; Binchy-Morgan, 1970; Kinet, 1977b). Kisebb számú levél kifejlődése lenne elérhető pótmegvilágítás használatával a fényre érzékeny időszak alatt (Verkerk, 1964; Morgan et al., 1969; Klapwijk, 1977). Nagyobb állománysűrűség esetén

nagyobb számú levél fejlődik az első fürt alatt, amit az egy növényre eső alacsonyabb fénymennyiség magyaráz (Saito et al., 1963).

A paradicsom virágzására általában nincs hatással a nappalhossz, bár néhány fajtát, mint kvantitatív rövidnappalos növényt említik (Wittwer, 1963; Hurd, 1973; Kinet, 1977a), mivel képesek virágzatot kialakítani rövidnappalos kezelés nélkül. Ezeknél a virágzás korábbi és az első virágzat kevesebb levél után jelenik meg ilyen esetben (Kinet, 1977a). Számos szerző említ több levelet az első fürt alatt, rövid fotóperiódusok esetén (Goodall, 1937; de Zeeuw, 1954; Wittwer-Teubner, 1956; Calvert, 1959; Wittwer, 1963). Ez a nagyobb számú levél az első fürt alatt, a rövidnappalos körülmények közötti rosszabb fényviszonyoknak köszönhető, bár Morgan et al. (1969) és Hurd (1973), kisebb számú levélről számolt be az első levél alatt rövidebb fotóperiódus esetén, mikor a fényerősség azonos volt. Az összes levél és levélkezdemény száma 45 nap után, 29,8 db rövidnappal, és 30,5 db levél hosszúnappal esetén. Meghosszabbítva a megvilágítás időtartamát alacsony fényintenzitású lámpával megvilágítva, növekedett az első fürt alatti levelek, és az első virágzásig eltelt napok száma (Wittwer, 1963).

A magasabb fényintenzitás kisebb számú levelet eredményez az első fürt alatt, míg a magasabb hőmérsékletnek ellentétes hatása van. Az első fürt alatti levelek száma nagyobb alacsonyabb fényintenzitásnál, és ez a hatás erősebb magasabb átlaghőmérsékleten (Hussey, 1963a; Calvert, 1965; Morgan, et al. 1969;). Nyilvánvalóan a fény és a hőmérséklet kölcsönhatásban vannak az első fürtöt megelőző levelek számát illetően. Ez a fény hőmérséklet kölcsönhatás, mind a levélkezdemények fejlődési sebességére, mind a virágkezdemények kialakulására hatással van (Heuvelink, 1995). A biotikus tényezők közül a fajta szerepén kívül még jelentős hatása van az oltásnak a vegetatív szakasz hosszára (Pogonyi et al., 2004).

2.1.3. A virágrészek fejlődése a megporzásig

Az első virágkezdemény kialakulásával a vegetatív növekedés szakasza lezárul. A virágképzés jelentősége nagy, hisz a morfológiai termésükért termesztett fajokon csak ezekből képződhet a termés. A folytonnövő paradicsomfajtákon, ha a virágképződés elkezdődött, akkor folyamatosan működik a növény élete folyamán, és a betakarított termést nagymértékben a képződött virágok száma fogja meghatározni (Atherton-Harris, 1986). A folytonnövő paradicsomfajták esetében, a virágzási időszak nem különül el lényegesen a

bogyófejlődés időszakától. A növény növekedésének különböző fázisai során, a virág-kialakulás arányában bekövetkező változások különbségekhez vezetnek a termés mennyiségében is. A termésmennyiségben rövid időszak alatt bekövetkező növekedés általában a fürtön belüli szokatlanul nagy számú virág kialakulásának (Hurd-Cooper, 1967), vagy nagyszámú fürt kialakulásának eredménye (Atherton és Harris, 1986).

A determinált fajták életében a virágzási időszakot jól elkülönülten követi a termésfejlődés időszaka. A termő időszak összehangolásával az egyszeri gépi betakarítás is lehetővé válik (Gould, 1983), ebből a szempontból fontos, hogy a főhajtás és az oldalhajtások virágzása minél rövidebb ideig tartson. Kézi betakarítás esetén előnyösebb az elhúzódó virágzás. Mind a folytonnövő, mind a determinált fajtatípus esetén a termésmennyiség a virágok eredménytelen bogyóképzése által korlátozott. A virágok még kinyílás előtt visszamaradhatnak a fejlődésben, vagy túlságosan korán elöregedhetnek. Szélsőséges körülmények között, mint például magas hőmérséklet és alacsony fényintenzitás, az összes virág abortálódhat a fürtben (Helyes et al., 2000). A virágkezdemények fürtbeli kialakulása után, növekedésük és fejlődésük sebességét és a virágrügyek elrúgását a hajtás környezetének tényezői befolyásolják.

A hőmérséklet elsődleges fontosságú a virágkezdemények kialakulása után, ami a virágok fejlődésének sebességét meghatározza. Calvert (1964) kimutatta, hogy a virágok sokkal gyorsabban fejlődnek 20°C-os átlaghőmérsékleten, mint 16°C-on üvegházban természetes fényviszonyok között. Hurd és Cooper (1967; 1970) úgy találta, hogy 14 napig alacsony hőmérsékleten (10°C) tartott növények esetén, a már kialakult fürtökben is lassult a virágok fejlődése. A virágok nyílása 18 nappal tartott tovább, mint azoknál a növényeknél, amelyeket 15°C-on tartottak. A nappali hőmérséklet emelése sokkal hatásosabb a virágok fejlődésének előmozdítására, mint az éjszakai hőmérsékleté, a vonatkozó időszakban (Lake, 1967).

A magas hőmérséklet általában gyorsítja a virágfejlődést, a virágelrúgás gyakoriságát is növelheti bizonyos körülmények között. A virágrügyek elrúgásának bekövetkezése akkor a legvalószínűbb, amikor a fotoszintetikusan aktív sugárzás (PAR) egyébként is korlátozza az egész növény növekedését. Calvert (1969) fitotronos kísérletben – amelyben a napi besugárzás a télen fennállóhoz volt hasonló – azt találta, hogy 21°C-on magas volt az elrúgott virágok száma.

A magasabb hőmérséklet a második fürt korábbi virágzását is előmozdította (Calvert, 1964). A korszerű termesztő-berendezésekben hajtatott paradicsom környezeti paraméterei általában pontos szabályozás alatt állnak. Emiatt a környezeti paraméterek hatásának vizsgálataiból származó eredmények közvetlenül alkalmazhatók a hajtatás során. A korai, fűtött berendezésbe való kiültetésre kész paradicsom palántának 4 vagy 5 differenciálódott virágfürtje van. Ennek ellenére a legtöbb virágzással kapcsolatos kísérlet megfigyelései csak az első, második fürtre korlátozódnak (Helyes - Pék, 2000).

A virág morfológiája a hőmérséklettel befolyásolható. A virágrészek száma általában emelhető a hőmérséklet csökkentésével. Sawnhey (1983) a sziromlevelek és porzók számának kismértékű emelkedését figyelte meg csökkentett hőmérsékleten. A sok termőlevelű magházak több rekeszt képeztek hűvös körülmények között, mint melegben (Rylski, 1979; Sawnhey, 1983). A magas hőmérséklet a bibeszál megnyúlását okozhatja és csökkenti az önbeporzás lehetőségét és a megtermékenyülést (Abdelhafez-Verkerk, 1969; Charles-Harris; 1972; Levy et al., 1978).

A paradicsom a virágzás szempontjából autonóm növény, mivel nincs szüksége különleges környezeti feltételekre ahhoz, hogy generatív szervek képződjenek rajta. Ha a környezeti paraméterek lehetővé teszik, egy idő után kivirágzik, de ez nem azt jelenti, hogy a környezet egyáltalán nincs hatással a virágzásra (Kinet-Peet, 1997).

Fitotronos kísérletekben megállapították, hogy ha a napi halmozott fotoszintetikusan aktív sugárzás állandó, akkor a virágzás rövidnappalos körülmények között is bekövetkezik (Binchy-Morgan, 1970; Kinet, 1977a). Ettől függetlenül a paradicsomot általában a nappalközömbös növények közé sorolják (Kinet-Peet, 1997).

A virágzásig eltelt időt az első fürtöt megelőző levelek száma és a levelek képződésének sebessége határozza meg. Ha a levélképződés sebessége ugyanakkora, az első fürt alatt képződött alacsonyabb levélszám korábbi virágzást és termést eredményez (Dieleman-Heuvelink, 1992).

A vegetatív fázisban keletkezett levelek száma genetikailag szabályozott. Honma és munkatársai (1963) két fajtát összehasonlítva, úgy vélték, hogy csak egy gén határozza meg az első fürt alatti levelek számát. Philouze (1978) szerint a *j*-mutáns (terméskocsány ízesülés nélküli) egy vagy két levéllel többet nevel az első fürt alatt, mint a vad típus, míg az *f*-mutáns (termések sok termőlevelűek) és *lf*-mutáns (leveles) keresztezéséből származó *bi*-mutáns (szélsőséges megjelenése a *j* és *f*-mutáns kombinációjának), a 28-75 levél megjelenéséig késleltette az első virágzatot (Mertens-Burdick, 1954).

2.1.4. Megtermékenyülés, kötődés

A mai, ún. modern kultúrfajták kivétel nélkül öntermékenyülők. A sikeres megtermékenyüléshez megfelelő számú életképes pollenre van szükség. A pollenszemek száma genetikailag meghatározott. Azok a fajták, amelyek a dohány mozaik vírussal (TMV) szemben rezisztensek, vagyis Tm-2 génnel rendelkeznek, kevesebb pollent termelnek (Iwahori, 1965; 1966). A paradicsom terméskötődését úgy is definiálhatjuk, mint azokat a virágokat, amelyekből a virágzás után terméskezdemények fejlődnek. A terméskötődés mértéke tulajdonképpen a kötött és kinyílt virágok aránya (Picken, 1984). Erre a kritikus időszakra számos környezeti tényező és belső növekedésszabályozó anyag hat. A pollenképződésnek, a pollen kicsírázásának, a pollentömlő növekedésének, a megtermékenyülésnek és a termésképződésnek sorban egymás után rendben le kell zajlania az eredményes terméskötődéshez.

Bár a pollen bibére jutása a virágszerkezet által biztosított, a virágfürtök mozgatása, a levegő mozgása, a növényállományban végzett fitotechnikai munkák, vagy a poszméhek alkalmazása, különösen téli fényszegény körülmények között, szükséges a megfelelő számú terméskezdemény kialakulásához. Télen a pollenszemek összeragadhatnak, amit a levegő magas relatív páratartalma, az alacsony fényintenzitás és hőmérséklet elősegíthet (Picken,

1984). A bibeszál túlnyúlása a portokcsövön, szintén csökkentheti a megporzás lehetőségét. A bibeszál hossza genetikailag meghatározott (Rick-Dempsey, 1969; Rick, 1976), de alacsony fényintenzitás (Helyes et al., 2000), magas hőmérséklet, nitrogén-túladagolás és gibberellines kezelés elősegítheti megnyúlását (Howlett 1939; Rudich et al. 1977).

A virágpor képződésétől a megtermékenyülésig lejátszódó bonyolult folyamat hőigényes, 13 °C alatt és 32 °C felett nem képződik virágpor, legmegfelelőbb a 17 °C-os éjszakai és 20 °C-os nappali hőmérséklet (Farkas, 1990). A pollenszemek 2-5 napig őrzik meg életképességüket a portokok nyílása után 18-25 °C-on (Kaul, 1991). Magasabb hőmérséklet (32/26 °C), nemcsak a pollenszemek számát csökkenti, hanem a pollen életképességét is, mivel a virágzás előtt lecsökkent a keményítőtartalmuk (Farkas, 1990; Pressman et al., 2002).

Szélsőséges hőmérséklet, 37,5 °C felett vagy 5 °C alatt, korlátozza a pollenszemek csírázását és gátolja a pollentömlő növekedését (Dempsey, 1970).

Abban az esetben, ha a kötődéskor a szükségesnél kevesebb csíratömlő éri el a petesejtet, és egy-egy bogyórekesz részben vagy egészben magnélkülivé válik, akkor deformálódott, gerezdes vagy ún. „ballon” bogyó keletkezhet. Ez a jelenség elsősorban a kettőnél több rekeszű fajtákon figyelhető meg. Ha a bogyó csúcsi részén képződik kevesebb mag, akkor gyűrt felszínű bogyó és nagy, parás bibepont keletkezhet. A kötődési rendellenesség következtében előforduló gátolt magfejlődés és a rekeszek erőteljesebb növekedése, pedig üreges bogyót eredményezhet (Farkas, 1990).

Alacsony hőmérsékleten nevelt növényeket beporozva magas hőmérsékleten nevelt növények virágporával és viszont, Levy és munkatársai (1978) kimutatták, hogy bármelyik szülőt tették ki magas hőmérsékletnek, az csökkentette a terméskötődést.

A magas hőmérséklet csökkenti a bibe fogékonyságát (Charles és Harris, 1972). 24 és 96 órával a megporzás után alkalmazott 40 °C-os hőmérséklet 4 órán keresztül szintén az endospermium degradálódását és az embriókezdemény károsodását okozza (Iwahori, 1966).

A sugárzásnak és a levegő relatív páratartalmának a hatása a kötődés folyamatára viszont csekély (Picken, 1984).

A 32 °C feletti nappali, és 21 °C feletti, éjszakai hőmérséklet csökkenti a terméskötődést (Moore-Thomas, 1952). A 10 °C alatti hőmérsékletnek ugyanilyen jellegű hatása van (Charles-Harris, 1972). Két egymást követő napon, három órán keresztül alkalmazott 40 °C-os hőmérséklet már elegendő volt a hatás kiváltásához (Picken et al., 1985). Ezek a terméskötődésben jelentkező hibák a csökkent pollenmennyiségen, és minőségen, a magház csökevényességén, rendellenes virágképzésen, a szénhidrátok hiányán, valamint a növekedésszabályozó anyagok egyensúlyának felborulásán keresztül fejtik ki hatásukat (Aung, 1979). Tehát összeségében egy nagyon bonyolult folyamatról van szó.

Az alacsony, illetve magas hőmérsékletnek, a reproduktív fázisra gyakorolt káros hatásainak kimutatására, számos kísérletet állítottak be. 6 °C-os hőmérséklet a bibe elhelyezkedésére, a magház termékenységére és az embrió kezdeti fejlődésére nincs hatással (Fernandezet al., 1991;1995), de a pollenszemek számára, életképességére és a pollentömlő növekedésére negatív hatással van (Charles - Harris, 1972). Dominguez és munkatársai (2002), viszont a pollenszemek számára gyakorolt hatást (20/4 °C), ellentétesnek találták tenyészedényes kísérleteikben. A kritikus időszak 4-6 és 12-14 nappal a portokok nyílása előtt van (Mutton et al., 1987) alacsony, és 9 nappal magas hőmérséklet esetén (Kinet-Peet, 1997).

A magas hőmérséklet megszakítja a meiózist a makro- és mikrospórákban egyaránt (Iwahori, 1965), mely hatás kiváltásához háromórányi alkalmazás már elegendő (Sugiyama et al. 1966). A magkezdemény 40 °C-on a megporzás után 18 órával abortálódott, valószínűleg a pollentömlő növekedésének gátlása és az endospermium degenerálódása miatt (Iwahori, 1966). A bibe és a bibeszál, magas hőmérsékletre bekövetkező elváltozása, szintén csökkentik a sikeres megporzás lehetőségét. Magas hőmérsékleten csökken a bibe fogékonysága is

(Charles-Harris, 1972). Magas hőmérsékleten (36-39 °C) szabadföldön tapasztaltak különbségeket a fajták érzékenységét illetően, és az összes fajtát figyelembe véve a virágelrúgás aránya erősen összefüggött a megnyúlt bibeszálak számának alakulásával (Levy et al. 1978).

Nem figyelhető meg terméselrúgás, ha a bibeszál 1mm-rel túlnövi a portokot, de virágelrúgás normál bibeszál esetén is előfordul. Üvegházi kísérletekben 33/23°C-os nappali/ éjszakai hőmérséklet esetén a virágbimbó elrúgása, csökkent pollen-életképesség, bibeszál túlnyúlás volt megfigyelhető mind az érzékeny, mind pedig a rezisztens fajtákon egyaránt (Kinet-Peet, 1997).

A megtermékenyített magház gyors növekedése megállhat alacsony sugárzás, magas hőmérséklet, vagy e két tényező egymásra hatásának eredményeképpen. A fürtönkénti termések száma pozitív összefüggésben van a napsugárzással, leginkább a 1,5 MJ m^{-2} nap^{-1} érték alatt, az első fürt virágzásának időszakában (Cockshull et al., 1992). A kritikus időszak a virágzást megelőző időszaktól a terméskötődés kezdetéig tart (McAvoy-Janes, 1989). A fürtön belüli első virág portokjainak nyílását megelőző időszak gyenge fényviszonyai megakadályozzák a termések növekedését. A reproduktív részek a növekedésben visszamaradnak, a bogyók átmérője a virágzás után egy hónappal is kevesebb, mint 25mm. A virágzás utáni harmadik-negyedik hét kedvezőtlen fényviszonyai is gátlón hatnak. 4 °C-on, vagy a levegő CO_2 koncentrációját emelve, a gyenge fényviszonyok kissé serkentik a bogyónövekedést. A levelek folyamatos eltávolítása és a hajtáscsúcs visszametszése szintén elősegíti a bogyók növekedését, amit azzal magyaráznak, hogy a kedvezőtlen fényviszonyok versenyt idéznek elő a generatív fejlődés és vegetatív növekedés között az elérhető asszimilátákért (Kinet-Peet, 1997).

A fürtön belül megfigyelhető, hogy a fürtkocsányhoz közelebb eső bogyók gátolják a távolabbi bogyók fejlődését (Bangerth-Ho, 1984), de a fürtök közötti gátlás is kritikus (Hurd et al., 1979), ha a fényviszonyok kedvezőtlenek.

Lycopersicon peruvianum pollenjével megtermékenyített termések mérete hasonló volt az önbeporzó kontrollhoz viszonyítva, bár magok nem képződtek benne, amiből Verkerk (1957) arra következtetett, hogy a magvak jelenléte nem nélkülözhetetlen a bogyó növekedéséhez. Ha a magvak jelen vannak, valószínűleg előmozdítják a termésnövekedést.

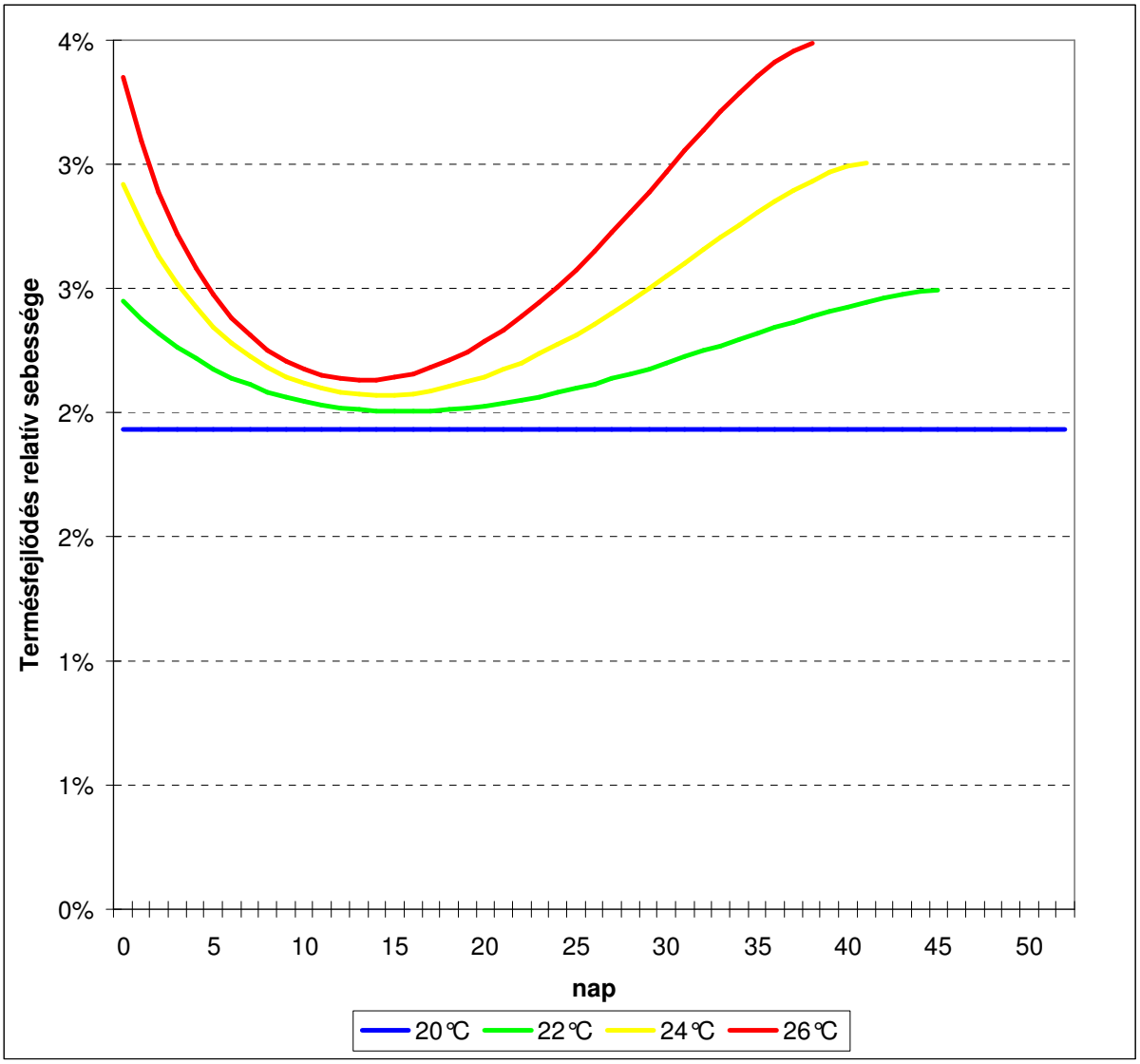
A magok endogén auxintartalma a portokok nyílása után 7-10 nappal éri el csúcspontját (Iwahori, 1967; Mapelli et al., 1978), a virágok auxinkezelése serkenti a terméskötődést (Wittver-Bukovac, 1962). A gibberellinek szintén szerepet játszhatnak a paradicsom bogyóképződésének szabályozásában. A hormonok arányában bekövetkező változás a terméskötődés lehetőségét csökkenti magas hőmérsékleten, de auxin és gibberellin kezeléssel elkerülhető (Kuo et al., 1989). Amikor virágzó fürtökön alkalmazták, a gibberellin elősegítette a kötődést kedvezőtlen fényviszonyok között is és a partenokarp fajták magházában nagyobb mennyiségben volt jelen (Mapelli et al., 1978; 1979). A *gib-1* mutánsban apró partenokarp bogyók jelenhetnek meg (Groot et al., 1987), ami azt valószínűsíti, hogy a gibberellin nem feltétlenül szükséges a paradicsom bogyófejlődésének megkezdéséhez. Bár a gibberellines kezelés szükséges volt a virágok kinyílásához, az exogén gibberellin folyamatosan jelen volt a virágok nyílása alatt a virágban és előidézhette a terméskötődést.

2.1.5. Bogyónövekedés

A virágzás előtt közvetlenül a paradicsom virágzat asszimiláta felhasználási aktivitása minimális (Kinet, 1989). Virágzáskor a magház növekedése abbamarad, de a megtermékenyülés után folytatódik a magházban (Archbold et al., 1982), és a virágzatba (Kinet, 1989) egyidejűleg áramló asszimiláták, és hormonok mennyiségének növekedésével.

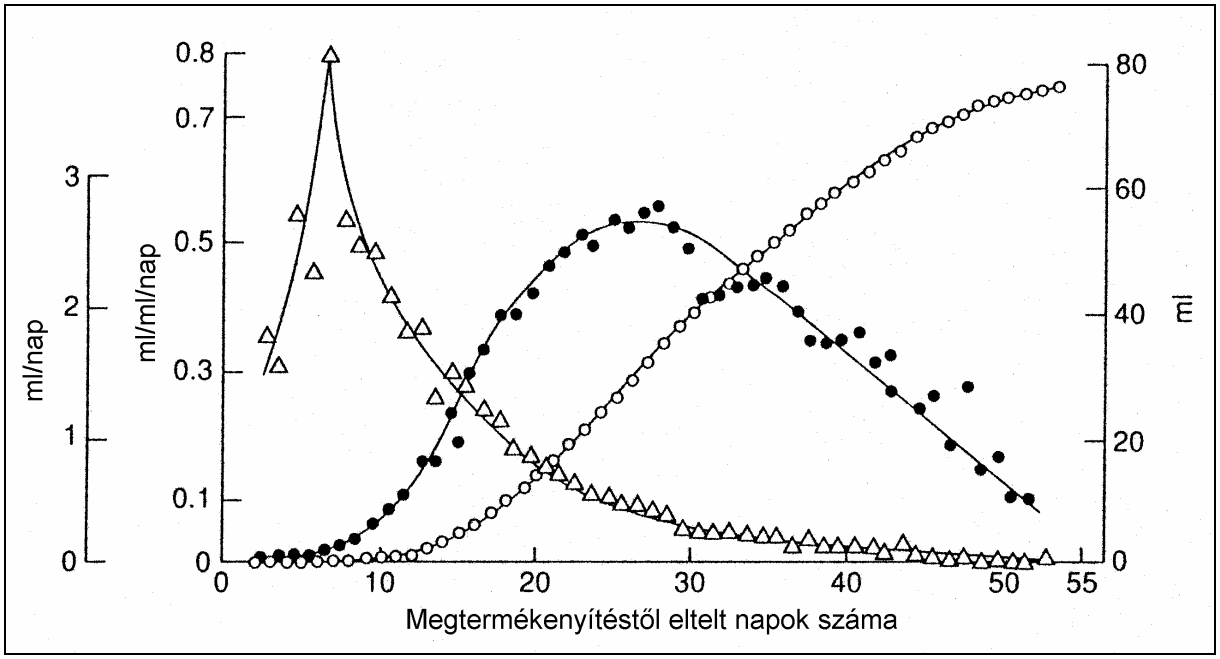
A környezeti tényezőket vizsgálva megállapítható, hogy a bogyónövekedés időtartamára leginkább a hőmérséklet van hatással (de Koning, 2001). A bogyónövekedés időtartama 42-73 nap volt 17-26°C-os átlaghőmérsékleten (Rylski, 1979; de Koning, 2001). A paradicsom bogyójának fejlődési üteme (fejlődéséhez szükséges idő reciproka), a fejlettség állapotától függően, napról napra változik, az egyes állapotok lineáris összefüggéssel jellemezhetők a hőmérséklet függvényében. A 7. ábra, a hőmérséklet hatását mutatja a bogyófejlődés ütemére, a paradicsombogyó egyes fejlettségi állapotaiban. Leglassabban a bogyófejlettség 30%-os állapotában fejlődik egy termés, leggyorsabban pedig 90%-os állapotában. 18 °C-on 62, 20 °C-on 52, 22 °C-on 46, 24 °C-on 42 és 26 °C-on 39 napos átlagos bogyófejlődést számított ki, a bogyók relatív fejlődési sebességét modellezve de Koning, (2001).

A bogyónövekedés időtartama alatti optimálistól eltérő hőmérséklet rendellenességeket okozhat. A bogyónövekedés alatti alacsony, majd később magas hőmérséklet eredményeként fellépő sárgatalpasságot valószínűleg a káliumhiány okozza, és elsősorban a két színből érő fajtákon jelentkezik. A napégés általában a bogyó kocsány körüli részén fordulhat elő, de ha a bogyó átlaghőmérséklete 32 °C fölé emelkedik, más bogyórészen is előfordulhat. A zöldfoltosságot, szintén a magas nappali hőmérséklet okozhatja, ami a bogyó váll- és középső részén jelenhet meg. Bogyórepedést magas és alacsony hőmérséklet is okozhat egyaránt. Előbbi esetben a bogyó magas hőmérséklete és az egyenetlen vízellátás, utóbbinál a bogyóra kicsapódó hajnali pára és a gyorsan emelkedő léghőmérséklet együttesen okozhatja. Előbbi ellen az egyenletes vízellátással, utóbbi ellen, pedig a termesztő-berendezés páratartalmának csökkentésével, illetve a hőmérséklet emelésével védekezhetünk (Farkas, 1990).



7. ábra A bogyófejlődés relative sebessége különböző hőmérsékleten de Koning, (2001)

A paradicsom termésének halmozott növekedését leginkább telítődési függvénnyel lehet kifejezni. A bogyófejlődés első 2 hetében az abszolút növekedés lassú, amit egy 3-5 hetes gyors növekedési szakasz követ és egészen az érett zöld állapotig tart, végül további 2 héten át a növekedés lassú (Monselise et al., 1978) (8. ábra).



● napi térfogat növekedés ○ halmozott térfogat növekedés △ napi relatív térfogat növekedés

8. ábra A paradicsom bogyó napi (ml nap^{-1}), halmozott (ml) és relatív (ml ml^{-1} nap^{-1}) téfogat-növekedése a megtermékenyítéstől, Monselise et al. (1978)

A sejtosztódás a kezdeti lassú növekedési szakaszra esik, amíg a sejtmegnyúlás el nem kezdődik. A bogyók relatív növekedése az első hét végére éri el a maximumát, és aztán a gyors abszolút növekedés időszakában, ami a sejtmegnyúlás eredménye, lelassul. Az érett zöld állapotban a termés majdnem eléri a végleges méretét (Monselise et al., 1978). Bár a bogyó asszimiláta felvétele a színeződés kezdetén még megfigyelhető, az érett bogyóban már elhanyagolhatóvá válik (McCollum-Skok, 1960).

A bogyók végleges mérete a következő tényezőktől függ: a magházban található termőlevelek számától, a magok számától, a bogyó helyzetétől, a fürtön belüli kötődés sorrendjétől és a terméskötődés időszaka alatti környezeti tényezőktől (Kinet-Peet, 1997).

A termesztett paradicsom termőtájának, kettő vagy több termőlevele van. A termőlevelek számát az Lc (locule) gén szabályozza (Fryxell, 1954).

A magház szerkezetére környezeti és hormonális tényezők egyaránt hatnak. Alacsony hőmérsékleten (18/15°C nappal/éjszaka) fejlődött bogyók több termőlevelet tartalmaznak, mint magas hőmérsékleten (28/23°C) (Sawnhey, 1983; Ohta et al., 2002).

A bogyófejlődést serkentő mesterséges növekedésszabályozók a 4-klór-fenoxi-ecetsav (4-CPA) és a 2-naftoxi-ecetsav (NAA) (Nickell, 1982). A szintetikus auxinokat fűtetlen növényházakban alkalmazzák a terméskötődés és a bogyónövekedés elősegítésére, ha a hőmérséklet 10°C-nál alacsonyabb (Cuartero et al., 1987), vagy ha a megporzás gyenge (George et al., 1984). Az auxin-szerű anyagok használata esetén a bogyóhibák és a magnélküliség okozhatnak problémát (George et al., 1984; Watanabe, et al.1989).

A GA3 kezelés szintén emeli a termőlevelek számát, ha a virágkezdemények kialakulása előtt alkalmazzák (Sawnhey-Dabbs, 1978).

Sawnhey-Dabbs (1978) megállapította, hogy a növekvő termőlevél szám nem szükségszerűen eredményezi a magok számának növekedését, és mindkét paraméter egymástól függetlenül befolyásolhatja a bogyók végleges méretét. A magok száma nem belsőleg hat a bogyó végleges méretére, mivel bogyónövekedés lehetséges magvak nélkül is, ahogyan azt Verkerk (1957) kimutatta. Mindazonáltal a magvak jelenléte esetén, számuk

általában pozitívan hat a bogyótömegre (Sawnhey és Dabbs, 1978). A magvak a növekedésszabályozó anyagok forrásai, és amint a gib-1 mutáns, GA3 hiányos növények tanulmányozásából kiderült, hogy bár a bogyók képesek az endogén gibberellinsav hiányában is fejlődni, végső tömegüket a magok által termelt gibberellinsav növeli (Groot et al., 1987).

A mutáns anyanövények vad fajból származó pollennel megtermékenyítve nagyobb terméseket eredményeztek, mint fordított esetben, amelyek GA-hiányos magvakat képeztek. Koshioka munkatársaival (1994) megállapította, hogy a GA1 szint, összefügg a bogyóméretttel, bár a fürtön belüli kötődés sorrendjével és a bogyó helyzetével is szoros kapcsolatban van (Bohner et al., 1988), melyek szintén kritikus tényezők a bogyók végleges mérete szempontjából.

Általában a fürtkocsányhoz közelebb eső bogyó nagyobbra fejlődik, mint a fürtkocsánytól távolabbi. A bogyók végső mérete befolyásolható a kötődés sorrendjének megváltoztatásával. Ha a fürtkocsánytól távolabbi termés előbb kötődik, mint a fürtkocsányhoz közelebbiek, akkor nagyobb tömegű lesz, mint azok. Ha a fürtön belül a termések a virágnyílással ellentétes sorrendben kötődnek, akkor végső méretük hasonló lehet (Bangerth-Ho, 1984).

A bogyófejlődés egyik rendellenessége az üregesség. Az üreges bogyókban a magot körülvevő gél állomány részben, vagy egészen hiányzik az egészséges bogyókhoz képest. Az üreg a placenta és a bogyórekesz külső fala között keletkezik, külsőleg pedig a bogyó inkább szögletes, mint gömbölyű (Winsor, 1968). Vannak fajták, amelyek eleve üregesek (Kinet-Peet, 1997). A rendellenesség gyakran figyelhető meg alacsony fényintenzitás esetén (Winsor, 1968), ősszel, télen vagy kora tavasszal (Kedar-Palevitch, 1968). Néhány kutató szerint, a terméskötődést javító növekedésszabályozók használata szintén elősegíti, mivel előfordulása összefügg az alacsony magszámmal és a gyenge kötődéssel (Hobson et al., 1977; Abad-Guardiola, 1986), különösen ha a hőmérséklet is alacsony (Rilsky, 1979; Rilsky et al., 1994). Más kutatásokban azonban nem találtak kapcsolatot e tulajdonság és a gyengébb termékenyülés között (Kedar-Palevitch, 1970), és a magok-, vagy a bogyók tömege sem függött össze az üregesség előfordulásának gyakoriságával (Kedar-Palevitch, 1968). Az üregességre a tápanyag és a hőmérséklet is hatással lehet. Túlzott nitrogénellátás emeli, a kálium növelése pedig csökkenti ennek arányát (Winsor, 1966; Palevitch-Kedar, 1968). A foszfor az üregesség előfordulását növelheti (Winsor, 1966; 1970), vagy nincs rá hatással (Palevitch-Kedar, 1968; Fukumoto et al., 1992). Davies-Winsor (1969) 22 °C-on kevesebb üreges bogyót talált, mint 18 °C-on.

A szintetikus auxinok túlzott használata növelheti az üreges bogyók arányát (Kim-Jeong, 1996; Kataoka et al., 1994). A környezeti tényezők, vagy növekedésszabályozók hatására bekövetkező bogyó-üregességet citokinin kezeléssel csökkenteni lehet (Kataoka et al., 1994). Nawata és munkatársai (1985) vizsgálatai szerint, a fürtök virágzáskori kezelése CCC-vel csökkentheti az üreges bogyók arányát, mivel fokozott citokinin aktivitást eredményez a fejlődő bogyókban.

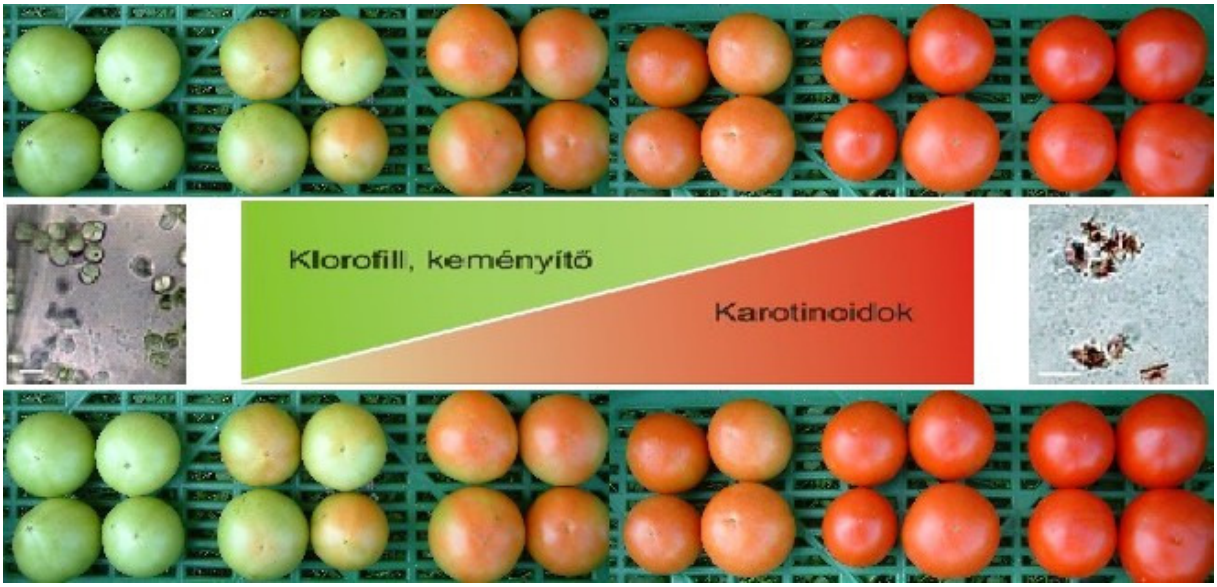
A paradicsom termésének másik jelentős rendellenessége a bogyórepedés. A repedésre hajlamosító fajtatulajdonságok: nagy bogyóméret; a héj alacsony húzószilárdsága, vagy nyúlékonysága a rózsaszín érési fázisban; vékony héj; vékony külső termésfal; gyenge kutin áteresztőképesség; kevés bogyó növényenként; és árnyékolásmentes bogyók (Kinet-Peet, 1997). Hajtatásban a bogyók repedésének megelőzésére a következők javasolhatók: repedésre kevésbé hajlamos fajta választása; az éjszakai és nappali hőmérséklet- és páratartalom különbség elkerülése; a tápoldat nagymértékű koncentráció-változásának elkerülése; kőzetgyapoton minimum 3,0 EC tápoldat koncentráció; és kismértékű levelezés, vagy a levelezés elhagyása (Hayman, 1987).

A termésmennyiség a növény által felfogott teljes fénymennyiséggel egyenes arányban van hosszú kultúrás (Cockshull et al., 1992) és fürtös paradicsomoknál is (McAvoy et al.,

1989; Janes-MacAvoy, 1991). Az árnyékolás csökkenti a bogyóméretet és a nagyobb méretű bogyók arányát (Cockshull et al. 1992). A legnagyobb bogyóátlagtömeg növekedést akkor tapasztalták, ha a fényt a kötődés kezdetétől a zsendült állapotig alkalmazták (McAvoy-Janes, 1989), ami a gyors abszolút bogyónövekedés alatti időszakot jelentette (Guan-Janes, 1991). A CO_2 koncentráció emelése szintén növeli az egyes bogyók és az össztermés tömegét is (Calvert, 1972; Calvert - Slack, 1975; Kimball - Michell, 1979; Enoch et al. 1984; Tripp et al., 1991). A rendelkezésre álló asszimiláták mennyisége meghatározó a bogyóméretre (Ho-Hewitt, 1986) és a vízellátottság is hatással van (Salter, 1958). A bogyók mérete és az össztermés is a termő növény szervesanyag megoszlásától függ, amit az asszimiláta-források és -felhasználók aktivitása, valamint az edénynyalábok szabályoznak. Ha az asszimiláták mennyisége kevesebb, mint a felhasználási oldal igénye, a forrás oldal válik meghatározóvá a szervesanyag megoszlás szabályozásában. A verseny megfigyelhető a vegetatív és generatív növényi részek, a növényen található fürtök, valamint a fürtökön belül növekvő bogyók között egyaránt (Ho-Hewitt, 1986).

Ipari paradicsom fajtákkal végzett több évtizedes öntözési kísérletek eredményei igazolták, hogy a bogyók mérete és az ezt kifejező átlagos bogyótömeg minden évjáratban mind az egyszeri mind, pedig a rendszeres öntözés hatására mindig növekedett (Cselőtei, 1964; 1965; 1968; Varga, 1983; 1994; 2002; Varga et al., 1995).

2.1.6 Érés



A termések növekedésének utolsó, lassú szakaszában, a szín, íz, aroma, állag és összetétel jelentős változáson megy keresztül. Ezeknek a változásoknak az összességét termésérésnek nevezik, és bonyolult felépítő és lebontó folyamatok eredményeként jönnek létre. A terméseket az érés mechanizmusa szerint két nagy csoportba sorolhatjuk: a klimaktérikus éréssel jellemezhető fajok, ide tartozik a paradicsom is (Biale-Young, 1981), amelyeknél ha a gyümölcsöt betakarítjuk és kedvező feltételek közé kerül, akkor a respirációs görbéje folyamatosan csökken, de a minimum érték elérését követően a görbe hirtelen és jelentős mértékben emelkedik, valamint etilén képződik. Ezt a jelenséget a légzés „klimaktérikus” emelkedésének nevezzük. A másik csoport a nem klimaktérikiusan érő termések, amelyeknél a respirációs görbe nem mutat jelentős változást és az etilén termelődés is nagyon alacsony szinten marad (Alexander és Grierson 2002). Az etilénképződés nincs közvetlen kapcsolatban az oxigénabszorcióval, sem a CO_2 keletkezésének mértékével. Ezért azt valószínűsítik, hogy az etilén inkább az érési folyamat produktuma, mintsem annak

előidőzője (Szalai 1974). A paradicsomhoz hasonlóan klimaktérikus éréssel rendelkezik többek között az alma, a körte, a sárgadinnye és a banán is. Az érés során a pigmentek összetételében jelentős változás következik be. A zöld bogyóban a klorofill a és a klorofill b az uralkodó pigment (Edwards- Reuter, 1967). Ezek összes mennyisége kb. 13 µg/ g klorofill (Watada et al., 1976). Ebben az érettségi fázisban a karotinoidok csak kis mennyiségben vannak jelen, melynek több mint felét a xanthofillok alkotják (Rabinowitch et al., 1975). Érett zöld állapotban a klorofill: karotinoid aránya 10:1.

A klorofill lebomlását követi a vörös pigmentek képződése. A klorofill lebomlását lehet CO_2 –dal lassítani, etilénnel, pedig gyorsítani. Az érés során az α- és β- karotin koncentrációja a szalma és a világos piros állapotban éri el a csúcspontját (Meredith- Purcel, 1966). A félérett paradicsom narancssárga színe a β- karotin tartalom, az érett bogyó piros színe, pedig a likopin tartalom emelkedésének eredménye. Érett termésben az összes pigment 50- 76%-át a likopin teszi ki (Davies- Hobson, 1981). Az érés folyamán a többi pigment (pl. ζ-, δ- karotin) koncentrációja is növekszik, de ezek csak csekély mértékben járulnak hozzá a végső színhez.

Az érés kezdetének első jele a fokozódó etilénszintézis, amit a respiráció élénkülése követ (Sawamura et al., 1978). Érett zöld állapothoz képest szalmasárga állapotban megduplázódik a légzés intenzitása. Az etilén legáltalánosabb prekurzora a kéntartalmú aminosav, a metionin, melyből elsőként S- adenozil- metionin (SAM) képződik. A SAM ACC- szintáz közreműködésével 1- amino - ciklopropán - 1- karboxilsavvá (ACC) alakul, melyből oxigén jelenlétében enzimatikus folyamatokban etilén keletkezik (Yang, 1981). A bogyó érésének kezdetén a magok körüli sejtekben és a központi oszlopban (columella) intenzívebb az etilén szintézise. Ezekből a sejtekből a gáz átdiffundál az intercelluláris járatokba és autókatalizálás útján kiváltja a szomszédos sejtek etilén termelését. Ha a légtér oxigén tartalmát 3%-ra lecsökkentjük, vagy a szén-dioxid szintjét 5%-ra megemeljük, az etilén szintézise gátolt és ezáltal az érés folyamatát is lelassíthatjuk (Saltveit, 2003).

Transzgénikus növényeknél az etilén képződés gátlásával lehet az érést lassítani, illetve gátolni (Oeller et al., 1991; Theologis et al., 1993; Picton et al., 1993; Ayub et al., 1996). Az első transzgénikus növény, a Flawr Sawr (későn megpuhuló) paradicsom, amely 1994-ben került forgalomba az USA-ban (Farkas, 1994; Heszky, 2006). A 2. táblázat a paradicsom érésének különböző fázisait mutatja be.

2. táblázat A paradicsom termésének érettségi fázisai.

Szín	A zsendüléstől eltelt napok száma 20°C-on	Leírása
Éretlen zöld	-	A bogyó még növekszik, színe tompa mélyzöld, héja nem fényes. A mag éles késsel elvágható mikor a bogyót szeletelik, a mag nem csíraképes. Az ilyen állapotban leszedett termés még nem érik be megfelelően.
Érés előtti zöld (zsendülés)	0	A bogyó színe világoszöld, illetve fehéres-zöld, héja feszes és fényes. A mag érett és csíraképes. Az ilyen állapotban betakarított termés megfelelő környezeti feltételek között beérik.
Színeződés kezdete: I.	2	A bibepont és a placenta rózsaszín árnyalatú
II.	4	A bibeponttól kiindulva a bogyó 10-30%-a rózsaszín.
Rózsaszín	6	A bogyó 30-60%-a piros.
Halványpiros	8	A bogyó 60-90%-a piros.
Piros	10	A bogyó felszínének legalább a 90%-a piros.

Yamaguchi (1983) alapján

A sejtfalak lebontása számos enzim működése által valósul meg, melyek közül legfontosabb a poligalakturonáz, ami lágy, lédús állapotot eredményez. A bogyó színének változása 2-3 nappal a zsendült állapot után kezdődik, és folyamatosan változik a sárgából narancs és vörös színűvé. A színváltozás, a kloroplasztok kromoplaszttá való átalakulásának, és számos színanyag, főleg a vörös likopin és ß-karotin felhalmozódásának eredményeképpen jön létre (Grierson-Kader, 1986). Körülbelül 10 nappal a színváltozás kezdete után, egy elválasztó réteg fejlődik a csészelevél és a bogyó között, elvágva a szervesanyag-utánpótlástól a termést (McCollum-Skok, 1960).

Érés-mutánsokat intenzíven vizsgálták, hogy azonosítsák az érésgéneket és magyarázatot kapjanak az érés molekuláris alapjaira. Számos éréssel összefüggő mRNS-t klónoztak és állapították meg a funkciójukat. Ezek a sejtfal lebontó (pl. poligalakturonáz, pektináz), etilén szintetizáló (ACC szintáz és ACC oxidáz) és karotinoid szintetizáló (fitoin szintáz) géneket foglalják magukban (Gray et al., 1994). A transzgénikus paradicsomok, amelyekben ezek a gének gátoltak, az anti-sense technológiát használva, vagy overexpresszióval, olyan új és stabil öröklődő jellemvonásokat mutatnak, mint például a javított szöveti szerkezet, lassúbb érés és csökkentett utóérés, vagy a vörösebb szín (Grierson-Fray, 1994). Az érés során Stenvers (1976) 8 színárnyalatot, illetve érettségi állapotot különített el, amelyben a szedés megtörténhet (3. táblázat).

3. táblázat Az érés során előforduló érettségi állapotok,

	Színezetségi fok	érettségi fok
1.	100% zöld	érett zöld
2.	99-95% zöld 1-5% sárga-narancssárga	zsendülés (színeződés megindulása)
3.	95-66% zöld 5-34% narancssárga	
4.	66-34% zöld 34-66% narancssárga	ún. félérett állapot
5.	1-34% zöld 99-66% narancssárga	
6.	100% narancssárga	
7.	100% világos piros	kemény
8.	100% sötét piros	puha érett (fogyasztási)

Stenvers (1976) alapján

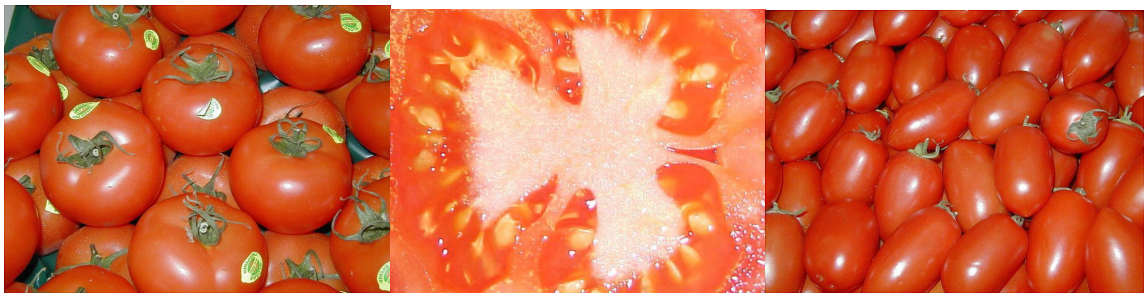
Nyugat-Európában a kora tavaszi időszakban általában a 6. fázisban (az egész bogyófelszín narancssárga) szedik a paradicsomot. A későbbi időszakban, mikor már a léghőmérséklet is magasabb, korábbi színezettségi fokon (3-5.) történik a szedés.

A forgalmazó igényének megfelelően kocsánnyal vagy kocsány nélkül takarítják be a paradicsomot. A kocsánnyal szedett bogyók hosszabb ideig pulton tarthatók.

A paradicsomhajtatásban néha végeznek érésgyorsítást is. A bogyóban termelődő etilén gyorsítja a bogyóérést, tehát az etilén mesterséges adagolásával a folyamat sebessége fokozható. A kezelést csak azokon a fürtökön szabad elvégezni, amelyeknél a bogyók már elérték a fajtára jellemző méretet és zsendülnek (halványzöld bogyószín). Erre a célra az etiléntartalmú készítmények is alkalmasak. Az érésgyorsítás nagy hibájának tartják, hogy a bogyók puhulnak, tehát a szállíthatóságuk és a tárolhatóságuk romlik. Ha nem megfelelő időben és töménységben végezzük el a kezelést, a puhulás mértéke annál nagyobb (Helyes, 1999).

Az érés ütemétől függően a kora tavaszi időszakban heti egy-két alkalommal szedjünk, míg a későbbi periódusban a hetente háromszori szedés is elképzelhető. A szedést kora reggel végezzük és a termést vigyük hűvös helyre, ami segíti a bogyó színének és minőségének megőrzését. A piros szín kialakulása 12,5°C felett és 30°C alatt történik meg (Farkas, 1994; Kinet-Peet, 1997; Helyes, 1999).

2.2 Beltartalmi paraméterek elemzése



A paradicsom minőségét a külső bélyegeken kívül alapvetően meghatározzák a beltartalmi összetevők is. A minőség megítélését azonban befolyásolja a termesztés célja, illetve az ezzel összefüggő felhasználási mód. Friss fogyasztás esetén a legfontosabb értékmérő paraméterek a külső morfológiai jegyek (a bogyó alakja, egyöntetű színeződöttsége, sérülésmentessége stb.) és az íz, zamatanyagok. Ipari célra történő

feldolgozás esetén fontos értékmérő tulajdonságnak számít a szín, a Brix°, a pH, a viszkozitás és a gépi betakaríthatóság miatt a bogyó keménysége.

Szakmai körökben közismert, hogy a paradicsom, a legtöbb zöldségfajhoz hasonlóan, nem tartozik a kalóriagazdag táplálékok közé. 100 g friss paradicsom mindössze 92 J (22 cal) energiát tartalmaz. Viszont, a paradicsom bogyóiban található vegyületek és ásványi anyagok együttes hatása kiváltja az emberi szervezet anyagcseréjének kedvező alakulását és segíti az egészséges táplálkozást (4. táblázat).

4. táblázat A paradicsombogyó átlagos kémiai összetétele 100 g termésre vonatkoztatva

Összetevők:		Ásványi alkotórészek:	mg/100 g
Víz	93.6%	Kálium	225-300
Fehérje	1.1 g	Foszfor	25-27
Szénhidrát	4.0 g	Kalcium	13-16
Zsír	0.2 g	Magnézium	13-15
Hamu	0.6 g	Nátrium	3.0-4.5
Rost	0.5 g	Vas	0.5-1.0

Vitaminok:	mg/100 g	Energia:
Karotin	0.5-0.9	22 cal/100 g vagy
B_1-vitamin	0.06	92 J/100 g
B_2-vitamin	0.04	
Nikotinsav	0.5	
C vitamin	20-30	

Fehér (1998) alapján

Az érett paradicsom víztartalma 93-96% között van, amelyben oldott állapotban szénhidrátokat, szerves savakat, ásványi anyagokat, vitaminokat és festékanyagokat találunk. Ebből következik, hogy a paradicsom oldható szárazanyag-tartalma (Brix°) 4-7% között ingadozik. A feldolgozóipar szempontjából fontos szerepe van a 0,5-1% közötti rosttartalomnak, valamint a pektin-tartalomnak, amelynek konzisztencia kialakításában van jelentős szerepe. A paradicsom elsődleges sejtfala más kétszikű növényekhez hasonlóan kb. 30 % pektint tartalmaz (Carpatia és Gibeaut 1993). A legfontosabb enzimek, amelyek a pektint lebontják az érés során az endopolygalakturonáz (PG) és a pektinészteráz (PE). A PG enzimnek 3 izomérje fordul elő a paradicsomban (Grierson és Schuch 1993). Alacsony PG enzim koncentráció a termésben magasabb viszkozitási értéket eredményez (Picton et al., 1995). A paradicsom fehérjetartalma valamivel meghaladja az 1%-ot. A kálium, nitrogén és a foszfor a legfontosabb ásványi elemek a bogyóban, ezek teszik ki a bogyó teljes ásványi anyagának több mint 90 %-át. (Davies-Hobson, 1981).

2.2.1. Szárazanyag-tartalom

A paradicsom termésében - kivétel a bogyófejlődés kezdeti időszaka - a légzés mértéke mindig nagyobb, mint a fotoszintézisé jó fényellátottsági körélmények mellett (Tanaka et al., 1974). Ezért a szárazanyag felhalmozódása a termésben alapvetően a lomb által előállított asszimiláták beépülésétől függ (Ho és Hewitt 1986). Viszont a beépített keményítő kb. 25 %-a a légzés által elhasználódik a termésből. Ezért elképzelhető, hogy a bogyóban a nettó szárazanyag felhalmozódást nem csupán az asszimiláták beépítésének fokozásával lehet elérni, hanem a légzés által felhasznált keményítő csökkentésével is (Ho et al., 1987). Ezen folyamatoknak a pontosabb megismerése, azonosítása lehet jövőben a nemesítés célja a magasabb szárazanyag-tartalmú fajták előállításánál, de fontos megjegyezni,

hogy a termés szöveteiben felhalmozódott szárazanyag mennyiségét alapvetően tudjuk befolyásolni a termesztés során a fény, a hőmérséklet és a vízellátottság változtatásával (Ho 1999).

A paradicsom szárazanyag-tartalma két részből áll, oldható és oldhatatlan szárazanyag tartalomból. Az összes szárazanyag-tartalom 88-90 %-a tekinthető oldható szárazanyagnak (Colla et al., 2001).

Yauregui et al., (1999) az összes szárazanyag-tartalom és a Brix° kapcsolatát ipari fajták esetében az alábbi képlettel jellemezték: **összes szárazanyag = 1, 01 × Brix° - 0,11**

Az oldhatatlan szárazanyag jelentős része vízben oldhatatlan szénhidrátokat tartalmaz, de ennek egy része az alkoholban sem oldódik, ezek határozzák meg a termékek viszkozitását. A vízben oldható szénhidrátok jelentik az oldható szárazanyag-tartalmat (Brix°), amelynek jelentős része redukáló cukrokból áll. Az érett bogyó oldható szárazanyag-tartalma, mintegy 5-7,5%-a a nyers tömegnek. A szárazanyag nagy része cukor és szerves sav (Davies-Hobson, 1981), amelyek a termés ízének kialakításáért felelősek. Az 5. táblázat az érett bogyó összes szárazanyag-tartalmának összetevőit, illetve azok arányát mutatja be. A termés szárazanyag tartalmának közel 50 %-át redukáló cukrok: glükóz és fruktóz alkotják (Davies- Hobson, 1981; Thaker et al., 1996). A bogyó ásványi anyag tartalma általában 8 %-ot ér el, melynek több mint 90 %-át a kálium (3-4 %), nitrogén (0,9 %) és foszfor (0,4 %) alkotja (Ho- Hewitt, 1986). A friss gyümölcs rost tartalma körülbelül 0,6-0,7 % (Davies- Hobson, 1981). A paradicsomban a két legfontosabb szerves sav a citromsav és az almasav, amelyek a teljes szárazanyag 10-13 %-át teszik ki (Ho- Hewitt, 1986; Petro- Turza, 1986).

Torre et al. (1999) számszerűsítették a Brix° és az egyéb beltartalmi összetevők közötti összefüggést, miszerint egy lineáris kapcsolat (R^2= 0,989) van a cukortartalom és a Brix° között és ez az alábbi képlettel fejezhető ki:

Y= 0,8941 x **X + 0,4668** ahol Y = Bix°, X = cukor %.

Általában a magasabb szárazanyag-tartalom alacsonyabb termőképességgel és puhább bogyóval párosul (Farkas 1992). Negatív összefüggés van a bogyó átlagtömeg és a szárazanyag-tartalom között is. A korai, rövid tenyészidejű fajták alacsonyabb szárazanyag-tartalmúak. Az összes oldható szárazanyag-tartalom vonatkozásában a folyton növő fajták jobbak, mint a determináltak (6. táblázat), természetesen azonos termesztési körülmények között. Ez azzal magyarázható, hogy a nagyobb lombfelülettel rendelkező fajták a tenyészidőt jobban ki tudják használni. A cseresznye paradicsom fajták Brix° értéke magasabb, mint az átlagos bogyóátlag-tömegű (kb. 90-110 g) fajtáké (Lapushner et al., 1990). Ipari fajták esetében Farkas (1992) kísérleti eredményei is ezt igazolták, miszerint az erőteljesebb lomb - ami még nem gátolja a gépi betakarítás lehetőségét - a keletkezett több asszimilációs termék okán növelte, illetve okozta a hibridek magasabb refrakcióját.

A szárazanyag-tartalmat alapvetően befolyásolják a termesztési körülmények, különösen a fényviszonyok. Szabadföldi termesztésben általában magasabb a bogyók oldható szárazanyag-tartalma, mint a hajtatásban.

5. táblázat Az érett termés szárazanyag-tartalmának összetevői és arányuk

ÖSSZETEVŐK	%
cukrok	
glükóz	22
fruktóz	25
keményítő	1
alkoholban oldhatatlan szárazanyag	
protein	8
pektin	7
cellulóz	6
hemicellulóz	4
szerves savak	
citromsav	9
almasav	4
ásványok	
főleg K^+, Ca^{2+}, Mg^{2+}, P	8
egyéb	
lipidek	2
dekarboxilált aminosavak	2
pigmentek	0,4
C-vitamin	0,5
illó olajok	0,1
egyéb aminosavak, vitaminok és polifenolok	1
Összes szárazanyag	**100**

Davies-Hobson, (1981) alapján

6. táblázat Összes oldható szárazanyag-tartalom (Brix°) alakulása

Növekedési típus	Vizsgált fajta		
	Gardner	Fireball	Cornell 54-149
Folyton növő (sp^+)	5,40	5,23	5,67
Determinált (sp)	4,73	4,50	5,00

Emery és Munger (1970) alapján

A termesztési körülmények közül az öntözésnek illetve a vízellátottságnak jelentős hatása van az ipari és a friss fogyasztásra termelt paradicsom beltartalmi paramétereire. A SZIE (jogelődje: GATE) Kertészeti Tanszékén végzett több évtizedes öntözési kísérletek adatai azonos tápanyagellátás mellet jól mutatták, hogy a fokozott vízellátottság egyértelműen csökkenti a bogyók szárazanyag-tartalmát. A nagyobb bogyó-átlagtömeg magasabb víztartalommal és alacsonyabb Brix° -kal jár együtt (Varga, 2002). Számos szerző szintén hasonló eredményre jutott, miszerint az öntözés hatására a termésmennyiség nő, viszont az összes és az oldható szárazanyag-tartalom és a savtartalom is csökken (Rudich et al. 1997, Sanders et al, 1989, Mitchell et al, 1991, Colla et al, 1999).

A kaliforniai ipari paradicsomtermesztés gyakorlata szerint, abban az esetben, ha a betakarítás előtt 25-40 nappal az öntözést befejezték, akkor a Brix° nőtt (Atherton és Rudich 1986). Lopez és munkatársai (2001) viszont azt állapították meg, hogy ha az optimális betakarítási időpont előtt 15 nappal fejezték be az öntözést, akkor a termésmennyiség 13 %-

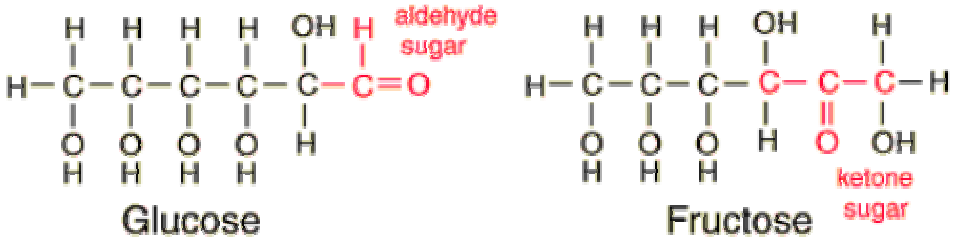
kal csökkent, viszont az oldható szárazanyag-tartalom 0,2 egységgel nőtt. Gragera Facundo et al., (1999) a barázdás és a csepegtető öntözést hasonlították össze és arra a következtetésre jutottak, hogy a barázdás öntözés esetében magasabb Brix° értékeket kaptak.

A betakarítás módja (kézi vagy gépi) szintén befolyásolja, hogy a feldolgozóipar számára milyen szárazanyag-tartalmú nyersanyagot szolgáltatunk. A kézi betakarítás esetében a nyersanyag Brix° magasabb, mivel a betakarítás során az érett termések aránya is nagyobb (Jauregui et al., 1999).

Számos szerző eredményeit összegzi a teljesség igénye nélkül az alábbi néhány termesztési javaslat, ami a Brix° növelés technológia ajánlásait mutatja be:

- EC érték megemelése a betakarítás előtti 1-2 hétben 3,0 mS/cm értékre.
- Javasolják a N:K=1:2 arányát
- A nyári időszakban magasabb Ca szintet javasolnak.
- Az éjszakai hűvösebb hőmérséklet szintén emeli az oldható szárazanyag-tartalmat.
- A bogyó teljes beérése a növényen történjen.
- A nagyobb lomb: gyümölcs arány magasabb szárazanyagot eredményez, viszont ilyen esetben a kötődés elhúzódik és így az ipari paradicsom növényállomány géppel nem takarítható be.
- A szárazanyag-tartalom növelésére a L. chmielewskii és a L. cheesmanii vad fajokat használják.

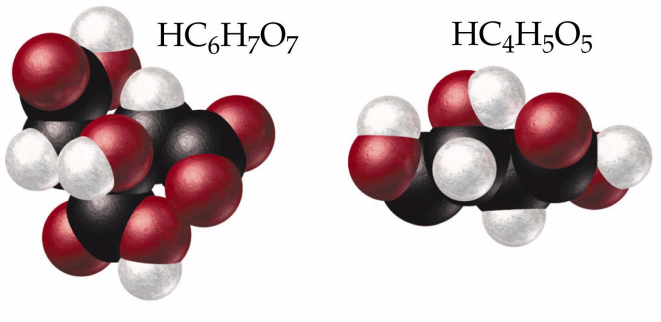
2.2.2. Cukortartalom



Genetikai és biotechnológiai módszerekkel, megközelítésekkel azonosították a cukor felhalmozódásáért felelős géneket. A cukor felhalmozódást egy *szingl recisszív* gén szabályozza, amelyet *sucr*-nak neveztek el (Chetalat et al., 1993). Klann és munkatársai (1993) a cukor felhalmozódásának dinamikáját vizsgálták a L. esculentum és a L. chmielewszki fajok felhasználásával a terméskötődéstől eltelt idő függvényében. A L. chmielewszki esetében a legnagyobb mértékű cukor felhalmozódást a kötődéstől számított 7. 8. és 9. héten tapasztalták, tehát a bogyófejlődés végén illetve az érés előtt. Ezzel szemben a L. esculentum esetében a kötődést követően a bogyónövekedés során nem volt szignifikáns különbség a felhalmozódás ütemében. A paradicsom bogyó cukortartalma a nyerstömeg mintegy 2-4 %. Ez zömmel fruktóz és glukóz, amelyek majdnem azonos mennyiségben vannak jelen. Molekula képletük azonos ($C_6H_{12}O_6$,), de szerkezeti képletük eltérő. Husain et al., (1999) vizsgálatai azt igazolták, hogy a fruktóz és a glukóz adják a cukrok 80 %-át. Mivel a fruktóz közel kétszer olyan édes ízt ad, mint a glükóz, ezért transzgénikus stratégiai módszerekkel elérték, hogy növeljék a fruktóz arányát, tehát megbontották az eddig közel egyenlő arányt. Ezt két azonosított *fructakinase (Frk)* gén segítségével érték el (Benett et al., 1995). Egyéb cukrok a paradicsom bogyójában alig fordulnak elő. A szacharóz is csupán a nyerstömeg 0,1-0,2%-át adja. A paradicsom termésében a cukor felhalmozódása akkor történik, amikor az oldható savak szintézisének mértéke már alacsony (Manning és Maw 1975; Walker et al., 1978; Yelle et al., 1988; Miron és Schaffer 1991). A keményítő a bogyónövekedés első hónapja során halmozódik fel, azután csökken (Ho et al., 1982). A

termesztési feltételek közül a vízellátottság a bogyók cukortartalmára is hat. A csökkentett vízellátottság (75-50%-os mértékű) az optimális vízellátottsághoz viszonyítva szignifikánsan növelte a cukortartalmat, de jelentősen csökkentette a bogyók átlagtömegét (Colla et al.,). A cukrok az oldható szárazanyag-tartalom kb. 60-70%-át adják (Farkas, 1994).

2.2.3. Savtartalom



Citromsav **Almasav**

Élettani kutatásokkal már rég bizonyították, hogy a savtartalomnak van egy ritmikus változása és ez zömmel az almasav-tartalomra és kisebb mértékben a citromsav koncentrációjának a változására vezethető vissza (Szalai 1974). A legtöbb termés viszonylag nagy mennyiségben tartalmaz különböző savakat, melyeknek az anyagcsere aktivitásuk valószínűleg nagy, ezt igazolja az a tény is, hogy a koncentrációjuk a termés növekedése, érése, valamint a tárolása során alapvetően változik (Thimann és Bonner 1950). A paradicsom savtartalma általában 0,3-0,6% között ingadozik, ami alapvetően citromsavból és almasavból áll. A citromsav és az almasav a glükózzal és a fruktózzal lényegében együttesen határozzák meg a paradicsom bogyó ízét (Stevens et al., 1977, Jones és Scott 1983). A szerves savtartalom, emelkedik a bogyófejlődés során. A citromsav és az almasav aránya alacsony a növekedés kezdeti szakaszában, de az érés során fokozódik. A citromsav mennyisége nagyobb (kb. háromszorosa), mint az almasavé. A savtartalomra hatnak a környezeti tényezők, különös tekintettel a fény és a hőmérséklet alakulása és mértékük jelentős befolyásoló tényező. Janse (1984) vizsgálatai azt igazolták, hogy a gyengébb fényviszonyok között fejlődött paradicsom bogyók savtartalma néhány százalékkal nőtt.

Walkof és Hyde (1963) szerint a savtartalom jól öröklődik, amit egyetlen gén szabályoz. A nemesítők a kis bogyójú vad paradicsomfajtákat használják fel a savtartalom növelésére.

2.2.4. Cukor – sav aránya

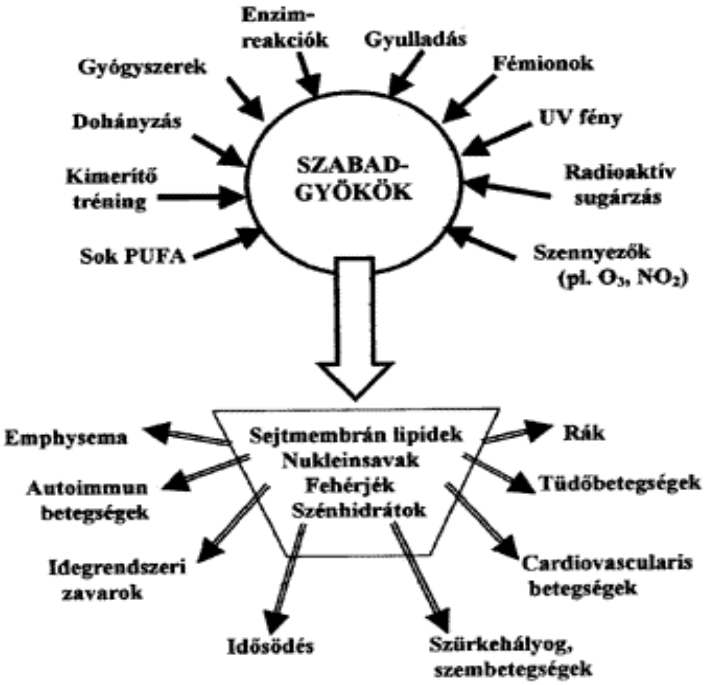
A paradicsombogyóban több mint 400 féle aromás vegyületet mutattak már ki, azonban csak kis hányada (kb. 17 vegyület) vesz részt markánsan a bogyó ízének kialakításában. Ezek közül a legfontosabbak: geranilaceton, 3-metil-butanol, cisz-3-hexenal, transz-2-hexenal, hexanol, cisz-3-hexenol, transz-2-heptenald, 2-izobutiltiazol, etanol. Ennek ellenére a cukor- és savtartalom egymáshoz való viszonya dönti el alapvetően a paradicsom savanykás vagy édeskés jellegét, illetve határozza meg az ízét. A cukor és a sav együttes hatása döntően befolyásolja az íz és zamatanyagok intenzitását is. A savtartalomban bekövetkező változás erőteljesen befolyásolja a paradicsom zamatosságát, ezért azoknak a fajtáknak, melyeknek rekeszállománya nagyobb, jobb az ízük (Stevens et al., 1977 b). Magas cukor és relatíve alacsony savtartalom adja a legkedvezőbb ízhatást. Magas sav és alacsony cukor fanyar ízt eredményez, míg ha a magas cukor nagyon alacsony savval párosul, „üres” gyenge ízt érzünk. Mikor viszont a cukor és a sav is alacsony akkor a paradicsom íztelen

(Atherton - Rudich 1986). Általános vélemény szerint akkor „jó” ízű a paradicsom, ha a cukor - sav aránya 7-10 között van, viszont ez az érték eltérhet az ipari és a friss fogyasztásra termesztett fajták esetében.

2.2.5. Szabad gyökök, antioxidánsok

A szabad gyökök molekulák, vagy molekularészletek, amelyek párosítatlan elektronokat tartalmaznak a legkülső elektronhéjukon. Ezek a páratlan elektronok mindig arra törekednek, hogy párosan legyenek, ezért más molekulákról szakítanak le elektronokat. Tehát ezek a szabad gyökök nagy reakciókésséggel rendelkeznek, nagyon könnyen tudnak kémiai reakcióba lépni más vegyületekkel. A külső környezet szabad gyökei a vegyi anyagok, ultraibolya és radioaktív sugárzás, hatására jöhetnek létre. A 9. ábra a szabad gyökök keletkezési körülményeit és a kialakult betegségeket, illetve azok következményeit mutatja be. A vegyszerek, gyógyszerek és adott esetben a dohányfüst is lehet forrása a szabad gyökök képződésének.

Alapvetően a szabadgyököknek két nagy csoportja van, az oxigén és nitrogén eredetű szabadgyökök. Oxigén eredetű szabadgyök például a szuperoxid gyök, amely többek között a mitokondriális légzés során az oxigénmolekulából származhat, és a hidroxil gyök, amely egyebek mellett a szövetekben lejátszódó gyulladásos reakciók során keletkezhet. A nitrogén eredetű szabadgyökök legfontosabb példája a nitrogén-monoxid szabadgyök (NO) (Szabó 2005). A szabad gyökök az élelmiszerekben lévő molekulák szerkezetét is meg tudják változtatni. A legismertebb ilyen oxidációs folyamat az avasodás. Ez esetben olyan termékek is keletkezhetnek, amelyek magukban is károsak, mint például a ketonok és az aldehidek. Passwater (1999) szerint szervezetünkben a különféle enzimreakciók és káros külső hatások következtében (pl.: dohányzás, stressz, stb.) szabadgyökök keletkeznek, amik végső soron szervezetünk öregedéséhez vezetnek. A szabad gyökök nagyobb mértékű felszaporodása az idegvégződés pusztulását okozhatja, melynek következtében kialakulhat a Parkinson-kór betegsége (Vizi, 2003). Az emberi szervezetnek az élettani funkciókat károsító hatásokkal szemben védekeznie kell, illetve közömbösítő mechanizmust kell kiépítenie.



9. ábra A szabad gyökök keletkezése és a következményei. (Bíró, 2002, alapján)

A szervezetünk, mint egy biológiai rendszer, az oxidatív tényezőket többféle antioxidatív folyamatok útján tudja ellenőrizni, ez által visszaszorítja a szabadgyökök károsító folyamatait. Az antioxidáns vegyületek nélkülözhetetlenek az emberi szervezet egészségének megőrzésében, ezért napjainkban nagy erővel folyik a különböző táplálékok természetes antioxidáns tartalmának vizsgálata. A természet számos olyan növényt kínál, amelyek kiváló antioxidáns adottsággal rendelkeznek. Ilyen például az alma, a paradicsom, az articsóka, de a szamócában, körtében, meggyben, céklában és brokkoliban is kimutattak antioxidáns vegyületeket (Peschel et al., 2006; Veres et al., 2006). A mediterrán konyha közkedvelt alapanyaga a paradicsom, ami feltehetően számos krónikus betegség kialakulásának esélyét csökkenti (Micozzi et al., 1990; Weisburger, 1998; Agarwal- Rao, 2000; Djuric- Powell, 2001).

Az antioxidánsok saját elektronjaikat adják át a szabadgyök-molekuláknak, így a romboló folyamatokat lassítják, vagy meggátolják. Szervezetünk az antioxidánsok egy részét nem tudja előállítani, ezért külső forrásból, elsősorban a táplálékból kell fedezni a szükségletet (Bíró 2002, Szabó 2005). Azon vegyületek, amelyeket szervezetünk termel, tehát elő tudja állítani, nevezzük endogén antioxidánsoknak, más részét, pedig csak táplálékkal tudjuk a szervezetünkbe juttatni, ezeket nevezzük exogén antioxidánsoknak (Passwater, 1999).

Első olvasatra szokatlannak és talán feleslegesnek is tűnik, hogy egy paradicsommal foglalkozó disszertáció irodalmi áttekintésébe hogyan kerülnek ezek az anyagok, illetve irodalmi hivatkozások, de az azért közismert, hogy a zöldség és gyümölcsfajok antioxidánsokban gazdagok. Napjainkban, pedig egyre nagyobb hangsúlyt kap a különböző zöldség- és gyümölcsfajok táplálkozás-élettani szerepe, illetve funkcionális élelmiszerként is szerepet kapnak. Az antioxidánsok értékelése kapcsán Szent-Györgyi Albert neve természetesen megkerülhetetlen, aki a biológiai redox rendszerek, az oxidáció, a szabadgyökök és az antioxidánsokkal kapcsolatos kutatások úttörője, az egyetlen magyar orvosi Nobel-díjas, aki Magyarországon végzett kutatásaiért kapta ezt a kimagasló elismerést. Közismert, hogy Nobel-díját a C-vitamin izolálásáért kapta, de ezt megelőzően a sejtek energetikai folyamatainak megismerésében is alapvető jelentőségű felfedezéseket tett.

Hazánkban is folynak kutatások a különböző gyümölcs- és zöldségfajok antioxidáns tartalmával kapcsolatban. A meggy fajták antioxidáns anyagainak kutatásában jelenleg Amerika jár az élen, ahol ez idáig 17 antioxidáns vegyületet találtak, részben magyar fajtákban (pl. Újfehértói fürtös). Az étkezési- és pritaminpaprika vizsgálatok még nem tartanak itt, mivel azok eddig csak a fűszerpaprikára korlátozódtak. A vörös- és fokhagymánál ilyen irányú kísérletek pedig egyáltalán nem folynak jelenleg hazánkban (Veres et al., 2006). Az OÉTI munkatársai számos, a hazai piacon megvásárolható, beszerezhető zöldség- és gyümölcsféle főbb flavonoid (quercetin, kaempferol, myricetin, apigenin, luteolin) mennyiségének meghatározására vállalkoztak (Lugasi és Hóvári, 2000; Lugasi és Takács, 2002). Vizsgálati eredményeik azt bizonyították, hogy míg a zöldségfajok közül a spenót tartalmazta a legtöbb flavonoidot, (338,6 mg/kg, melyből 272,2 mg/kg a guercetin) addig a gyümölcsök közül a dió volt az, melynek csak a myricetin tartalma 4,565 mg/kg volt. Takácsné és munkatársai (2003) céklafajták bioaktív anyagainak és szabadgyökfogó képességének vizsgálataival értek el jelentős eredményeket.

Fontos antioxidáns vegyületek többek között a karotinoidok (ß- karotin, likopin, lutein, zeaxantin stb.), az E-vitamin, a C-vitamin, a flavonoidok (quercetin, luteolin, coumarin stb.), fenol savak, szulfidok (pl. allyl szulfid) és egyes ásványi anyagok (pl. szelén, cink). A paradicsom bogyóban hőstressz hatására fenolos vegyületek pl. flavonoidok, fenil-propanoidok termelődnek. 25°C-os hőmérséklethez képest 35°C-on megkétszereződik a polifenolok mennyisége, ami a növény akklimatizációs reakciójának is tekinthető (Rivero et al., 2001). George et al., (2004) méréseik alapján megállapították, hogy jelentős eltérések

lehetnek a különböző paradicsomfajták polifenol (10,4-40 mg/100g) és C-vitamin (8,5-56 mg/100g) tartalma között.

Kedvező fényviszonyú körülmények között fejlődött bogyók C-vitamint tartalma magasabb (Dumas et al., 2003). Ezt a megállapítást támasztják alá Lopez-Andreu et al., (1986) eredményei is, akik vizsgálataik alapján arra a következtetésre jutottak, hogy hajtatási körülmények között a paradicsom bogyók C-vitamin tartalma alacsonyabb, mint szabadföldi termesztés során.

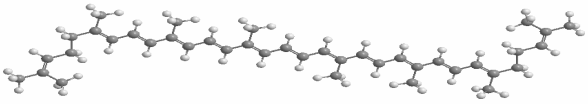
Számos antioxidáns hatású anyagnak már hozzáférhető a szintetikus változata is. A szintetikusan előállított karotinoidok éves mennyisége jelentősen meghaladja a 100 millió tonnát. A kutatók véleménye viszont egybehangzóan az, hogy sokkal előnyösebb az antioxidánsok (pl. vitaminok, karotinoidok stb.) hatása, ha azokat természetes formában (pl. zöldségekben, gyümölcsökben) fogyasztjuk, mint ha tablettákban. A zöldségekben és gyümölcsökben ugyanis számos olyan egyéb anyag is van, amelyeket ugyan nem nevezünk vitaminnak, vagy antioxidánsoknak mégis fontos biológiai védőanyagok és rendelkeznek antioxidáns hatásokkal. Jelenleg számos hatékonyan alaklamazható gyógyszer hatása legalábbis részben nem más, mint antioxidáns hatás (Szabó, 2005). Annak ellenére, hogy az antioxidánsokkal kapcsolatban mintegy 30 - 40 éves kutatási munka van már mögöttünk, mégis számos kérdés még megválaszolatlan, hisz egy rendkívül komplex kérdéskörről van szó. Napjainkban is vitatott és nem egyértelműen eldöntött kérdés, pedig számos pozitív klinikai eredmény áll már a rendelkezésünkre, hogy az antioxidánsokban gazdag táplálkozással csökkenthető-e a rákbetegség kialakulásának kockázata. Az antioxdánsok hatásmechanizmusának vizsgálatakor többek között nagyon fontos tényező a dózis kérdése, hisz számos eredmény látott napvilágot, miszerint a szükségesnél jelentősen nagyobb mennyiségű antioxidáns bevitel károssá válhat.

Totál antioxidáns státusz (TAS) kialakításában résztvevő antioxidáns vegyületek a következők: flavonolok (pl. rutin), flavanonok (pl. naringenin), fahéjsav származékok (pl. kávésav,), likopin, β-karotin és polifenolok. A paradicsomban a legfontosabb antioxidánsok a karotinoidok (Clinton, 1998) és a fenolok (Hertog et al., 1992).

Többen is beszámoltak arról, hogy az antioxidánsok mennyisége szezonalítás szerint is változik. Ugyanabban a fejlettségi állapotban levő növények közül a kisebb méretű fajták bogyói nagyobb antioxidáns kapacitással rendelkeztek (Molyneux, 2001; Sahlin et al., 2004). Az érés alatt folyamatosan növekszik a TAS, ami a lipofil antioxidánsok (pl. likopin, β-karotin, szerves polifenolok) gyarapodásának köszönhető, mivel a hidrofil antioxidánsok (pl. C-vitamin, hidrofil polifenolok) szintje szinte változatlan marad (Cano et al., 2003). Arnao et al., (2001) megvizsgálta a paradicsomleves totál antioxidáns státuszát és arra a következtetésre jutott, hogy a TAS 79%-át a hidrofil antioxidánsok teszik ki, míg a lipofil antioxidánsok aránya csak 21%. Tehát ez az eredmény részben ellentmond az előző megállapításnak.

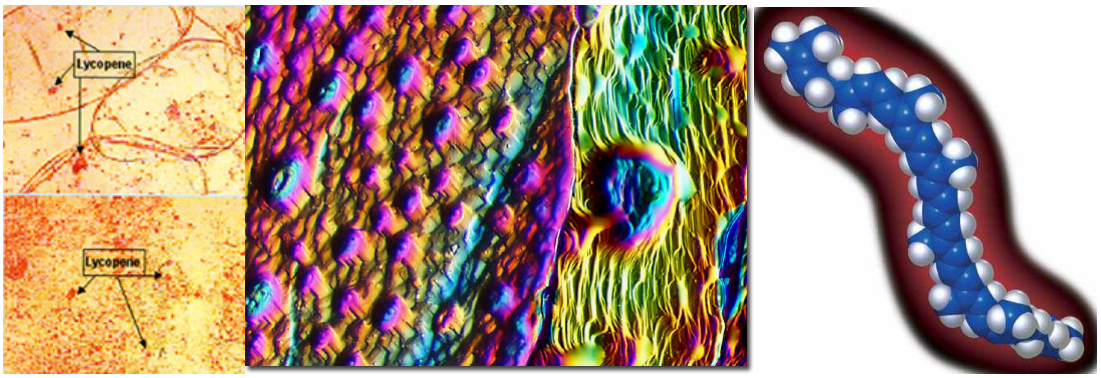
A paradicsom bogyóban legnagyobb totál antioxidáns státusz szintet a héjban mértek, amit a mag, majd végül a húsállomány szintje követ (Toor-Savage, 2005). A paradicsom ipari feldolgozása a TAS-ra is kihat. Anitoxidánsok közül a C-vitamin mennyisége lecsökken hőkezelés során, de a polifenolok és a vízben oldható antioxidánsok koncentrációjának növekedésével a feldolgozott termék teljes antioxidáns kapacitása megemelkedik (Gahler et al., 2003).

2.2.6. Likopin



Molekula tömege: 536, Molekula képlete: C_{40} H_{56}, Molekula összetétele: 89,5 % C, 10,5 % H

10. ábra A likopin szerkezete és főbb jellemzői



11. ábra Likopin elekto-mikroszkópos felvétele és a likopin molekula

A karotinok természetes pigmentek, színük a sárgától a vörösig változik. A likopin a karotinoidok családjába tartozó, aciklikus szerkezetű élelmiszeralkotó bioaktív vegyület, melynek preventív szerepét számos daganatos megbetegedés kialakulásában epidemiológiai és experimentális adatok is alátámasztják. A karotinoidok sárga-vörös színű festékanyagok, amelynek konjugált kettőskötés rendszerében csak szénatomok vesznek részt. Zsírokban és zsíroldó anyagokban jól oldódnak, viszont vízben oldhatatlanok, ezért lipokrómnak is nevezik őket. A likopin nyitott gyűrűje (10. és 11. ábra) könnyen zárul, ezáltal a láncvégi kettős kötés megszűnik, ha ez mindkét végén bekövetkezik, akkor alfa vagy béta karotint kapunk (Szalai, 1974). A likopin nem tartalmaz β- gyűrűt, ezért nem vesz részt az **A-** vitamin szintézisében. A molekulában 11 lineárisan elhelyezkedő konjugált, és kettő nem-konjugált kettős kötés található. Az 5 legfontosabb karotinoid: a ß-karotin, az alfa-karotin, a ß-kriptoxanthin, a lutein és a likopin. Karrer és Widmer, valamint Escher, (1928) számoltak be először arról, hogy a csipkebogyó jelentős mennyiségű likopint tartalmaz. Paul Karrer 1937. december 11-én a Nobel díj átvételekor tartott beszédében, amelynek címe: Karotinoidok, flavonoidok, A és B_2 vitamin volt, hivatkozott L.S. Palmer egy jól ismert könyvére, ami 1922-ben jelent meg és amelyben már 6 karotinoidot írt le (karotin, likopin, xanthophyll, lutein, fucoxantin és rhodoxanthin). Viszont 1934-ben már az ismertté vált karotinoidok száma 15-re nőtt. Míg 1937-ben (a beszéd évében) már 40 vált ismertté. Napjainkban már több mint 600 karotinoidot izoláltak (Yeum-Russel, 2002). A karotinoidok két csoportra bonthatók. Az egyik nagy csoportot a szén és hidrogén atomokból felépülő karotinok, mint például a β-

karotin, vagy a likopin. A másik csoportba a zöld színű xantofillok (zeaxantin, violaxantin, lutein) tartoznak, melyek oxigént is tartalmaznak.

Szakmai körökben közismert, hogy a paradicsom piros színét a likopin adja. A nyers paradicsomban az összes karotinoid 60–64%-a likopin, 10–12%-a γ-karotin, 10–12%-a fitoén, 7–9%-a neurosporén, 1–3% β- és δ-karotin és 0–1% lutein (Lugasi et al., 2004). A likopin fitoénből szintetizálódik négy deszaturációs reakciót tartalmazó sorozat eredményeként. Ezek a reakciók a magasabbrendű növények plasztidjaiban játszódnak le, két, membránhoz kötött deszaturáz enzim hatására (Harker és Hirschberg 1998).

A likopin két legfontosabb izomérje a cisz és a transz. Friss paradicsomban a likopin 95,4%-át a transz konfiguráció adja. A feldolgozás során viszont jelentős része átalakul cisz izomérré. Ez igaz a ß-karotinra is (Barett és Anthon, 2001). Nguyen és Schwartz (1998) viszont úgy találták, hogy a likopin viszonylag rezisztens a hőre és így a feldolgozás során a cisz izomér aránya kevesebb, mint 10%. A likopin bioaktivitása a feldolgozás során növekszik. Zanoni és munkatársai (1999) az érett friss paradicsomból, Rita fajtánál a szárítás során vizsgálták a likopin változását. Azt tapasztalták, hogy a likopinnak nagy a szerkezeti stabilitása, mivel 110 °C-on történő szárítás során a likopintartalom csupán maximum 10%-kal csökkent, de 80 °C-on nem is tapasztaltak mennyiségi csökkenést. Ellentétben a C-vitaminnal, ami közismerten hőérzékeny, amelynél 80 °C-on 40%-os, míg 110 °C-on történő szárításnál már 80%-os veszteséget mértek.

A paradicsom likopin tartalmát számos tényező befolyásolja, illetve determinálja. Ezen tényezők közül is alapvetően a fajta. Az alkalmazott fajtacsoporton illetve fajtán kívül a likopintartalmat alapvetően befolyásolják a környezeti tényezők, különösen a hőmérséklet és a fény. Valószínűsíthető, hogy a karotinoidok bioszintézisének kulcsa az alacsony hőmérséklet. Ishida (1999) növényházi körülmények között cseresznyeparadicsommal végzett kísérletet és azt tapasztalta, hogy 16 °C-on a likopintartalom közel háromszor volt magasabb, mint 25 °C felett, tehát az alacsonyabb hőmérséklet a likopin bioszintézisét aktiválta. A likopin tartalmat meghatározó biotikus és abiotikus tényezők vizsgálata, számszerűsítése napjainkban is intenzíven kutatott terület.

Az utóbbi évtizedben a kutatások középpontjába került a likopin egészségre gyakorolt hatásának vizsgálata. Napjainkra e tekintetben reménykeltő eredményeket értek el. A teljesség igénye nélkül ezen kutatási eredményekből néhányat szeretnék ismerteti. A likopin az egyik fő karotinoid az emberi vérben és szövetekben (Sies és Stahl, 1999). Offord (1998) eredményei bizonyították, hogy a likopin az egyik leghatékonyabb antioxidáns, mivel legeredményesebben közömbösíti a szabad oxigént és hatékonyan megsemmisíti a peroxil gyököket. A likopin antioxidáns hatékonysága *in vitro* és *in vivo* körülmények között is bizonyított. A molekuláról bebizonyosodott, hogy kétszer akkora sebességgel képes a szinglett oxigént semlegesíteni, mint a β- karotin (Böhm et al., 2001; Di Mascio et al., 1989; Lu et al., 1995). A likopin, a többi karotinoidhoz hasonlóan, fontos szerepet játszik a sejt-sejt közötti kommunikáció normális állapotának fenntartásában, illetve stimulálva azt, megakadályozza kémiailag transzformált sejtek növekedését (Stahl et al., 2000). A fotoszintézis során abszorbeálja a folyamatokhoz szükséges fényt, ugyanakkor védelmi funkciót is ellát, mivel védi a sejtalkotókat a káros UV-sugárzástól (Clinton, 1996; Harker és Hirschberg, 1998; Ong és Tee, 1999; Stahl és Sies, 1996). Az elmúlt néhány évben publikált 72 epidemiológiai vizsgálatból 57-ben egyenes arányú összefüggés volt kimutatható a paradicsomfogyasztás és a vér likopinkoncentrációja, valamint inverz összefüggés a likopinbevitel és a vizsgált daganatos megbetegedés rizikója között (Giovannucci, 1999)). A likopin jótékony hatása elsősorban az epitéliumban mutatkozott meg (Giovannucci et al., 1995). Kedvező összefüggés volt kimutatható a jelentős likopin-bevitel, valamint a szájüregi-, a gége-, a nyelőcső-, a gyomor-, a vastagbél-, a petefészek-, az emlő-, a hólyag- és a prosztatadaganatok csökkent kockázata között (Franceschi et al., 1994; Liu, et al., 2001;

Nahum et al., 2001; Porrini és Risso, 2000; Tsugane et al., 1992). Más tanulmányok szerint azonban a likopin más, az antioxidáns tulajdonsággal nem összefüggő folyamatokban is részt vesz, például elősegíti a sejtek közötti kommunikációt, módosítja a hormonális és immunrendszert és egyéb metabolikus folyamatokat is, melyeken keresztül elősegíti a szervezet normális homeosztázisának fenntartását (Lugasi et al., 2004). A likopin felszívódását sok tényező befolyásolja, például a jelenlévő egyéb karotinoidok és más élelmiszeralkotók (Bramley, 2000). Biokémiai vizsgálatokkal igazolták, hogy a cisz-izomer felszívódása jobb, mint a transz formáé. Ezért a feldolgozott élelmiszerekből történő likopinhasznosulás is kedvezőbb. A feldolgozással együtt járó fizikai és kémiai folyamatok eredményeként a sejtfalak integritása megszűnik, a likopint tartalmazó membránok könnyebben megbonthatók az emésztőenzimek által, így a molekula szervezetben történő hasznosulása intenzívebb (Rao et al., 1998).

Az emberi szervezet számára a paradicsom és a belőle készült élelmiszerek tekinthetőek a legfontosabb likopin forrásnak. A paradicsomon kívül likopint tartalmaz még a görögdinnye, a piros húsú grapefruit, a kajszibarack stb. a részletes adatokat a 7. és a 8. táblázatok mutatják be. Felmérések szerint az USA-ban a likopin bevitel több mint 90%-a paradicsomból illetve a belőle készült termékekből történik. A napi likopin „adagunk” 0,5-5 mg/nap között ingadozik, ez átlagosan 3mg/nap/fő értéket jelent (Stahl és Sies, 1992). Hazánkban Lugasi és munkatársai (2004) az élelmiszerek likopintartalom-adataiból meghatározták a likopinbeviteli értékeket két lakossági csoportnál háromnapos fogyasztási kérdőívek segítségével. A feldolgozás eredménye alapján a gyermekek likopinbevitele 2,98±4,71 mg/fő/nap, a felnőtteké 4,24±8,47 mg/fő/nap volt. Az értékek nagy egyénenkénti változatosságot mutattak, gyerekek esetében 0–46,63 mg/nap, felnőtteknél 0–76,79 mg/nap értékek adódtak. A 12. ábra a két csoportnál megbecsült beviteli értékek eloszlását mutatja be. Látható, hogy a likopintartalmú élelmiszerek fogyasztási gyakorisága nem mutat normális eloszlást. Mivel az antioxidánsok, így a likopin esetében is az egészségre gyakorolt pozitív hatás eléréséhez rendkívül fontos szempont a napi dózis kérdése. Tehát joggal merül fel a kérdés, hogy akkor mennyi az optimális napi likopin adag, illetve szükséglet. E tekintetben az irodalmi adatok nagyon ellentmondásosak. Számos szerző 5-10 mg/napi értéket tart optimálisnak. A likopin fokozza az LDL (low density lipoprotein) degradációját és a zsírszövetek magas likopinszintje esetén az intima falvastagsága és így a miokardiális infarktus rizikója bizonyítottan kisebb volt (Fuhramn, et al., 1997 ; Kohlmeier, et al., 1997; Zhang, et al., 1991), viszont Agarwal és Rao (1998) ezt a hatást illetve eredményt csak akkor tartják elérhetőnek, ha a napi likopin bevitelünk legkevesebb 40 mg/nap.

7. táblázat Különböző zöldség- és gyümölcsfajok átlagos likopin tartalma (mg/100g)

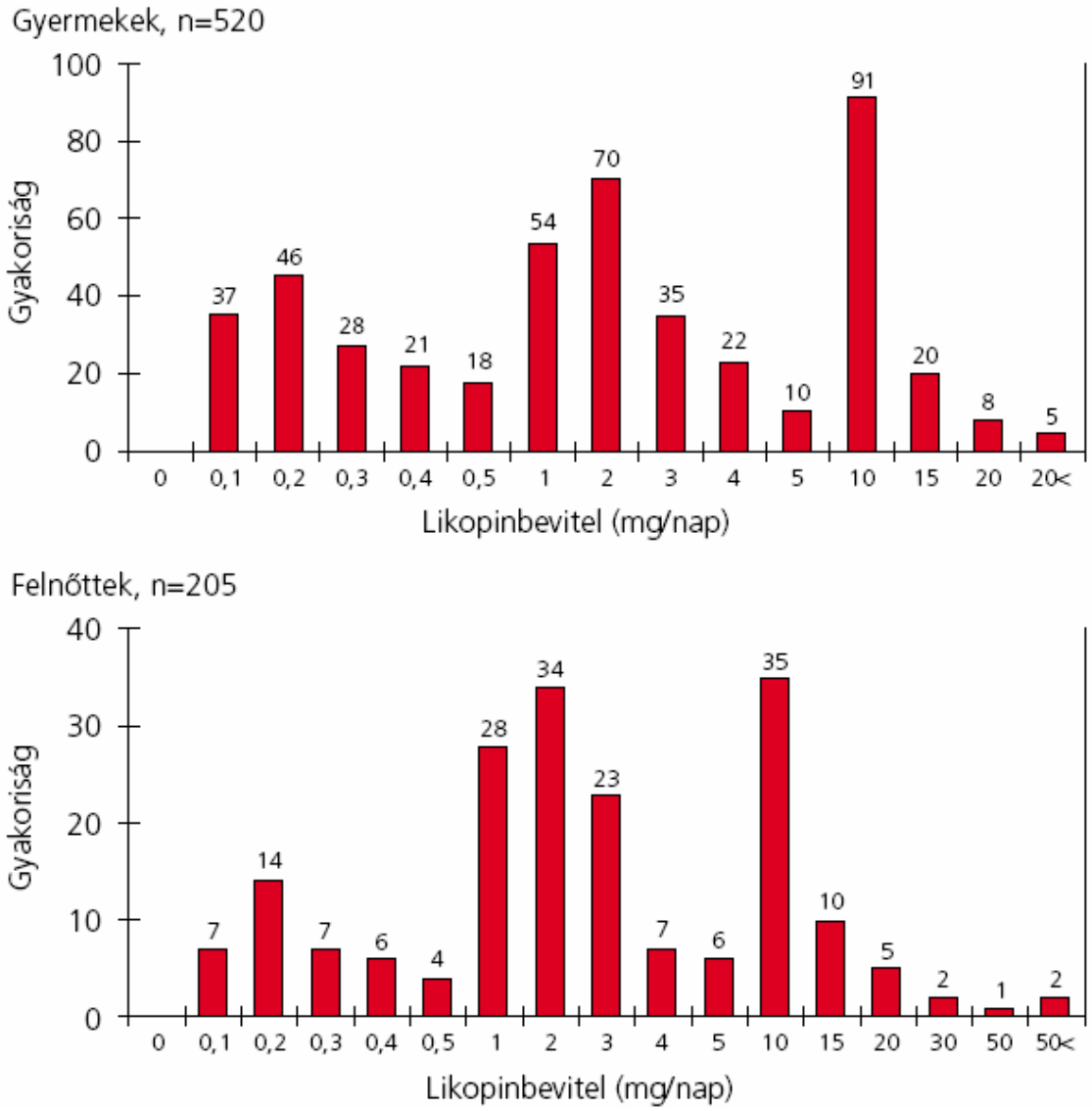
Fajok	Átlagos likopin tartalom
Paradicsom	3,1-13,6
Görögdinnye	3,6-4,1
Guava	5,4
Papaya (piros húsú)	2,0-5,3
Grapefruit (piros húsú)	0,8-3,4
Sütőtök	0,5
Kajszibarack	0,5
Rebarbara	0,12

Leffingwell (2000) és www.lycopene.com alapján

8. táblázat Különböző élelmiszerek átlagos likopin tartalma (mg/100g)

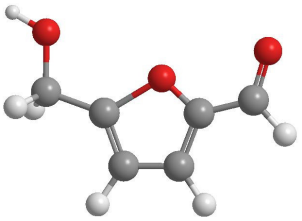
Élelmiszer	Átlagos likopin tartalom
Sűrített paradicsom	32-94
Paradicsompehely	82
Paradicsomital	9,0-10,6
Paradicsomleves	2,9-8,4
Paradicsomos káposzta	3,1
Lecsó	3,0-7,0
Ketcup	9,0-23,4
Pizzakrém	25,5-29,1

Lugasi et al., (2004) alapján



12. ábra A likopinfogyasztás gyakorisági görbéi a vizsgált hazai gyermekek és felnőttek körében (Lugasi et al., 2004).

2.2.7. HMF (hydroxy-methyl-furfural)



13. ábra A HMF szerkezeti képlete

A hidroximetil-furfural az egyszerű cukrok hő hatására történő degradációja során keletkezik a feldolgozott élelmiszerekben, de fiziológiai folyamatok során is felhalmozódhat a növényi sejtekben. Az 5-hidroximetil-2-furfurol természetes alkotóeleme a málnának, spenótnak, szójának, paradicsomnak, de a rovarok szervezetéből is kimutatták (Honkanen et al., 1980; Buttery et al., 1995; Nunomura et al, 1979; Farine et al., 1993).

A paradicsom feldolgozása során kémiai összetétele jelentősen megváltozik. Hőkezelés hatására megbarnulhat, mert különböző enzimatikus és nem enzimatikus folyamatok mennek végbe. A nem enzimatikus folyamatok csoportjába tartozik a Maillard-reakció, melynek köztes terméke a HMF, vagyis 5-hidroximetil-2-furfural (Porretta-Sandei, 1991). Ennek a HMF-nek kedvezőtlen hatásai vannak az élő szervezetre, a toxikológiai hatása és a káros dózis még nem teljesen ismert (Janzowski et al., 2000). Patkányokkal folytatott állatkísérletek azt igazolták, hogy a magas HMF bevitele (LD_{50} 3,1 ppm./ testsúly kg) már jelentős szemirritációt és légzési károsodást okozott (Ulbricht et al., 1984).

A paradicsom és más gyümölcs- és zöldségfaj feldolgozás során az egyik fontos cél, hogy ennek a vegyületnek a képződését gátolják. A feldolgozott paradicsom likopin és HMF tartalma között egyenes arányosság van. Minél nagyobb a paradicsom készítmény likopin tartalma, annál nagyobb a HMF tartalma is (Cámara, et al., 2003). Siebel et al., (2005) 36 gyümölcs és zöldség alapú terméket (sűrítmény, ivólé, paszta stb.) vizsgáltak meg, többek között 12 féle paradicsom és paprika készítményt is. A HMF tartalom tekintetében az egyes termékek között nagyon jelentős eltéréseket mértek (0, 4-3500 ppm. között). A legmagasabb HMF koncentrációt a főzött ivólevekben, találták (12, 8- 3500 ppm.).

3. A kutatómunka célkitűzései

A SZIE (jogelődje GATE) Kertészeti Tanszékén az 1950-es évek közepén kezdődtek el a zöldségnövényekkel kapcsolatos vízforgalmi vizsgálatok. A Kertészeti Tanszék vízforgalmi kísérleteinek 1959-től, öntözési kutatásainak, pedig 1962-től legfontosabb tesztnövénye a paradicsom volt. Az e területen egységes tanszéki kutatási munka irányítását Dr. Cselőtei László akadémikus és Dr. Varga György tudományos tanácsadó végezte. A tanszék öntözési kutatásaiba, 1983-tól kapcsolódtam be. Ph. D értekezésemet „A zöldségnövények vízellátottságának és öntözési igényének meghatározása a lombhőmérséklettel" címmel 1991-ben nyújtottam be.
Az elmúlt közel két évtized során a paradicsommal kapcsolatos kutatói munkám illetve munkánk két nagy témacsoportba foglalható össze:

1.) A hajtatott paradicsom termésképzésének értékelése, számszerűsítése.

2.) A paradicsom beltartalmi összetevőire ható abiotikus és biotikus tényezők értékelése, különös tekintettel a likopin tartalomra.

A Ph.D disszertációm elkészítését követően 1990-1991-es hajtatási időszakban kezdtük el a hajtatott növények (paradicsom, étkezési paprika és uborka) termésképzés szempontjából legfontosabb fenológiai fázisainak vizsgálatát, értékelését. A három legfontosabb melegigényes hajtatott faj közül a legrészletesebb vizsgálatokat a paradicsommal folytattuk, illetve jelenleg is végezzük. A kutatói munkám másik nagy területét a termés minőségét szintén meghatározó beltartalmi paraméterek értékelésével kapcsolatban végeztük az OÉTI – vel együttműködve. Ez a kutatói tevékenység 2004-től kibővült és egy konzorciális GAK pályázat keretében az OÉTI mellett a KÉKI, a Glóbus Rt. és az Aranykorona Rt. valamint a SZIE (Kertészeti Technológiai Tanszéke, Marketing Intézete és Állatélettani és Állategészségtani Tanszéke) együttműködésével dolgozunk a „Paradicsom és likopintartalmú melléktermékének hasznosítása élelmiszerek és takarmányok beltartalmi értékeinek növelése céljából" című projekten. A pályázati munkában projektvezetőként veszek részt.

3.1. A hajtatott paradicsom termésképzésének modellezése

Kísérleteink beállításával az volt a célunk, hogy a környezeti paraméterek vonatkozásában felmérjük a hajtatott (tavaszi és őszi) paradicsom fenológiai fázisainak jellemzőit. A felvételezett növényi adatok segítségével számszerűsíthetők a paradicsom növekedési, fejlődési folyamatai. Összefüggések keresése a növekedési, fejlődési jellemzők, mint függő változók, és a környezeti (hőmérséklet, PAR), mint független változók között. A kapott összefüggésekből, kiszámítható az egyes fenológiai fázisokat leíró algoritmus. A virágzás, kötődés és a termésfejlődés egy időben zajlik a folytonnövő fajtacsoportba tartozó paradicsom fajtákon, így komplex számszerűsítése nem egyszerű feladat. Ezen fejlődési fázisok jellemzőinek számszerűsítésével azonban valószínűleg létrehozható a paradicsom virágzási és bogyónövekedési modellje, amely megfelelően szimulálja a paradicsom termésképzését hajtatási körülmények között. Ezen a területen végzett kutatói munkánk sikerét már igazolja, hogy témavezetésem mellett, 2004-ben Pék Zoltán „**Hajtatott paradicsom termésképzésének modellezése"** címmel sikeresen védte meg Ph.D értekezését.

A paradicsom hajtatásában egyre nagyobb mértékben terjed az oltott növények használata. A termesztő-berendezések talajai nagymértékben fertőzötté váltak, ami már jelentősen veszélyeztette az egyre intenzívebb hajtatás jövedelmezőségét, eredményességét. A kutatók és a termesztők folyamatosan keresik azokat a lehetőségeket, illetve technológiai

változatokat, amelyekkel a növények gyökérbetegségeinek problémáját megoldhatják. A melegigényes hajtatott zöldségfajok közül a talajon történő termesztés esetén az uborka oltása már széles körben elterjedt. A paradicsom és a paprika oltásával csak később próbálkoztak. A felsorolt indokok alapján 1999-től vizsgáljuk az oltás hatását a paradicsom terméskép zésére. A kísérletek során arra keressük a választ, hogy azonos termesztési körülmények között az oltott növények terméskép zés szempontjából kritikus fenológiai fázisainak (virágzás, kötődés, érés,) lezajlása milyen mértékben tér el a saját gyökerű növényektől, illetve az hogyan nyilvánul meg a betakarított termés mennyiségében.

3.2. A termés beltartalmi paramétereit meghatározó biotikus és abiotikus tényezők értékelése.

2000 óta a paradicsommal kapcsolatos kutatói tevékenységünket kiterjesztettük az OÉTI-vel együttműködve a minőséget meghatározó beltartalmi paraméterek vizsgálatára is. A termés minőségét nem csupán a külső tulajdonságok (méret, alak, egységes szín, egyöntetűség, stb,) határozzák meg, hanem a beltartlmi összetevők mennyisége és egymáshoz viszonyított aránya is jelentősen befolyásolja. A beltartalmi összetevők közül vizsgálataink között szerepelt a Brix°, a cukor- és savtartalom illetve ezek egymáshoz viszonyított arányának elemzése. A paradicsom bogyó antioxidáns összetevői közül a C-vitamin, a polifenolok, de különös tekintettel a likopin tartalom alakulására fókuszáltunk. Beltartalmi mérések során a paradicsom káros hidroximetil-furfural (HMF) tartalmát is vizsgáltuk.

A felsorolt beltartalmi értékeket három nagyobb témakörben értékeltük:

1.) Az érettségi fázisok és a beltartalmi paraméterek alakulása.

Szakmai körökben közismert, hogy a paradicsom termése utóérő, tehát klimaktérikus légzéssel rendelkezik. Ez az egyik oka annak, hogy a friss fogyasztásra szánt paradicsomot különböző érettségi fázisokban takaríthatják be. Másrészről a paradicsomot nem csupán piros állapotban fogyasztjuk, hanem például savanyúságként, zölden is. A kísérletekkel a célunk kettős volt, egyrészt meghatározni a különböző érettségi fázisban lévő (6 érettségi fok) bogyók fontosabb beltartalmi összetevőit, valamint a vizsgált paraméterek változásának dinamikáját számszerűsíteni az érés során.

A munkánk során célunk volt, hogy a CIELab színrendszer szerint az eltérő érettségi fázisokban betakarított bogyók felszínén mért színparaméterek (L*, a*, b*) illetve az ezekből származtatott értékek (a*/b* és a chroma) között kapcsolatot mutassunk ki, illetve a bogyók színértékeinek és korrelációs együtthatóinak alakulását meghatározzuk érettségi fázisonként.

2.) Az abiotikus tényezők hatása a beltartalmi értékekre.

Az abiotikus elemek közül részletesen a hőmérséklet, a fény (PAR), és a CO_2 hatását vizsgáltuk a beltartalom alakulására. A hőmérséklet esetében nem csupán a léghőmérséklet, hanem a bogyófelszín-hőmérséklet hatásának értékelését is elvégeztük. A felsorolt beltartalmi összetevőkön belül külön kiemelt figyelmet tulajdonítottunk a likopin bioszintézisére ható környezeti tényezők számszerűsítésére. Az élettelen környezeti paraméterek közül még vizsgáltuk a víz és ipari fajták esetében az érésgyorsítás hatását is. Ezen a területen végzett kutatómunkánk közel sem volt olyan részletes, mint az előző három paraméteré.

3.) A biotikus tényezők hatása a beltartalmi paraméterekre.

A biotikus tényezők közül a fajta és az ezzel összefüggő termesztési módok (szabadföldi ipari, szabadföldi támrendszeres, hajtatás) hatásának vizsgálata szerepelt a kutatás céljai között. Kísérleteinkben 18 fajta vizsgálata, értékelése szerepelt. A fajták elemzése során célunk az volt, hogy a genetikai adottságok milyen mértékben határozzák, illetve határozhatják meg a beltartalmi paraméterek (érzékszervi és táplálkozás-élettani) alakulását, különös tekintettel a likopin tartalomra.

Hajtási körülmények között, pedig az oltás (mint biotikus tényező) hatásának értékelése a beltartalmi összetevőkre volt a kutatómunka célja.

4. A kutatás helye, anyagai és módszerei

4.1. A kísérletek helye

Kísérleteinket alapvetően a Szent István Egyetem Kertészeti Technológiai Tanszékének Oktatási, Bemutató és Kísérleti Telepén végeztük, Gödöllőn. A hajtatási vizsgálatok jelentős részét a kísérleti telepen található, északkelet-délnyugati tájolású üvegházban végeztük, melynek két, egymástól függetlenül kezelhető hajója van. Az üvegház hajónként bruttó 110 m^2, hasznos termesztőfelületük egyaránt 80 m^2. Az egyiket termesztő-, míg a másikat szaporítóházként használtuk. Az 1960-as évek végén épült termesztőház műszaki állapota már jelentősen leromlott. A termesztő-berendezés hossza 18 m; fesztávolsága 6 m, vápamagassága 1,8 m. Az alacsony vápamagasság miatt az épület önárnyékolása igen jelentős. A szellőző felület a teljes határoló felületnek mindössze 10%-a, ami nagymértékben megnehezíti a nyári hónapokban történő használatát. A klímaszabályozás kézzel történik, így a hőmérséklet és a páratartalom szinten tartása emiatt is nehezen oldható meg az ilyen kis légterű, 2 m^3 m^{-2}, termesztő-berendezésben. A teljesen kézi klímaszabályozás ellenére igyekeztünk a berendezés adottságainak figyelembevételével, a környezeti paramétereket optimális szinten tartani.

A hajtatásban végzett oltási kísérletek egy részét már egy korszerű három hajós és bruttó kb. 1000 m^2 összterületű, teljesen automatizált Richel típusú növényházban végeztük. A növényház műszaki paramétereit a 9. táblázat foglalja össze. A termesztő-berendezés betonalapokon nyugszik, váza horganyzott acélból készült. Mind a tető, mind pedig a falak Coex EVA duplafóliával borították, (200 mikron vastagságú), rajta anti-UV fóliával. A tető vízlepergető. A tetőszellőzés nyitómotorjait Minimic 2000 klímakompjuter vezérli, mely a szél, a hőmérséklet és az eső figyelembevételével nyitja vagy zárja a tetőszellőzőket. Ehhez egy szél- és egy hőmérséklet szenzort alkalmaznak.

9. táblázat A termesztő berendezés műszaki adatai

A Richel 8 R fóliaborítású termesztőház	
Szélesség	3 hajó (24,62 m)
Hossz	40 m
Felület	984, 8 m^2
Vápa magasság	2, 40 m
Bordatávolság	2, 50 m
Tartóoszlopok távolsága	2, 50 m
Keresztgerenda magasság	2, 50 m

Szabadföldi körülmények között folytonos növekedésű hibridekkel támrendszeres kísérletet, valamint a determinált fajtakörbe sorolható ipari paradicsom fajtákkal síkművelésben folytattunk vizsgálatokat.

A kísérleti telep talajtani jellemzői, amelyen az előzőekben említett szabadföldi kísérletek folytak az alábbiak szerint foglalható össze:

Talajtípus szerint a kísérleti telep talaja a barna erdőtalajok főtípusába sorolható. A talajok textúrája, azaz szemcseösszetétele a szemcsefrakciók tömeg %-ban kifejezett mennyiségével jellemezhető. A kísérleti telep talaja homok, illetve vályogos homok,

amelynek leiszapolható része 10-15 illetve 15-25%. A kísérleti tér talajának Arany-féle kötöttségi száma 28-72.

A felső, 0-30 cm-es szántott réteg maximális vízkapacitása, azaz a talaj pórusterét teljesen kitöltő víz mennyisége 15-16,5%. Ez 10 cm-enként 21-23 mm összes víznek felel meg. Ha a vízkapacitásból a holtvíz értékét (HV), azaz a talajnedvességnek a növények által nem hasznosítható, a gyökerek szívóerejénél erősebben kötött részét levonjuk, akkor a talajnedvességnek a növények számára hozzáférhető részét, a diszponibilis víz (DV) mennyiségét kapjuk meg, ami 14-15 mm/10 cm. A 30 cm-es szántott réteg alatt a víztartóképesség a felére, 8 súly%-ra csökken. A 0-100 cm-es rétegben a víztartóképesség 170-175 mm, ami 110-120 mm diszponibilis víznek felel meg. A kísérleti telep talajának kémhatása pH=7,3, semleges, vagy enyhén lúgos. A humusztartalom 1,6-2,0 %.

4.2. A kísérletek lebonyolításának módszerei

Azon kísérletek beállítását ismertetem, amelyeknek az eredményei részletesen megjelennek, illetve értékelésre kerülnek az 5. pontban, ahol a kutatómunka eredményeinek ismertetése és megvitatása szerepel.

A hajtatott paradicsom terméskép zésének értékelését őszi és tavaszi hajtatásban egyaránt vizsgáltuk az elmúlt másfél évtized során.

1991-1992 -es őszi hajtatási időszakban egy helytelenül időzített (un. provokatív) kísérletet állítottunk be. Az ültetési időpont helytelen megválasztásával kívántuk pontosan meghatározni, számszerűsíteni a késő őszi (november) és a téli (december, január) hónapok káros hatását a paradicsom virágzására, kötődésére.

A kísérlet beállításának fontosabb paraméterei:

kiültetés: október 11.
tenyészterület: 120 x 40 cm (2,1 növény/m^2)
alkalmazott fajták: Floriset F_1 és Jandero F_1

A későbbiekben a hazai hajtatási gyakorlatban lényegesen nagyobb gazdasági jelentőségű tavaszi hajtatásban vizsgáltuk a terméskép zésre ható környezeti tényezők hatását. Ezen kísérletekből az 1999-es, 2001-es és a 2002-es évek részletes elemzését mutatom be. A három kísérleti év fontosabb időbeli jellemzőit a 10. táblázat tartalmazza.

10. táblázat A kísérletek beállításának fontosabb jellemzői

Kísérlet beállításának éve	**1999**	**2001**	**2002**
Vetés időpontja	12. 04.	01 09.	01. 25.
Kiültetés időpontja	01. 27.	03. 27.	03. 25.
Virágzás kezdete	02. 25.	03. 29.	03. 26.
Szedés kezdete	05. 03.	05. 27.	05. 27.
Állomány bontása	07. 22.	08. 08.	08. 05.
Tenyészidő a vetéstől a szedésig (nap)	230	216	145
Állománysűrűség (növény m^{-2})	2,1	2,1	2,1
Ismétlések száma	6	5	8
Vizsgált fürtök száma növényenként	10	10	10
Vizsgált hibridek száma	4	4	2
Egyedileg is vizsgált növények száma	24	20	16

A kísérleti parcellák elrendezését, a fajták ismétléseit, a 14. a 15. és a 16. ábrák, szemléltetik. A növényállomány szimplasoros elrendezésben volt kiültetve. Az ábrákon arab

számokkal jelöltem a fajtákat és római számokkal az ismétléseket. 1999-ben 7, 2001-ben 8 és 2002-ben 10 növényt ültettünk ki ismétlésenként, az ábrákon szemléltetett elrendezésben. Minden ismétlésből egy-egy növényt választottunk ki véletlenszerűen, melyeken aztán a megfigyeléseket végeztünk.

4/VI	1/V	4/II	3/II
3/VI	2/IV	3/III	1/II
1/VI	3/V	1/III	4/I
2/VI	1/IV	2/ III	3/I
4/V	3/IV	4/III	2/I
2/V	4/IV	2/II	1/I

É

14. ábra A kísérletek ismétléseinek elrendezése 1999-ben

4/IV	4/III	4/II	1/II
3/V	2/IV	3/II	2/I
1/V	3/III	1/III	3/I
2/V	1/IV	2/III	4/I
4/V	3/IV	2/II	1/I

É

15. ábra A kísérletek ismétléseinek elrendezése 2001-ben

2/IV	1/III	4/II	3/I
3/IV	4/III	1/II	2/I
1/IV	2/III	3/II	4/I
4/IV	3/III	2/II	1/I

É

16. ábra A kísérletek ismétléseinek elrendezése 2002-ben

A 17. ábra. ábra paradicsom növényállományt mutat be tavaszi hajtatásban.

17. ábra Hajtatott növényállomány termőidőszakban

A kísérletekben alkalmazott fajták mindegyike folytonnövő paradicsom hibrid volt. A hibridek jellemzését a forgalmazó által kiadott katalógusok, illetve az OMMI leíró fajtajegyzék alapján ismertetem (11. táblázat).

11. táblázat Az 1999-ben vizsgált fajták jellemzése, a kísérletben feltüntetett sorszámuk szerint

Fajta neve		1 Gabor F_1	2 Hardy F_1	3 Enrika F_1	4 Fanny F_1
Tenyészidő		igen korai	közép késői	közepes	közepes
Növény-magasság		közepes-magas	közepes	közepes-magas	közepes-magas
Lombsűrűség		nyitott	sűrű	közepes	közepes
Bogyó	alak	enyhén lapított gömbölyű	enyhén lapított gömbölyű	enyhén lapított gömbölyű	enyhén lapított gömbölyű
	tömeg (g)	100-120	100-120	140-150	130-140
	rekeszek száma	3-5	3-5	3-5	3-4
	szín érés előtt	egyszínből érő	egyszínből érő	egyszínből érő	egyszínből érő
Betegség-ellenállóság		Tm, V, F_2, F_r, C_5, N, W	Tm, V, F_2, N	Tm, V, F_2, N, St	Tm, V, F_2, N, St
Megjegyzés		hajtatás	hajtatás	hajtatás	hajtatás, szabadföldi támrendszer

(Royal Sluis, 1999; Kovács, 2000)

2001-ben a következő fajták kerültek beállításra a kísérletben (12. táblázat).

12. táblázat A 2001-ben vizsgált fajták jellemzése, a kísérletben feltüntetett sorszámuk szerint

Fajta neve		1-2 Daniela F_1	3 Monika F_1	4 Fanny F_1
Tenyészidő		közép-korai	igen korai-korai	közepes
Növény-magasság		közepes-magas	magas	közepes-magas
Lombsűrűség		közepes sűrű	nyitott	közepes
Bogyó	alak	enyhén lapított gömbölyű	enyhén lapított gömbölyű	enyhén lapított gömbölyű
	tömeg (g)	130-150	120	130-140
	rekeszek száma	3-4	3-4	3-4
	szín érés előtt	zöldtalpas	fehérből érő	egyszínből érő
Betegség-ellenállóság		Tm, V, F2	Tm, V, F, N	Tm, V, F2, N, St
Megjegyzés		kemény, jól tárolható	hajtatás, szabadföldi támrendszer	hajtatás, szabadföldi támrendszer

(Kovács, 2002; De Ruiter Seeds, 2004)

Az oltás hatásának vizsgálatát az előbbiekben ismertetett kísérletekkel együtt végeztük és az ezzel kapcsolatos vizsgálataink jelenleg is folynak. Az oltás hatásának elemzését a

terméskép zés szempontjából fontos fenológiai fázisokra és a termés beltartalmi értékeire a 2001. és a 2002. évi kísérletek eredményein keresztül mutatom be.

A 2001. évi tavaszi hajtatási kísérletünket a folytonnövő fajtakörbe tartozó Daniela F_1 hibriddel állítottuk be, amelyhez alanyként a Beaufort fajtát használtuk.

január 14. Beaufort vetés
január 17. Beaufort vetés
- január 20. Beaufort, Lemance F_1 vetése

március 27. kiültetés
május 16. első szedés
augusztus 12. utolsó szedés

A 2002. évi kísérletet Lemance F_1 hibriddel állítottuk be, amelyhez alanyként szintén Beaufort fajtát használtunk. A kísérlet beállításának fontosabb adatai:

január 17. Beaufort vetés
- január 21. Beaufort vetés
- január 25. Beaufort, Lemance F_1 vetés
- március 13. Lemance F_1 kiültetése

március 25. oltott növények kiültetése
május 27. első szedés
- augusztus 5. utolsó szedés

Mindkét hajtatási kísérletben az állománysűrűség 2,1 növény/m^2 volt, amelyet 120 cm-es sortávolsággal és 40 cm-es tőtávolsággal állítottunk be. Az oltott és saját gyökerű növényeket 4-4 ismétlésben ültettük ki. Minden ismétlésben 2-2 növényt jelöltünk ki véletlenszerűen részletesebb, fürtszintenkénti vizsgálatra. A tenyészidő során az oltott és a saját gyökerű növények tápanyag- és vízellátásában nem tettünk különbséget és a növényvédelmi és fitotechnikai munkákat (kötözés, hónaljhajtások eltávolítása, levelezés) is ugyanúgy végeztük el.

Szabadföldi támrendszeres (18. ábra) illetve ipari fajtákkal (19. ábra) végzett kísérleteink esetében a tenyészidő során több alkalommal szedtünk mintát és meghatároztuk a beltartalmi értékeket. A több év során végzett kísérleteink jellemző paraméterei az alábbiak voltak:

A támrendszeres kísérlet fontosabb jellemzői:

- Vetés: április 1-5. között
- Kiültetés: május 8-11. között
- Virágzás kezdete: május 22-30. között.
- Tenyészterület: 140+40 cm ikersor és 30 cm tőtávolság

18. ábra Támrendszeres termesztés

Az ipari fajtákkal folytatott kísérlet fontosabb adatai:
Vetés időpontja: március 28 és április 5.
Kiültetés időpontja: május 9-11. között
Szedések: augusztus 10. és szeptember 5. között heti gyakorisággal
Tenyészterület: 140+40 cm ikersor és 40 cm tőtávolság

19. ábra Ipari paradicsom növényállomány a betakarítás előtt.

Hajtatásban, a szabadföldi támrendszeres termesztésben és az ipari célú determinált fajtákkal végzett kísérletekben 2001 után szereplő fajták (az ezt megelőző kísérletek fajtáit a 11. és 12. táblázatok tartalmazzák) jellemző paramétereit összefoglalóan a 13. táblázatés 14. táblázat mutatja be.

13. táblázat. Táblázat A kísérletekben szereplő determinált fajták jellemzése

Fajtanevek	Tenyész-idő	Növény magasság/ növekedési erély determinált fajtáknál	Lomb-sűrűség	Bogyó				Beteg-ség ellen-álló-ság	Egyéb
				Alak	Tö-meg (g)	Re-kesz-szám	Szín (érés előtt)		
Bonus	Közép-korai	Közepesnél gyengébb	-	MS	60-70	2-3	EVZ	V, $F_{0,1}$, P	szabadföldi term., gépi betakarítás, jó refrakció
Eary Fire	Késői	Erős	-	M	70	2-3	EVZ	-	szabadföldi term.
Falcorosso	Késői	Középerős	Közepes	M	60-70	-	-	F_{1-2}, V, N-	szabadföldi term., gépi betakaritás, magas refrakció, jól színeződik
Nívó	Közép-korai	Közepes	-	MS	70-80	-	FÉ	V, F	szabadföldi term., gépi betakarítás
Korall	Közepes	Erős	-	G	120-130	-	FÉ	V, F	Üzemi, házkert

14. táblázat. A kísérletekben szereplő folytonnövő fajták jellemzése

Fajtanevek	Fajtatulajdonságok								
	Tenyész-idő	Növény magasság/ növekedési erély determinált fajtáknál	Lomb-sűrűség	Bogyó				Beteg-ség ellen-állóság	Egyéb
				Alak	Tö-meg (g)	Re-kesz-szám	Szín (érés előtt)		
Cherelino	-	Erős	-	G	20-25	-	-	T_m, $F_{0,1}$, V, N	Hajtatás, szabadföldi támrendszeres term., fürtösen is szedehető, savtartalma alacsony
Cheresita	-	-		G	20-30	-	-	T_m, N	Hajtatás, szabadföldi támrendszeres term., nagy termőképesség, repedésre nem hajlamos
Daniela	Közép-korai	Közép-magas	Közép sűrű	ELG	130-150	3-4	ZT	T_m, V, F_2	Hajtatás, szabadföldi támrendszeres term., LSL
Delfine	Közép-korai	Alacsony-közepes	Sűrű	ELG	130-140	3-4	EVZ	T_m, V, F_2, N, St	Hajtatás, szabadföldi támrendszeres termesztés
DRC 1035	-	Erős	-	M	14-16	-	-	T_m, V, N	Hajtatás, szabadföldi támrendszeres term., jól szineződik
Fanny	Közepes	Közép-magas	Közepes	ELG	130-140	3-4	EÉ	T_m, V, F_2, N, St	Szabadföldi támrendszeres termesztés
Mónika	Igen korai, korai	Magas	Nyitott	ELG	120	3-4	FÉ	T_m, V_1, F, N,	Hajtatás, szabadföldi támrendszeres termesztés
Lemance	Közép-korai	Közép-magas	Zárt	ELG	130	3-4	EÉ	T_m, C_5 V, F_1, F_r	Hajtatás, kemény, jól tárolható bogyó
Thomas	Közép-korai	Igen magas	Közepes	ELG	120-140	3	EVZ	T_m, V, F_2, N, St	Fényes, kemény, jól tárolható bogyó
Vitador	Igen korai	Igen magas	Nyitott	G	100	2-3	EVZ	T_m, V, F_2, C_5, W, F_r	Hajtatás

Jelmagyarázat:

EÉ: egy színből érő ELG: enyhén lapított gömölyű EVZ: egyszínű világoszöld FÉ: fehérből érő G: gömbölyű H: hosszúkás M: megnyúlt, ovalis MS: megnyúlt szögletes ZT: zöldtalpas	C: Kladosóriumos foltosság (*Fulvia fulva*, rasszok: 0, A, B, C, D, E) F: Fuzáriumos hervadás (*Fusarium oxysporum f. sp. lycopersici*) F_r: Fuzáriumos csúcs- és gyökérelhalás (*Fusarium oxysporum f. sp. radicis lycopersici* N: Gyökérgubacs fonálféreg (*Meloidogyne* sp. kivéve *M. hapla*) St: Szürke levélfoltosság (*Stemphylium* sp.) T_m: Dohánymozaik vírus (Tobacco Mosaic Virus) V: Verticilliumos hervadás (*Verticillum sp.*) W: Ezüst levelűség (Silvering) P: Gyökérparásodás (*Pyrenochaeta lycopersici*)

A könnyebb áttekinthetőség miatt az egyes vizsgálatok, kísérletek rövid leirását, ahol ezt indokoltnak tartom az eredmények ismertetése, megvitatása (5. pont) előtt megadom.

4.3. A kísérletek során végzett megfigyelések, mérések

A hajtatott paradicsom termésképzésének értékelésével, számszerűsítésével kapcsolatban az alábbi megfigyeléseket és méréseket végeztük el hajtatási körülmények között.

A virágzás megfigyelése

A kísérlet során a virágzás dinamikájának megismeréséhez folyamatos megfigyeléseket végeztünk. Hetente három alkalommal, a reggeli órákban, növényenként minden egyes fürtről feljegyeztük a virágok számát, amiből a virágzás kezdeti és végső időpontja is kiszámítható volt. Azokat a virágokat vettük számba, amelyeknek sziromlevelei már szétterültek és a porzók láthatóvá váltak. A hetente három alkalommal ismételt megfigyelések adataiból, napi pontossággal kiszámítható a virágzás menete interpolációval. Ilyen módon hatszáz fürt virágzásának időbeli alakulásáról kaptunk adatokat, ami több mint 4500 virágot jelentett összesen.

A bogyófejlődés megfigyelése

A kísérletek során a virágzás felvételezésével együtt, folyamatosan rögzítettük a kötődött termések számát is. Azokat a terméseket számítottuk már kötődöttnek, amelyekről a sziromlevelek leszáradtak és a terméskezdemények átmérője elérte, vagy meghaladta a 2 mm -t vagyis szabad szemmel már jól látható volt. A kötődött bogyók és virágok végleges számából következtettünk a kötődés hatékonyságára. E két mérőszámnak a különbségét, mint elrúgott virágokat vettük számba.

Az érés megfigyelése

Az érést, a betakarítás menetéből számszerűsítettük és hetenkénti gyakorisággal végeztük. Fürtönként feljegyeztük a leszedett bogyók átlagtömegét és darabszámát, amiből kiszámítottuk az érés menetét. A vizsgált növények összes fürtjéről, körülbelül 3600 bogyót takarítottunk be, négy minőségi kategóriába (extra, I. osztály, II. osztály, osztályon aluli) sorolva. Ezek a kategóriák a Magyar Élelmiszerkönyvben leírt szabványoknak megfelelőek voltak (Codex Alimentarius Hungaricus 1-4-778/83, 1995). Így tehát a kötelező minimumkövetelményeken kívül az extra kategória a kiváló minőségű paradicsomot jelentette, mely kemény húsú, a fajtára jellemző alakú, megjelenésű, mentes a „zöldtalpasságtól" és más hibáktól. Az I. osztályba soroltuk azokat a jó minőségű bogyókat, melyeken előfordultak kisebb héj-, alaki- és fejlődési hibák, színeződési rendellenességek, jelentéktelen nyomódás és 3 cm-nél hosszabb beforrott repedések (természetesen külön-külön). A II. osztályba kerültek azok a bogyók, amelyek a fenti szempontoknak nem feleltek meg, de a paradicsom lényeges megjelenést és minőséget meghatározó tulajdonságait megtartotta. Nem fordulhattak elő rajtuk kisebb alaki-, fejlődési, héj- és színhibákon, enyhe (a bogyót súlyosan nem károsító) nyomódáson kívül súlyosabb hibák. Az osztályon aluli kategóriába soroltunk minden olyan bogyót, amelyek a fenti osztályok egyikének sem feleltek meg. Méretkategóriákat csak az extra és az I. osztályú bogyók esetében határoztunk meg, az alábbiak szerint:

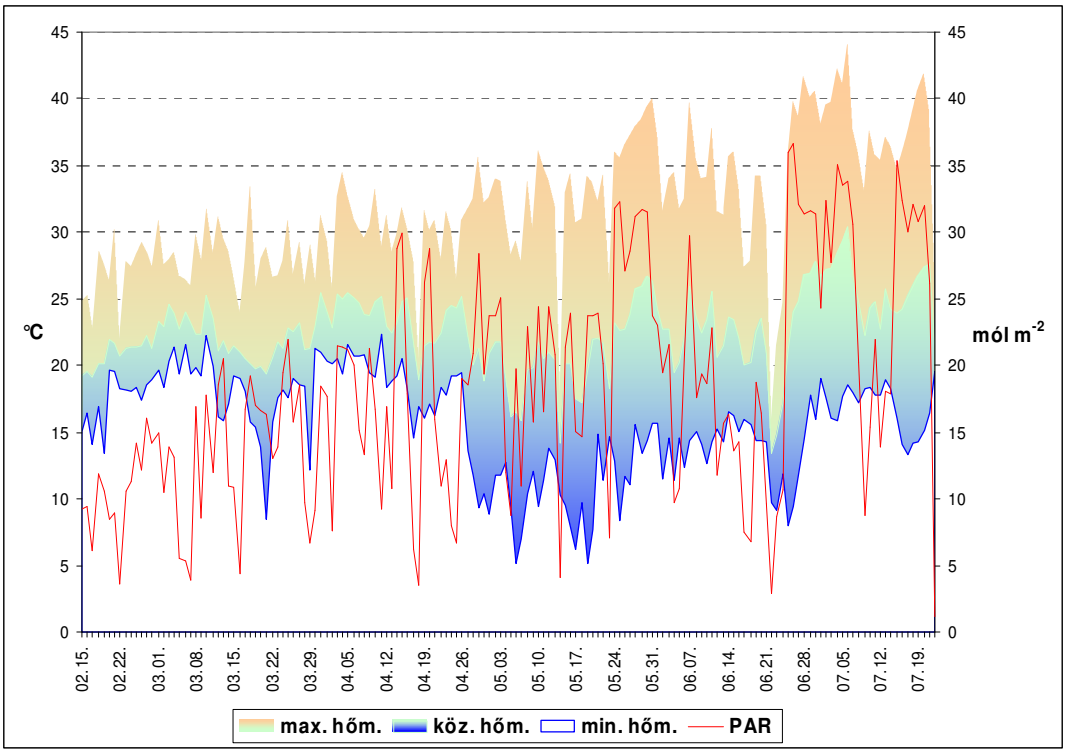
1. méretkategória: 35mm és 40mm átmérő között,
2. méretkategória: 40mm és 47mm átmérő között,
3. méretkategória: 47mm és 57mm átmérő között,
4. méretkategória: 57mm és 67mm átmérő között,

5. méretkategória: 67mm és 82mm átmérő között,
6. méretkategória: 82mm és 102mm átmérő között,
7. méretkategória: 102mm átmérő fölött,
a Codex Alimentarius Hungaricus 1-4-778/83 számú előírása alapján.

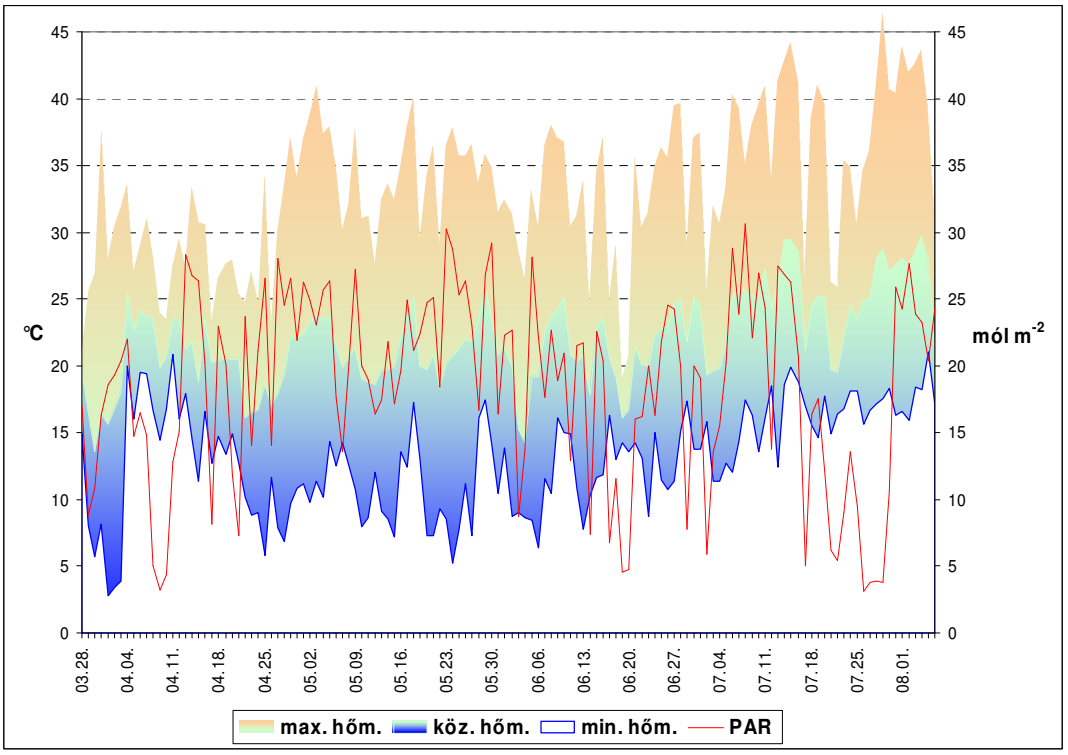
A környezeti paraméterek mérése

A környezeti paraméterek közül a hőmérsékletet (°C), a relatív páratartalmat (RH%) és a fotoszintetikusan aktív sugárzást (PAR, µmól m^{-2} s^{-1}) mértük. A sugárzásmérő szenzor a másodpercenként egy négyzetméterre érkező fotonok számát méri, amelyek a fotoszintetikusan aktív hullámhossztartományba esnek. A mérés eszköze egy Skye Datahog típusú mikro-meteorológiai állomás volt (20. ábra). A mérőeszköz az előre beállított mintavételezési időpontokban, folyamatosan képes mérni a paramétereket. Az általunk használt eszköz tízpercenkénti mérésekből kiszámított, óránkénti átlagot tárolt, így minden mért tényezőről naponta 24 adatot szolgáltatott. Ezekből az adatokból kiszámíthattuk az egyes napokat jellemző átlagértékeket. A tavaszi hajtatásban vizsgált évek (3 év) termesztési időszakait jellemző értékeket, a következő ábrák mutatják (21. 22. és a 23. ábra). A hőmérsékletet, mint állandó paramétert a minimum, maximum és átlagos napi értékekkel, míg a napsugárzást jellemző paramétert, a halmozott napi mennyiségével tüntettük fel.

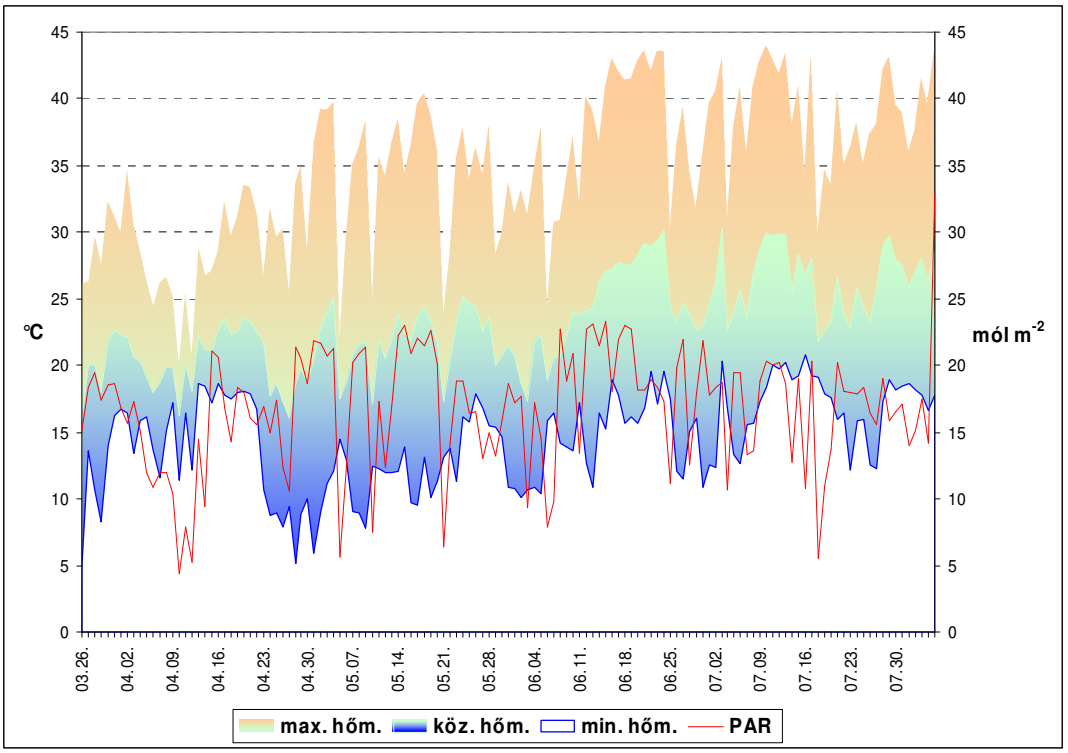
20. ábra Skye Datahog típusú mikrometeorológiai mérőműszer



21. ábra A kísérlet alatt, 1999-ben mért hőmérsékleti és besugárzási (PAR) értékek napi átlagai



22. ábra A kísérlet alatt, 2001-ben mért hőmérsékleti és besugárzási értékek napi átlagai



23. ábra A kísérlet alatt, 2002-ben mért hőmérsékleti és besugárzási értékek napi átlagai

A beltartalmi paraméterek méréséhez a minták megszedése és meghatározása

A hajtatásban és szabadföldi körülmények között végzett kísérletekben a tenyészidő során több alkalommal szedtünk bogyó mintákat. A beltartalmi összetevők meghatározása az OÉTI-ben történt. Minden kezelést 4 ismétlésben készítettünk el. Egy ismétlés 4–5 bogyót tartalmazott. A bogyók színét egy CIElab rendszerű Sheen Micromatch Plus típusú (Sheen Instruments Ltd, Kingston-Upon-Thames, UK) színmérő műszerrel határoztuk meg. Tehát minden bogyó felszínén, 3 helyen meghatároztuk az L, a, b, színértékeket.

A beltartalmi összetevőket az alábbi módszerekkel határoztuk meg:

Brix° meghatározása

A vízben oldható szárazanyag-tartalom (refrakció vagy Brix°) meghatározása 1230 típusú (A.S.T., Tokio, Japán) kézi refraktométerrel történt MSZ EN 12143 szabvány szerint. Az eredmények 20°C-on számított Brix°-ban vannak megadva.

Szénhidráttartalom meghatározása

A szénhidrát- (cukor)- tartalmat Schoorl-Regenbogen módszerrel határoztuk meg (Sarudi, 1961). A módszer redukáló cukrok, ill. hidrolízissel redukáló cukrokká lebontható összetett szénhidrátok kimutatására alkalmas. A szénhidrátokhoz nem tartozó egyéb komponensek eltávolítása derítéssel történt. A minták szénhidráttartalmát %-ban adtuk meg.

Titrálható savtartalom meghatározása

A savtartalmat MSZ ISO 750 szabvány szerint mértük meg. A minta titrálását 0,25%-os NaOH-dal végeztük 8,2 pH-ig. A NaOH fogyásának mértékéből állapítottuk meg a savtartalmat. A minták savtartalmát %-ban adtuk meg. Citromsav faktorszáma: 0,064.

Likopintartalom meghatározása

A likopin mennyiségét hexános extrakciót követően spektrofotometriás eljárással értékeltük (Sadler et al., 1990). A homogenizált paradicsom mintákból 1-2 grammot Erlenmeyer lombikba bemértünk, amihez 0,4 % BHT tartalmú n-hexán, metanol és aceton 2:1:1 arányú keverékből 50 ml-t hozzáöntöttünk. Ezt követően a mintákat 15 percig rázógéppel rázattuk, majd 10 ml desztillált vizet adtunk hozzá és ülepítettük. A mintákról a felső fázist kémcsövekbe leszívtuk, amikbe előzőleg kiskanálnyi $NaSO_4$-t tettünk vízmentesítés céljából. A spektrofotometriás méréshez 1 ml mintához 3 ml hexánt és 1 ml 0,4% BHT tartalmú hexánt adtunk. A mérést Lambda 3B UV/ VIS típusú készülékkel (Perkin Elmer Instruments, Shelton, CT, USA) 502 nm-en végeztük. A likopintartalom kiszámításához 158500 molekuláris extinkciós koefficienst használtunk (Merck & Co, 1989). A minták likopintartalmát mg/100g dimenzióban adtuk meg (Barrett-Anthon, 2001).

Összes polifenol-tartalom meghatározása

Az összes polifenoltartalmat Folin- Denis módszer szerint határoztuk meg (A.O.A.C., 1990).A homogenizált paradicsom mintákat 1%-os sósavas metanollal extraháltuk, majd 15 percig rázattuk és végül leszűrtük. 1 ml szűrletet 7,5 ml desztillált vízzel felöntöttünk, majd 0,5 ml Folin- Denis reagenst adtunk hozzá, amit 3 perc elteltével 1 ml telített Na_2CO_3-tal egészítettünk ki. 30 perc állást követően 760 nm-en elvégeztük a spektrofotometriás mérést (Lambda 3B UV/ VIS, Perkin Elmer Instruments, Shelton, CT, USA). Standardként katechint használtunk. A minták összes polifenoltartalmát mg/100g dimenzióban adtuk meg.

C-vitamin tartalom meghatározása

A C-vitamin tartalom meghatározása nagyhatékonyságú folyadékkromatográfiás eljárással történt (LC-GC, 1996). A méréshez Perkin Elmer típusú HPLC UV/VIS készüléket használtunk (oszlop: C18-as 4,6 x 250m; áramlási sebesség: 0,5-1,5 cm^3/perc; injektálási térfogat: 20µl; retenciós idő: ≈ 6 perc). Mozgó fázisként metanol, víz 30:70 arányú elegye szolgált. A mintákat 0,1%-os foszforsav-oldattal mérés előtt hígítottuk. Az aszkorbinsav-tartalmat 254 nm-es hullámhosszon határoztuk meg. A kapott eredmények értékelése a csúcsmagasságok összehasonlításán alapul. A minták csúcsmagasságát a külső standard oldat csúcsmagasságával vetettük egybe. A minták C-vitamin-tartalmát mg/100g-ban adtuk meg.

Totál antioxidáns státusz (TAS) meghatározása

A paradicsommintákat felolvasztás után újrahomogenizáltuk, majd 4 ºC-on 3500 rpm-mel 10 percig centrifugáltuk. A felülúszót leszívtuk, tüll anyagon (vagy gézen) átszűrtük, majd a szűrletből, annak esetleges hígítása után történt a TAS meghatározása. A méréshez Miller és munkatársai által kidolgozott mérési módszeren alapuló Randox TAS diagnosztikai készletet és Cobas Mira laboratóriumi analizátort használtunk (Miller et al., 1993).

A totál antioxidáns státusz meghatározásának elve a következő: szabad gyököket generálunk, melyek végpontjához hozzákapcsolódnak az antioxidánsok, megkötve azokat. A folyamat menete: metmioglobinból H_2O_2 hatására ferrilmioglobin gyök keletkezik, amely a kromogén 2,2′-azino-bisz-(3-etilbenzotiazolin-6-szulfonsav)-val (ABTS) stabil, kékes-zöld színű ABTS gyök keletkezése közben reagál. A kialakuló vegyület színének abszorbancia-maximuma 660 nm-en van. Hidrogén donor és redukáló hatású antioxidánsok jelenlétében gátlódik a metmioglobin oxidációja, illetve a szabad ferrilmioglobin gyök megkötődik, csökkentve ezzel a mérhető abszorbanciát. A folyamat eredményeként az oldat zöld színűvé válik. A vizsgált minták TAS értékének meghatározásához Troloxot (szintetikus E-vitamin származék, 6-hydroxy-2,5,7,8-tetrametillkromán-2-karboxilsav) használtunk standardként, a minták TAS értékét a lecentrifugált felülúszóra vonatkozóan mmol/l értékben adtuk meg.

Hidroximetilfurfurol-tartalom (HMF) meghatározása

A hidroximetil-furfurol mennyiségét MSZ ISO 7466 szabvány szerint spektrofotometriásan vizsgáltuk. A minta oxálsavas feltárását követően triklórecetsav jelenlétében a hidroximetilfurfurol sárga színű komplex képződése közben reagál a tiobarbitursavval. A kialakult szín intenzitása 443 nm-en mérhető. A minták HMF-tartalmát mg/100g dimenzióban adtuk meg.

4.4. Adatfeldolgozás

A felvételezési naplókban rögzített adatokból először kiszámítottuk az egyes fenológiai fázisokra fajtánként jellemző átlagértékeket. Az évenkénti adatsorokból a fenológiai fázisokat jellemző adatok varianciaanalízisét is elvégeztük. A kéttényezős varianciaanalízisek során a fajták jelentették az egyik, míg a fürtök a másik tényezőt. Mivel az ismétlések száma minden évben eltérő volt, így a varianciaanalízist minden évre külön kellett elvégezni. A statisztikai vizsgálatok elvégzéséhez az MS Excel alkalmazás, adatelemzés modulját használtuk.

Az összefüggés-vizsgálatok szempontjából szükséges csoportosítás alapján a környezeti tényezőket és a kísérleti eredményeket változatlan és változó tényezőkre bontottuk.

Változatlannak tekintettük azokat a környezeti tényezőket, melyek a kísérleti évek során azonosak, vagy csak igen kis mértékben eltérő hatást gyakoroltak a növények fejlődésére. Ilyen változatlan tényező volt a termesztő-berendezés, a talaj, a lebonyolítás módszere, az alkalmazott agro- és fitotechnika, a felvételezés módja, valamint a kiértékelés módszere. Az eredmények kiértékelésekor elsősorban a hőmérséklet hatását vizsgáltuk.

Változó tényezőként a kísérletek eredményeit, és az azokat befolyásoló tényezőket vizsgáltuk. Független változónak tekintettük a hőmérsékletet, ami természetes módon, évenként változó mértékben hatott a növények fejlődésére és a terméseredményre. Függő változóként értékeltük a környezeti körülmények hatására változó, növényeken kimutatható tényezőket, a fenológiai fázisok időtartamát, ütemét.

A vizsgálatok során független változóként szerepelt a napi átlaghőmérséklet, míg függő változóként a növények fejlődését jellemző mutatók (fenofázisok eléréséhez szükséges idő, másrészt a virágok és termések fürtönkénti száma és átlagtömege).

Az eredmények (fenológiai és beltartalmi) biometriai értékelésének többségét az összefüggés-vizsgálatok jelentették. Az összefüggés-vizsgálatot regresszió-analízissel végeztük. Az összefüggések jellegének megfelelő összefüggés-vizsgálatokat, az MS Excel alkalmazás regresszió-analízis moduljával végeztük el.

5. A kutatómunka eredményei és megvitatása

5.1. Beltartalmi paraméterek értékelése az érés során

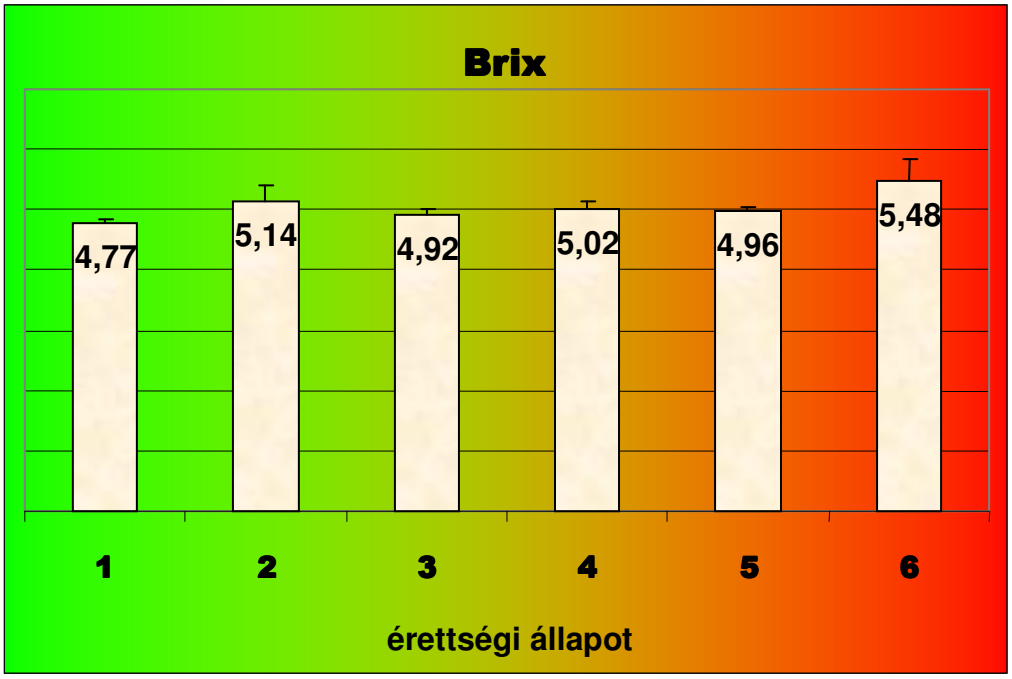
A vizsgálatokat 2002 és 2004 között végeztük. A három év során minden évben a Lemance F_1 hibrid bogyóiból 6 érettségi állapotot állítottunk össze, minden érettségi fázist 4 ismétlésben vizsgáltunk meg.

Az érettségi fokok az alábbiak voltak:

1. **Érett zöld**: a bogyó színe világos zöld, illetve fehéres-zöld, héja feszes és fényes
2. **Zsendülés:** a színeződés megindulása, a bibepont és a placenta rózsaszín árnyalatú
3. **„Ún." félérett állapot**: a bibeponttól kiindulva a bogyó 10-30 %-a rózsaszín
4. **Rózsaszín:** a bogyó 30-60 %-a piros árnyalatú
5. **Halvány, illetve világos piros:** a bogyó felszínének több mint 60 %-a de kevesebb, mint 90 %-a világos piros
6. **Sötét piros:** a bogyófelszín 100 %-a élénk piros, fogyasztási érettség

5.1.1. Brix°, cukor- és savtartalom

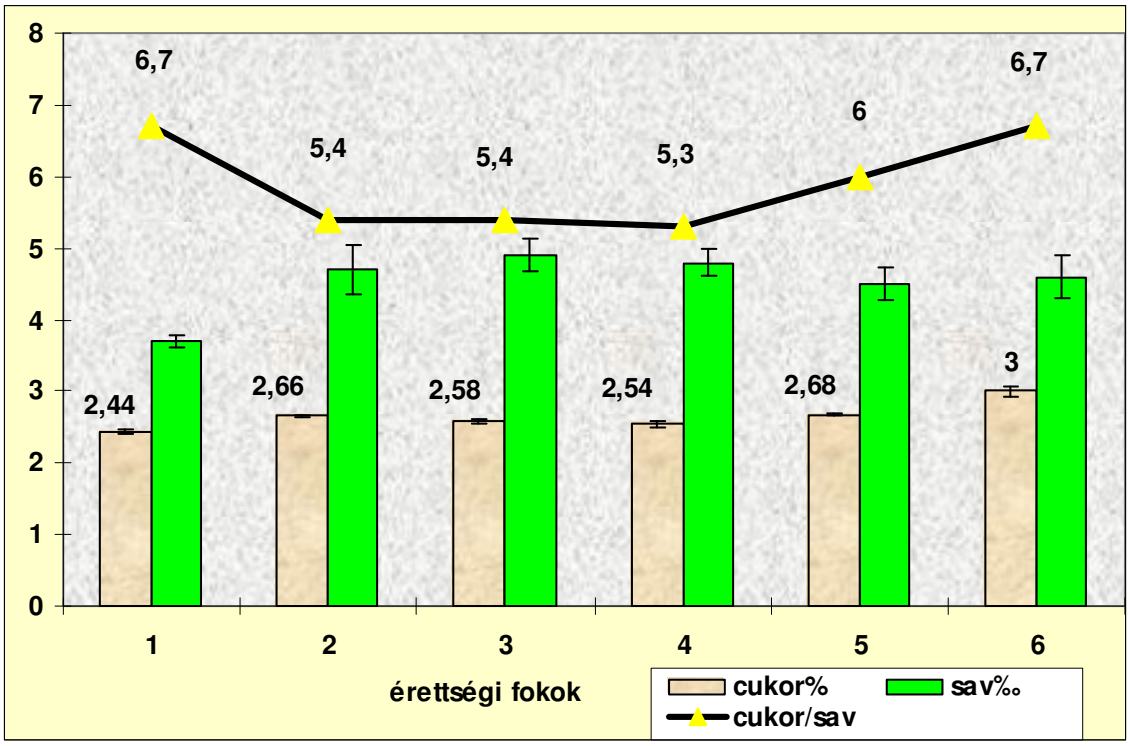
Az első 5 érettségi fázisban (az érett zöldtől a halvány pirosig) nem találtunk számottevő különbséget az oldható szárazanyag tekintetében. A sötét piros (6. fázis) érettségi állapotban viszont a Brix° szignifikánsan magasabb (kb.10- 15%-al), mint a megelőző érettségeknél (24. ábra).



24. ábra Az oldható szárazanyag-tartalom alakulása az érettségi állapottól függően (Helyes és Lugasi 2006)

Eredményeink alapján a vízben oldható szárazanyag-tartalom 50-55 %-át adják a cukrok. Ez nagyságrendileg megegyezik az eddig publikált eredményekkel. A cukortartalom tekintetében szintén nem találtunk lényeges különbséget az érettségi fokok között. A cukortartalom a Brix^0-hoz hasonlóan a 6. érettségi fázisban volt a legmagasabb (3%) és ez az érték 23 %-al volt nagyobb, mint az első érettségi fázisban. A savtartalom az érett zöld fázisban volt a legalacsonyabb 3,7 ‰, de az ezt követő érettségi fokokban gyakorlatilag megegyező értékeket kaptunk, ami átlagosan 4,7 ‰ volt. Az íz összhatását a cukor és a sav

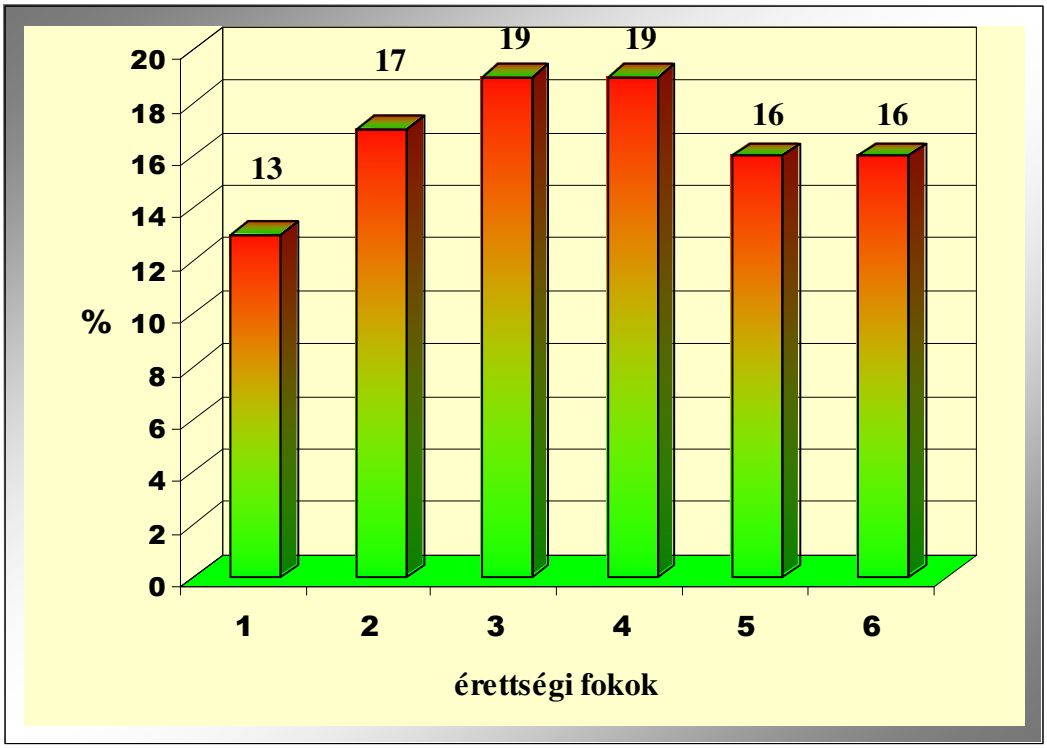
egymáshoz viszonyított aránya határozza meg alapvetően. Ez az érték 5,3 és 6,7 között változott az érés során. Érdekes, hogy a 3 év mintasorozatának átlaga alapján ugyan azt a cukor/sav arányt kaptuk az első és az utolsó, tehát az érett zöld és a sötét piros fázisokban. Fontos megjegyezni, hogy a teljes érettség fázisában ez a hányados lényegesen magasabb cukor és savtartalom mellet alakul ki, tehát ez a fázis egy teltebb ízhatást jelent (25. ábra).



25. ábra A cukor, a sav illetve egymáshoz viszonyított arányuk alakulása a különböző érettségi fázisokban

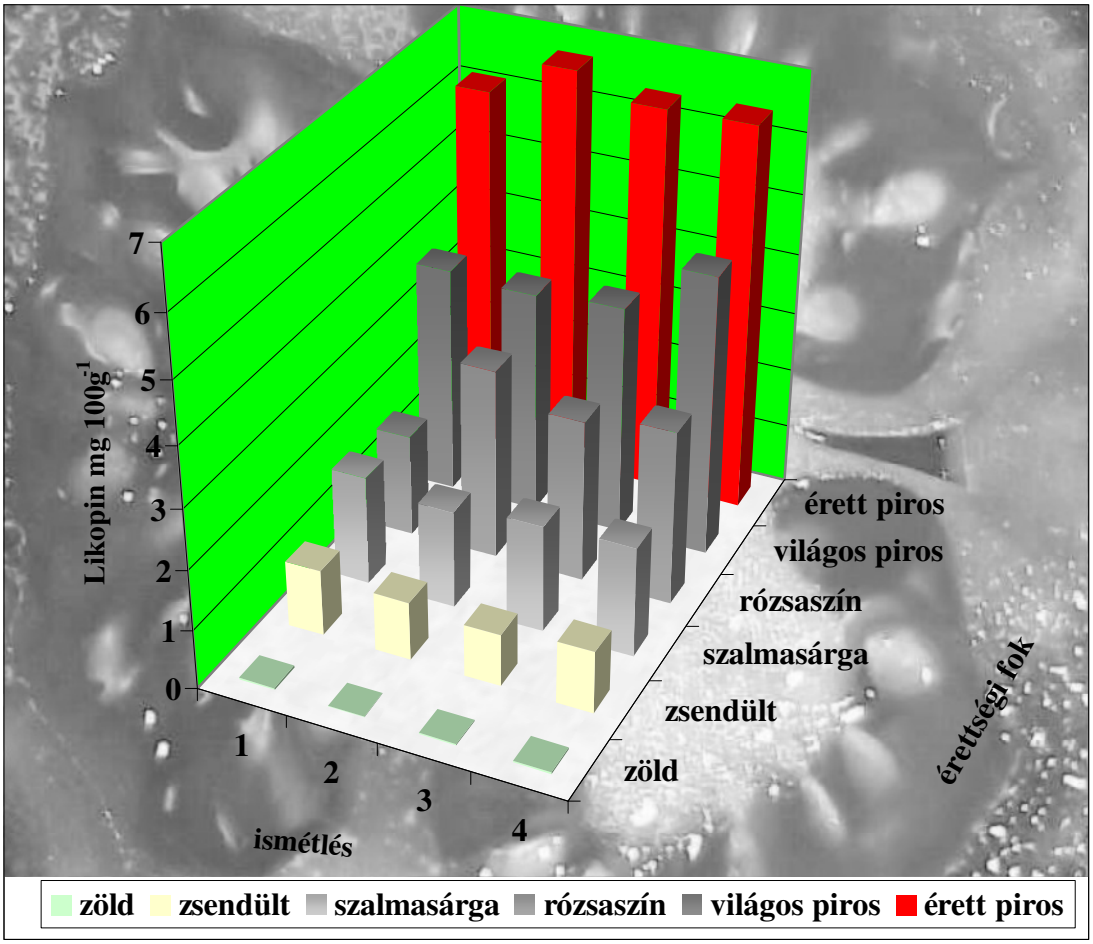
5.1.2. Antioxidánsok

Az antioxidánsok olyan hatóanyagok, amelyek meggátolják a sejtekben a szabadgyök-típusú kémiai anyagok hatására kialakuló égési folyamatokat. Az antioxidánsok növelik az adott termék eltarthatóságát, mivel késleltetik a kémiai - oxidáció okozta - károsodást. Ilyen antioxidáns vegyületek a karotinoidok, ezek közül is a paradicsom esetében kiemelt jelentőségű a likopin, a flavonoidok, E-vitamin, a C-vitamin, egyes ásványi anyagok, melyek többnyire antioxidáns enzimek alkotóiként fordulnak elő. A különböző érési fázisokban vizsgáltuk az összes polifenol alakulását. Az összes minta átlagában a bogyók polifenol tartalma 33 és 48 mg/100 g között változott. A legalacsonyabb értéket az első, a legmagasabbat, pedig a 3. és a 4. érettségi fázisokban mértünk. A 26. ábra értékeiből is látható, hogy az összes polifenol aránya 13 és 19 % között változott az érettség fokától függően. Tehát megállapítható, hogy a bogyók polifenol-tartalma alapvetően nem változott már az érés során, illetve úgy is megfogalmazható, hogy az egyes érettségi fázisok nem hatnak szignifikánsan az összes polifenol tartalomra. Irodalmi adtok is azt igazolják, hogy a bogyók polifenol tartalmát alapvetően a környezeti tényezők (különös tekintettel a hőmérsékletre) alakulása határozza meg.

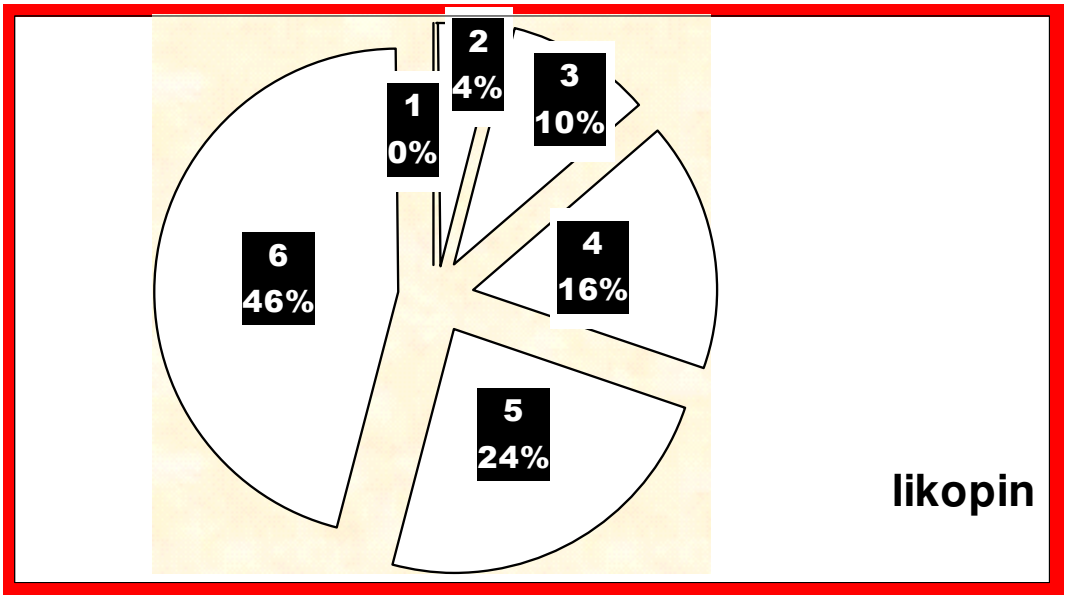


26. ábra Az összes polifenol-tartalom érettségi fázisonkénti aránya

Az antioxidáns hatású polifenolok mellett a vizsgálatok fő célját a paradicsom piros színét adó likopin felhalmozódásának dinamikai vizsgálata jelentette. Gyakorlatilag az érett zöld fázisban likopint a bogyó nem tartalmaz, értéke alig érte el a kimutathatóság határát. Az ezt követő érési fázisokban az érés előrehaladtával értelemszerűen egyre nagyobb likopin halmozódik fel a bogyókban. Figyelemreméltó viszont, hogy az a likopin mennyiség, amit a fajta genetikai adottságai és a környezeti tényezők (különös tekintettel a hőmérsékletre és a fényre) lehetővé tesznek, hogy képződjön a bogyóban, annak közel a fele (esetünkben 46 %-a) a 6. érettségi fázisba halmozódik fel. Az egyes érettségi fokok likopintartalmát illetve annak arányát érettségi fázisonként a 27. és a 28. ábrák mutatják be. Tehát a lakosság likopinbevitele szempontjából nem csupán azt fontos vizsgálni, hogy mennyi paradicsomot fogyasztunk, hanem azt is, hogy a fogyasztás milyen érettségi állapotban történik. A friss fogyasztásra kerülő paradicsom esetében a piacokon és az áruházak polcain nagyon gyakran találkozunk a 4. és 5. érettségi fázisba tartozó árúval, illetve úgy is lehetne fogalmazni, hogy ritkán vásárolhatunk sötét piros színű paradicsomot, viszont ezen érettségi állapotban (4. és 5. fázis) eredményeink alapján a bogyók a lehetséges likopintartalmuknak csupán 16-24 %-át tartalmazzák.

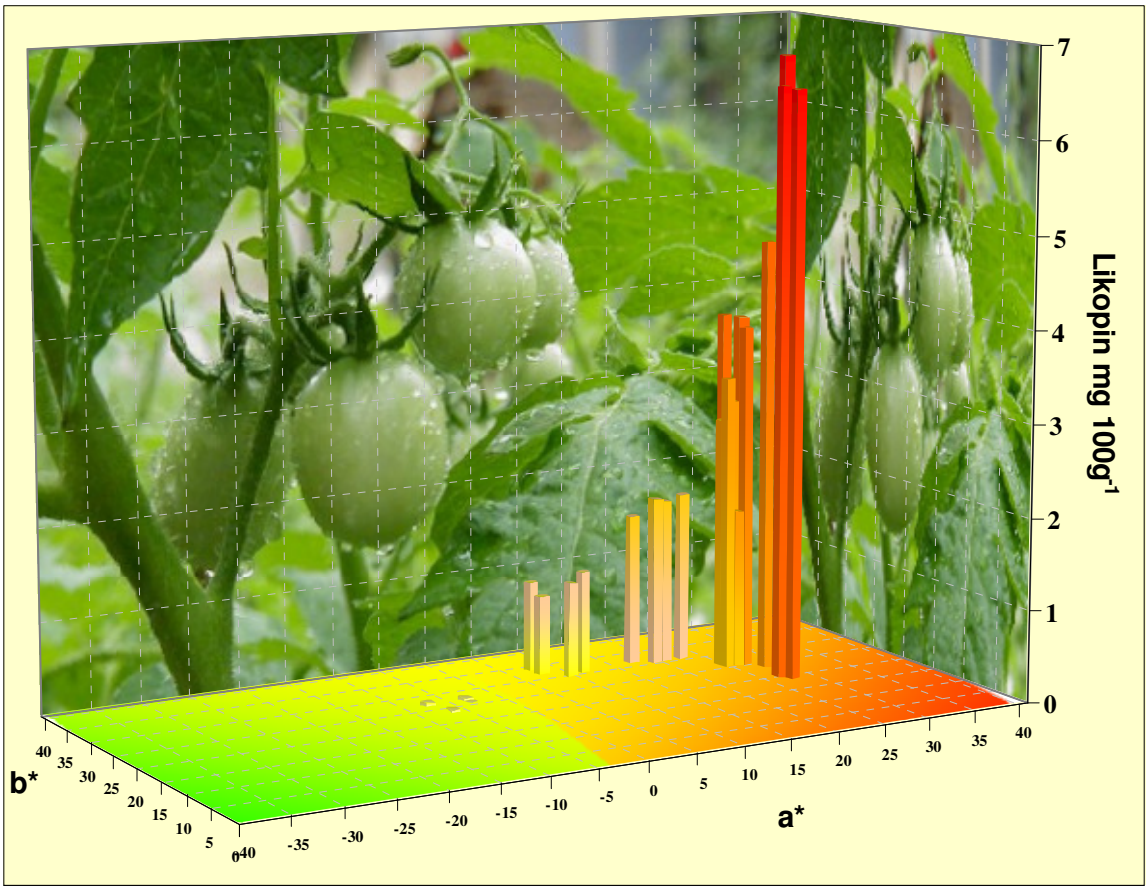


27. ábra Különböző érettségi fokok likopintartalmának alakulása



28. ábra A likopin-tartalom aránya érettségi fázisonként

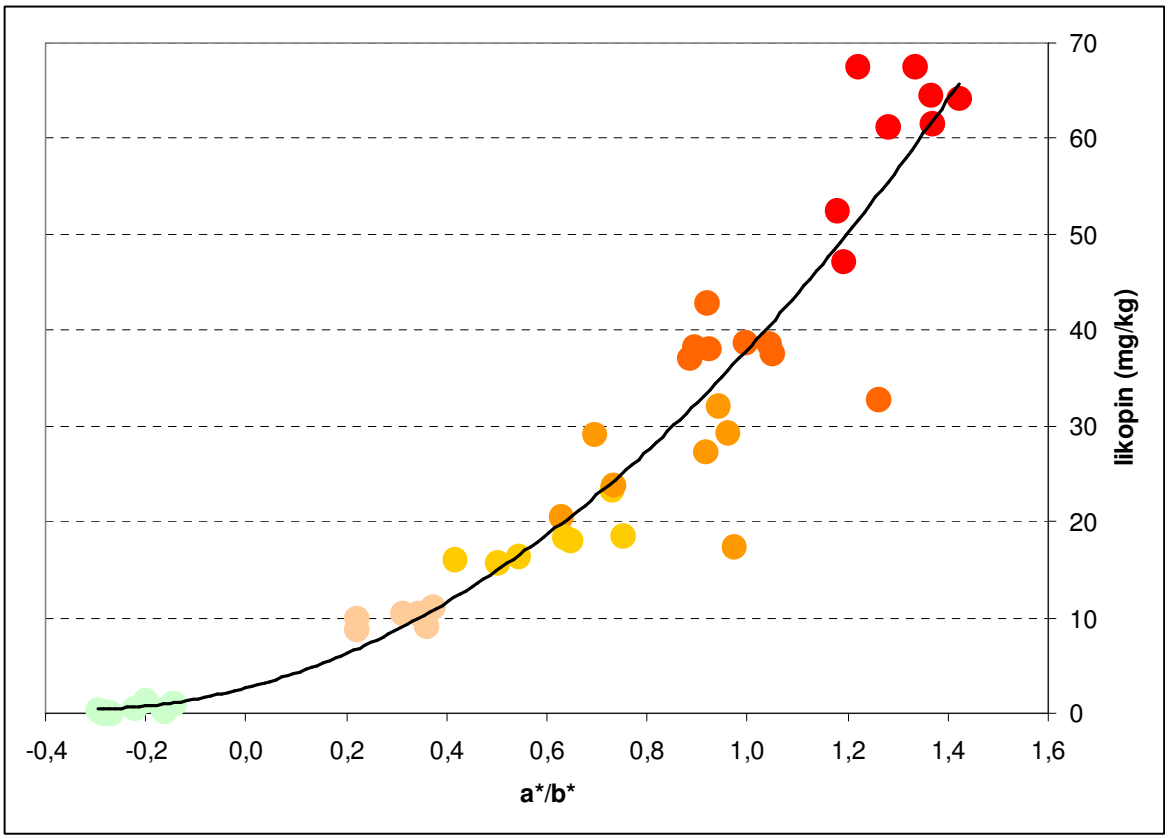
Minden érettségi fok esetében megmértük a bogyók színét egy Sheen gyártmányú színmérővel, a CIELab színrendszer szerint, minden bogyón három különböző mérési ponton. Az L*, a*, b* paraméterekből kiszámítottuk az a*/b* hányadost, ami a piros és zöld szín összetevőkkel arányos. A. 29. ábra és a 15. táblázat a különböző érettségi fázisok likopintartálmát és a mért (a* és b*) színértékek közötti kapcsolatot mutatja be. Az érett zöld (1) érettségi fázisban az a* értéke még a negatív tartományban van és ezt követően növekszik. Ezzel szemben az érés előrehaladtával a b* értéke folyamatosan csökken. Az 30. ábra szintén jól mutatja, hogy a likopin felhalmozódás alapvetően a 6. érettségi fázisban történik, tehát a bogyóérés utolsó napjaiban.



29. ábra A különböző érettségi fokok likopintartalmának alakulása a szín függvényében

15. táblázat Az érettségi fázisok színparamétereinek átlagértékei

Érettségi fázisok	L	a*	b*	a*/b*
1.	59,58	-6,4	25,8	-0,26
2.	57,35	2,9	28,5	0,08
3.	49,90	15,7	28,8	0,54
4.	45,20	22,1	27,2	0,83
5.	42,50	26,0	25,7	1,04
6.	39,30	27,3	21,3	1,30



30. ábra Likopin felhalmozódása, az érettségi fázisok és az a*/b* hányados közötti kapcsolat

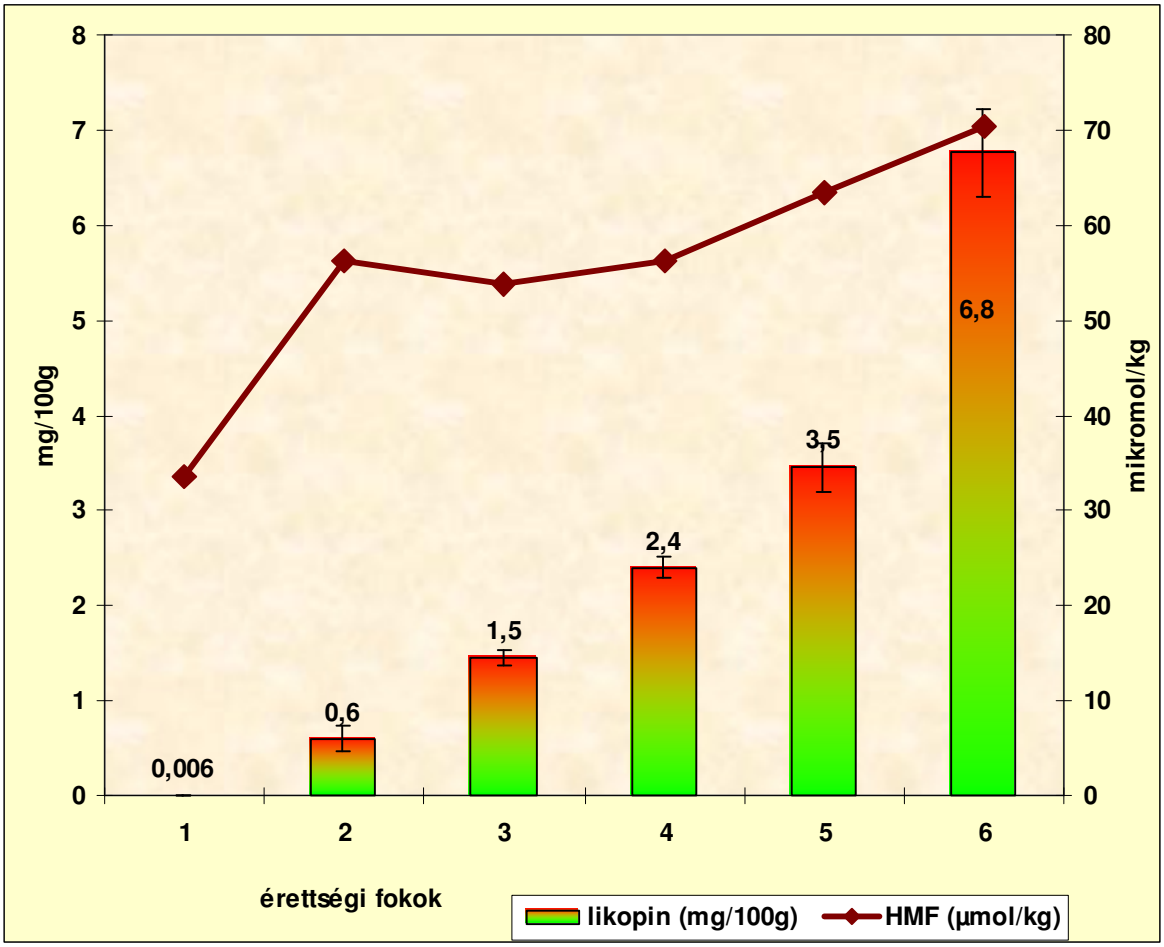
A 16. táblázat a mért és számított színparaméterek, valamint az érettségi fázisok közötti összefüggéseket mutatja be. Látható, hogy nagyon szoros kapcsolat mutatható ki a színparaméterek és az érettség mértéke között. A mért L* és a* értékek külön- külön is szoros kapcsolatot mutatnak az érettség mértékével, de legkifejezőbbnek, az a*/b* számított hányados bizonyult (R^2= 0,94).

16. táblázat A paradicsom bogyók színértékeinek és korrelációs együtthatóinak alakulása érettségi fázisonként (átlag±SD, n=216)

	Érettségi fázisok						
	Érett zöld (1.)	Zsendült (2.)	Félérett (3.) (szalmasárga)	Rózsaszín (4.)	Világos piros (5.)	Sötét piros (6.)	R^2
L*	60,5±1,91	58,0±3,20	51,6±2,53	47,1±2,69	43,4±1,07	39,9±0,16	0,89***
a*	-6,8±0,89	3,8±5,90	14,6±3,13	22,4±1,75	27,3±2,16	28,8±2,21	0,88***
b*	26,2±0,72	29,0±1,87	28,9±1,07	27,6±1,18	26,6±0,91	21,6±1,41	0,24***
a*/b*	-0,3±0,02	0,1±0,21	0,5±0,09	0,8±0,10	1,0±0,08	1,3±0,09	0,94***
chroma	27,1±0,85	29,9±2,23	32,6±2,44	35,6±0,72	38,3±1,75	36,1±2,32	0,64***

A hidroximetil-furfural az egyszerű cukrok hő hatására történő degradációja során keletkezik a feldolgozott élelmiszerekben, de fiziológia folyamatok során is felhalmozódhat a

növényi sejtekben. Egyes szerzők szerint kedvezőtlen élettani hatása van az emberi szervezetben, ezért vizsgáltuk mennyiségének alakulását az érés során. Toor és Savage (2006) nem talált HMF-et friss paradicsomban, de a félig megszárított mintákban már 7,1-8,1 mg/kg (szárazanyag) HMF-et mutattak ki. A HMF és likopin közötti összefüggést vizsgálva a mi kísérleti eredményeink viszont azt igazolták, bizonyították, miszerint nem csupán a feldolgozott termékekben, hanem a nyers bogyók esetében is, hogy minél magasabb a termések likopin tartalma, annál nagyobb a hidroximetil-furfural tartalom is. A 31. ábra e két paraméter mennyiségét mutatja be az érettségtől függően. A HMF-tartalom átlagosan 34 - 70 µmol/kg érték között változott a bogyókban, az érettségi állapottól függően. Az érett zöld fázistól a sötét pirosig a hidroximetil-furfural mennyisége a duplájára nőtt. Fontos megjegyezni, hogy ez az érték táplálkozás-élettani szempontból semmiféle veszélyt nem jelent. A nagyobb mértékű HMF bevitel a feldolgozott sűrítmények fogyasztása esetén fordulhat esetlegesen elő.



31. ábra A likopin és a HMF alakulása érettségi fokonként

5.2. Abiotikus tényezők értékelése a termésképzésre és a beltartalmi paraméterekre

Abiotikus tényezőkön az élettelen természetnek az élőlények életműködését meghatározó, befolyásoló paraméterek összességét értjük. A növények környezeti igényeinek ismerete az eredményes termesztés alapfeltétele.

Kreybig az élettelen környezeti tényezőket 3 csoportba sorolta:

- éghajlati (klimatikus)
- talaj (edafikus)
- földfelszíni (fiziografikus)

Az éghajlati tényezők közül a legfontosabbak a hőmérséklet, a fény, a CO_2, a csapadék és a szél. Az edafikus tényezők közül a talaj fizikai és kémiai tulajdonságai egyaránt fontosak, úgymint a szerkezete, kötöttsége, humusztartalma, kémhatása, sótartalma, tápanyag-ellátottságának mértéke stb.

Az elmúlt másfél évtizedben az abiotikus tényezők közül vizsgálataink a hőmérséklet (léghőmérséklet és sugárzási felszínhőmérséklet), a fény, az emelt CO_2, a víz és az érésgyorsítás hatásának értékelésére terjedtek ki, különös tekintettel a termésképzés szempontjából kritikus fenológiai fázisokra (virágzás, kötődés, érés) valamint a beltartalmi paraméterek alakulására. Vizsgálatainkat különböző termesztési módok (hajtatás, szabadföldi támrendszeres, ipari) esetében végeztük. Hajtatási körülmények között a hőmérséklet és a fény (PAR) hatását vizsgáltuk a virágzás, a kötődés és az érés dinamikájára. Az emelt CO_2 és az érésgyorsítás hatását ipari fajtákon értékeltük. A fontosabb beltartalmi paraméterek (Brix°, cukor, sav, likopin stb.) és az abiotikus tényezők kölcsönhatásának vizsgálatát mindhárom termesztési módnál elvégeztük.

5.2.1. Hőmérséklet

A növények életfolyamatai (fotoszintézis, transzspiráció stb.) alapvetően a hőmérséklettől függő folyamatok. A növények hő-gazdálkodásában, hő-háztartásában mintegy 95 %-ot tesz ki a transzspirációra és a hőátadásra fordítódott energia (Filius 1994). A paradicsom **biológiai nullpontja 10 C°**, ezen érték alatt növekedése leáll. A tartósan 32 C° feletti hőmérséklet szintén a növekedés korlátozását okozza. Természetesen a növény hőigénye fenológiai fázisonként eltérő és értékelését a többi környezeti tényezővel (fény, víz) összhangban kell elvégezni. A növényállomány felszínhőmérséklete és a levegő hőmérsékletének összehasonlítása fontos információul szolgál a növény hő-háztartásáról, vízellátottságáról, egészségi állapotáról. Az optimális vízellátottságú állomány lombhőmérséklete közel azonos szinten a léghőmérséklettel megegyezően alakul (Helyes 1991). A növényállomány felszínhőmérséklete és a fotószintézis mértéke között szoros kapcsolat van, de a növény tömeggyarapodása nem mindig akkor a legnagyobb, amikor a fotoszintézis a legerősebb (Filius 1989).

5.2.1.1. A léghőmérséklet hatása a virágzásra, a kötődésre és a bogyófejlődés időtartamára hajtatási körülmények között

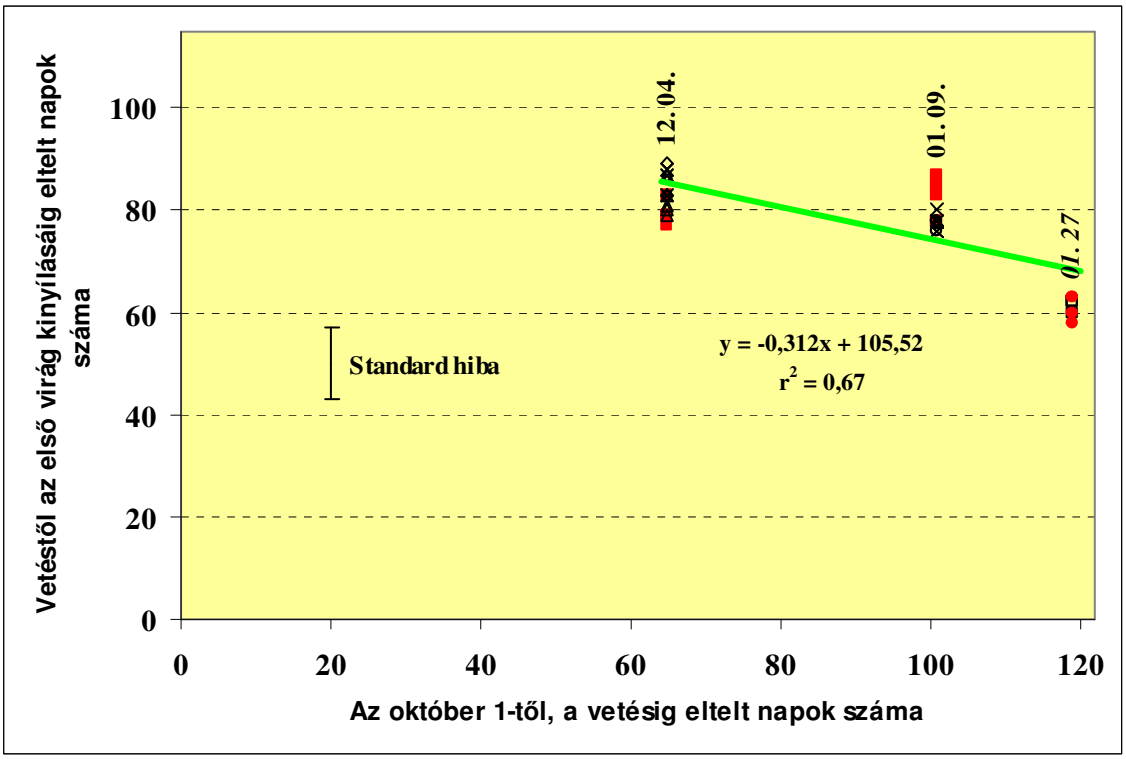
Számos kutató vizsgálta a paradicsom virágzásának, kötődésének bekövetkezését, lefolyásának dinamikáját és a környezeti tényezők hatását. Ez a kiemelt érdeklődés indokolt is, hisz a paradicsomhajtatás eredményességének egyik sarkalatos pontja a virágzás és a kötődés. Vizsgálatainkból az 1999-es, 2001-es és a 2002-es évek eredményeit mutatom be részletesen. A hajtatásban alkalmazott folytonnövő paradicsomfajtákon, optimális hő- és fényviszonyok között, a hetedik levél kifejlődése után jelenik meg az első fürtkezdemény. Az ehhez szükséges időt a hőmérséklet és a fény befolyásolja elsősorban. Tavaszi hajtatás esetén a vetés általában késő ősszel illetve télen történik, így a növények kezdeti fejlődése

rövidnappalos körülmények között zajlik. Abban az esetben ha a hőmérséklet optimális a palántanevelés időszaka alatt, akkor a fény fogja befolyásolni leginkább a vegetatív fázis hosszát. A virágzás dinamikájának vizsgálata kapcsán az első kérdés, hogy a növényeken mikor jelenik meg az első virágfürt. Ezért a vetés és az első virág kinyílásának időpontja közötti időszakot vizsgáltuk. A vizsgált fajták átlagértékeit a 3 kísérleti évre vonatkoztatva a 17. táblázat tartalmazza. Azt tapasztaltuk, hogy a vetés és az első fürtemelet első virágjának kinyílása között 61 illetve 86 nap telt el. Tehát az adott évben, illetve hajtatási időszakban a környezeti tényezők (fény, hőmérséklet) alakulásának jelentős hatása van a virágzás kezdetére. A fajták közötti különbség kimutatására egytényezős ismétléses varianciaanalízist végeztünk. A fajták mindhárom évben különböztek egymástól, a különbségek valószínűségi szintjeit és a P=0,05 valószínűségi szinthez tartozó szignifikáns differenciákat is figyelembe véve. A fajták legkevésbé 2001-ben tértek el egymástól, de P≥0,05 szinten még itt is különböztek.

17. táblázat A vetéstől az első virág kinyílásáig eltelt napok száma a fajták átlagában.

	Kísérleti év		
Fajták sorszáma	1999	2001	2002
1	**79,3**	**82,2**	**61,3**
2	**84,7**	**77,2**	**80,1**
3	**82,8**	**78,0**	
4	**86,0**	**77,6**	
P≥	$2{,}12\ 10^{-3}$	$1{,}06\ 10^{-2}$	$3{,}11\ 10^{-10}$
$SzD_{5\%}$	6,03	5,12	3,66

A 32. ábra az október elsejétől eltelt napok számának függvényében ábrázolja a három különböző vetési időpontból származó növények első virágainak nyílásáig eltelt napok számát. Az október 1. önkényesen választott időpont, a paprika fényhiány-érzékenységének kiszámításakor is használt, bruttó tenyészidő megállapításának vetési időpontja (Zatykó, 1994). Októberben rövidebb a nappal, mint az éjszaka és általában a természetes fényintenzitás is csökken a napsugarak beesési szögének csökkenése miatt. Az ábrán látható, hogy az október 1. és a vetési időpont között eltelt napok száma fordított arányosságot mutat az első virág kinyílásáig eltelt napok számával. Minél később került sor a vetésre október 1. után, annál gyorsabb volt a vegetatív növekedés. A december eleji és január eleji vetés között nincs szignifikáns különbség. A január eleji és január végi vetésidőpont viszont szignifikánsan eltér az első virágzásig eltelt napok számának értékeiben. Az összefüggést lineáris regressziós függvénnyel is jól lehet közelíteni ($y=-0{,}312x+105{,}52$; $r^2=0{,}67$). E szerint, az október 1. után történt vetések esetén, körülbelül minden harmadik nap elteltével egy nappal rövidül a vegetatív fejlődés időtartama. A december 4-i vetés még 83 napos, míg a január 27-i már csak 61 napos tenyészidőt eredményezett az első virág kinyílásáig, a vizsgált fajták átlagában. Mivel a kísérletek alatt a hőmérsékletet az adott fenofázisnak megfelelő optimális szinten tartottuk, és pótmegvilágítást nem alkalmaztunk, ezért a különbséget nagyrészt az eltérő természetes fényviszonyok okozhatták.



32. ábra Az első virág nyílásáig eltelt napok száma az október 1-től a vetésig eltelt napok számának függvényében (n=52)

Az első virágfürt megjelenését követően a vizsgálat tárgyát a különböző fürtemeletek kialakulásának dinamikai vizsgálata jelentette. A fürtképződés ütemén, az időegység alatt megjelenő fürtök számát értjük. Mértékegysége a virágfürt nap^{-1}, vagy virágfürt hét^{-1} érték. A nemzetközi szakirodalomban ez utóbbit használják gyakrabban. A fürtképződés üteme szorosan összefügg a növény növekedési sebességével, mivel a hajtatásban alkalmazott hibridek általában a folytonnövő növekedési típusba tartoznak. Ezt a növekedési típust jellemző levélképződés plasztokron ritmusa szerint általában 3 levél után következik egy virágfürt. Ezt a ritmust a hibridek egész tenyészidejük folyamán követik. Az egymást követő virágfürtök makroszkopikus észlelhetősége között eltelt idő hasonló mintát követ, mint az egymást követő virágfürtök első virágainak kinyílása között eltelt idő. Az eltelt idő reciproka a virágzatok megjelenési üteme, illetve a fürtszintek virágzáskezdetének üteme, melynek mértékegysége fürt nap^{-1}. Ez a viszonyszám mindig a felsőbb helyzetű fürt kialakulásáig eltelt időt jellemzi, tehát csak egy fürtre vonatkozik.

A 18. táblázat a három kísérleti évből származó fürtszintek virágzásának kezdetét jellemző, mért adatokat tartalmazza a fajták eredményeit átlagolva, fürtönkénti bontásban. A táblázat első felében a két egymást követő fürt virágzáskezdete között eltelt idő reciproka, vagyis az adott fürtemelet virágzáskezdetének üteme a megelőző fürthöz képest, fürt nap^{-1} mértékegységben. Az átlagértékekből megállapítható, hogy a következő fürt 4,7-9,7 nappal az előző után kezdett el virágozni. Minél későbbi kiültetésből származott a növényállomány, annál rövidebb időközök teltek el két egymást követő fürt virágzáskezdete között. Ezt magyarázzák a táblázat második felében található halmozott hőmérsékleti összegek fürtönkénti átlagos értékei az első fürttől számítva, mely a vonatkoztatási kiindulópont (0°C) volt. Minél nagyobb volt a hőmérsékletösszeg-halmozódás, annál gyorsabb volt a fürtvirágzás kezdete. Ennek az egyik magyarázata, hogy a három kísérleti évben egyre később került sor a kiültetésre tavasszal. Emiatt a növények egyre jobb és fokozatosan javuló fényviszonyok közé kerültek. A nappalok hossza és a napi átlagos fényintenzitás is folyamatosan növekedett. A

javuló fényviszonyok a növények növekedésére is pozitív hatással voltak. Másrészt a gyengébb klímaszabályozással rendelkező berendezésekben, mint amilyenben a kísérleteinket beállítottuk, a napsugárzás erőteljesen befolyásolja a hőmérsékletet, különösen annak maximális értékét, tehát a nagyobb sugárzásintenzitás mindig magasabb napi maximum- és átlaghőmérsékleteket is eredményezett.

18. táblázat Az egymást követő fürtök virágzáskezdetének üteme és első virágainak nyílása között felhalmozódott hőmérsékletösszeg értékek

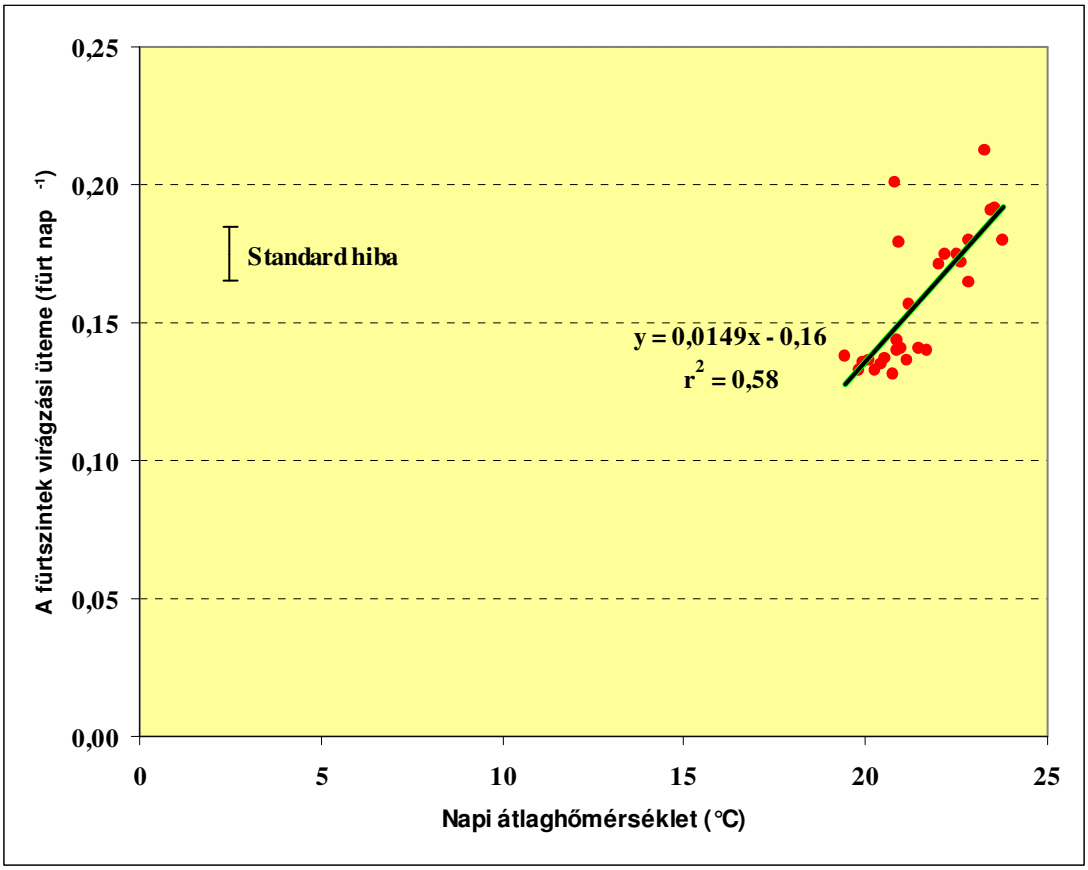
	Fürtszint virágzáskezdetének üteme (nap^{-1})						Halmozott hőmérsékleti összeg az első fürtszint virágzásától (°C)					
	1999 (n=24)		2001 (n=20)		2002 (n=16)		1999 (n=24)		2001 (n=20)		2002 (n=16)	
Fürt	$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s
1							0		0		0	
2	**0,164**	0,069	**0,137**	0,089	**0,132**	0,029	**179**	45,8	**205**	80,0	**433**	217,1
3	**0,213**	0,044	**0,197**	0,103	**0,105**	0,020	**294**	50,7	**337**	87,0	**625**	196,2
4	**0,171**	0,030	**0,140**	0,046	**0,138**	0,018	**426**	45,0	**494**	108,8	**785**	198,1
5	**0,137**	0,019	**0,132**	0,089	**0,140**	0,024	**578**	47,7	**670**	116,6	**937**	196,2
6	**0,174**	0,040	**0,137**	0,028	**0,129**	0,031	**711**	61,7	**831**	102,0	**1087**	178,0
7	**0,180**	0,058	**0,141**	0,026	**0,146**	0,008	**856**	66,4	**985**	98,3	**1238**	183,0
8	**0,190**	0,054	**0,179**	0,058	**0,138**	0,035	**994**	72,5	**1112**	98,1	**1410**	189,7
9	**0,156**	0,042	**0,157**	0,055	**0,124**	0,020	**1149**	71,1	**1261**	105,7	**1603**	207,9
10	**0,142**	0,057	**0,135**	0,060	**0,122**	0,028	**1325**	80,8	**1433**	147,3	**1815**	208,4
Átlag	**0,170**	**0,053**	**0,151**	**0,070**	**0,130**	**0,028**						

A három kísérleti évben a fürtemeletek virágzáskezdetének üteme 0,1-0,25 fürt nap^{-1} között változott, ami azt jelenti, hogy az adott fürt az előző után mintegy 4-10 nappal kezdett el virágozni. A fürtök virágzáskezdetének üteme szoros összefüggést (y=0,0149x-0,1617; r^2=0,58; P<0,01) mutat a napi átlaghőmérséklettel. A fürtvirágzás kezdetének üteme 0,0149 fürt nap^{-1} °C^{-1} arányban változott, az általunk mért 19-24 °C-os hőmérsékleti intervallumban, ami azt jelenti, hogy a napi átlaghőmérséklet 1 °C-os emelkedésének hatására átlagosan 0,6 nappal korábban kezdett el virágozni a következő fürt. A fürtszintek virágzáskezdetének üteme 0,153 fürt nap^{-1} értéket mutatott a három kísérleti év átlagában, ami azt jelenti, hogy két egymást követő fürt első virágának kinyílása között átlagosan 6,5 nap telt el. A lineáris regressziós függvény 20 °C-on 0,136 fürt nap^{-1} értéket mutat, ami közel azonos de Koning (1994) és Heuvelink (1996) által mért makroszkopikusan észlelhető fürtök megjelenési ütemével. A hőmérséklet emelkedésének a hatása (0,0149 fürt nap^{-1} °C^{-1}) azonban magasabb értéket mutat, mint de Koning (1994) 0,008 fürt nap^{-1} °C^{-1}, és Heuvelink (1996) 0,01 fürt nap^{-1} °C^{-1} méréseinek esetében. Minél magasabb volt a napi átlaghőmérséklet, annál korábban következik be a virágzás az azt követő fürtön (Sauser et al., 1998). A fürtök virágzáskezdetének üteme tehát alkalmas a folytonnövő paradicsom növekedésének jellemzésére, mértéke a felső fürtemeleteken sem csökken jelentősen.

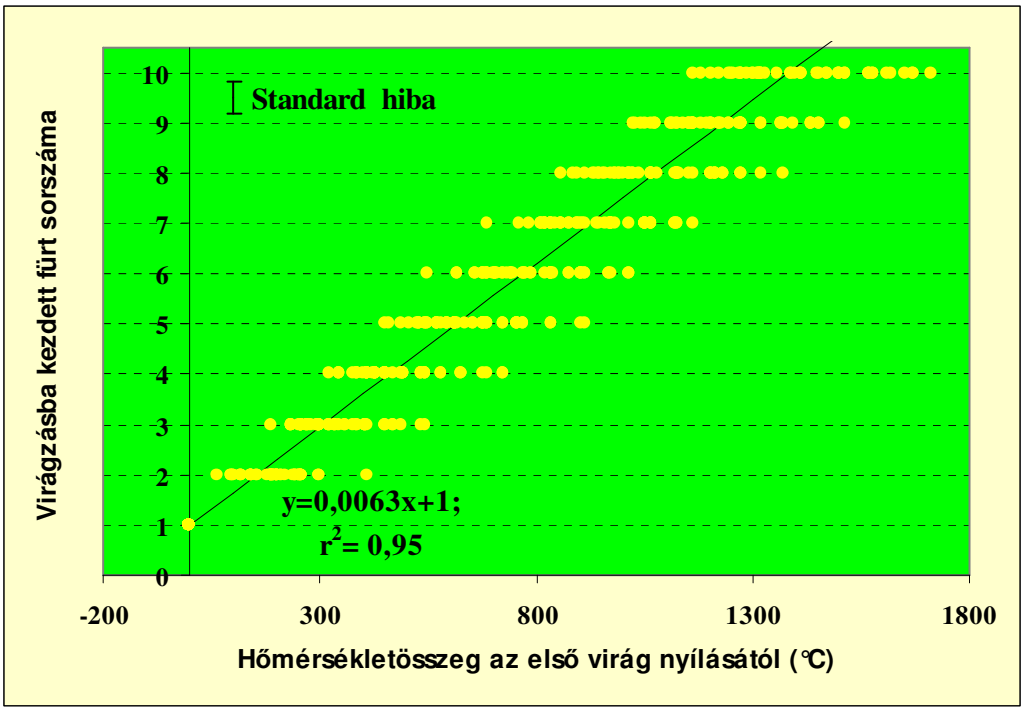
Mivel a 33. ábra által bemutatott összefüggés szerint a napi átlaghőmérséklet csak 58%-ban határozza meg a fürtszintek virágzáskezdetének ütemét, megpróbáltunk szorosabb összefüggést keresni.

Minden vizsgált növény minden fürtjén, az első virágnyílás időpontjától kiszámítottuk a halmozott napi átlaghőmérsékleteket és ennek függvényében került ábrázolásra a virágzásba kezdett fürtszintek száma. Az első fürt virágzáskezdetét tekintve kiindulópontnak a következő kilenc fürt értékeit mutatja a 34. ábra. A lineáris regresszió függvényét is az első fürtből kiindulva számoltuk ki, a könnyebb felhasználhatóság érdekében. Az összefüggés szerint a halmozott hőmérsékletek összege sokkal nagyobb arányban (r^2=0,95) van hatással a

fürtszintek virágzáskezdetére, mint az átlaghőmérséklet a virágzáskezdet ütemére. Az egyenlet alapján (y=0,0063x+1) a következő fürt virágzásának kezdetéhez 158,7 °C halmozott napi átlaghőmérséklet összeg szükséges, ami 20 °C-os napi átlaghőmérsékletekkel számolva ~7,9 nap. Ez az érték magasabb, mint amit a napi átlaghőmérsékletek alapján kiszámítottunk, de az összefüggés szorossága miatt valószínűleg megbízhatóbb. Az ábra jól mutatja, hogy felsőbb fürtszinteken az adatok jelentősebben szóródnak az átlagos értékek körül, mivel a növény, növényállomány korának előrehaladtával egyre több lesz azoknak a tényezőknek a száma (növényegészségi állapota, esetleges betegségek megjelenése, növényállomány kondíciója, az asszimiláták szállításának távolsága, a fitotechnikai munkák színvonala, a szedés gyakorisága, stb.) amelyek még befolyásolják a fürtszintek virágzásának kezdetét.



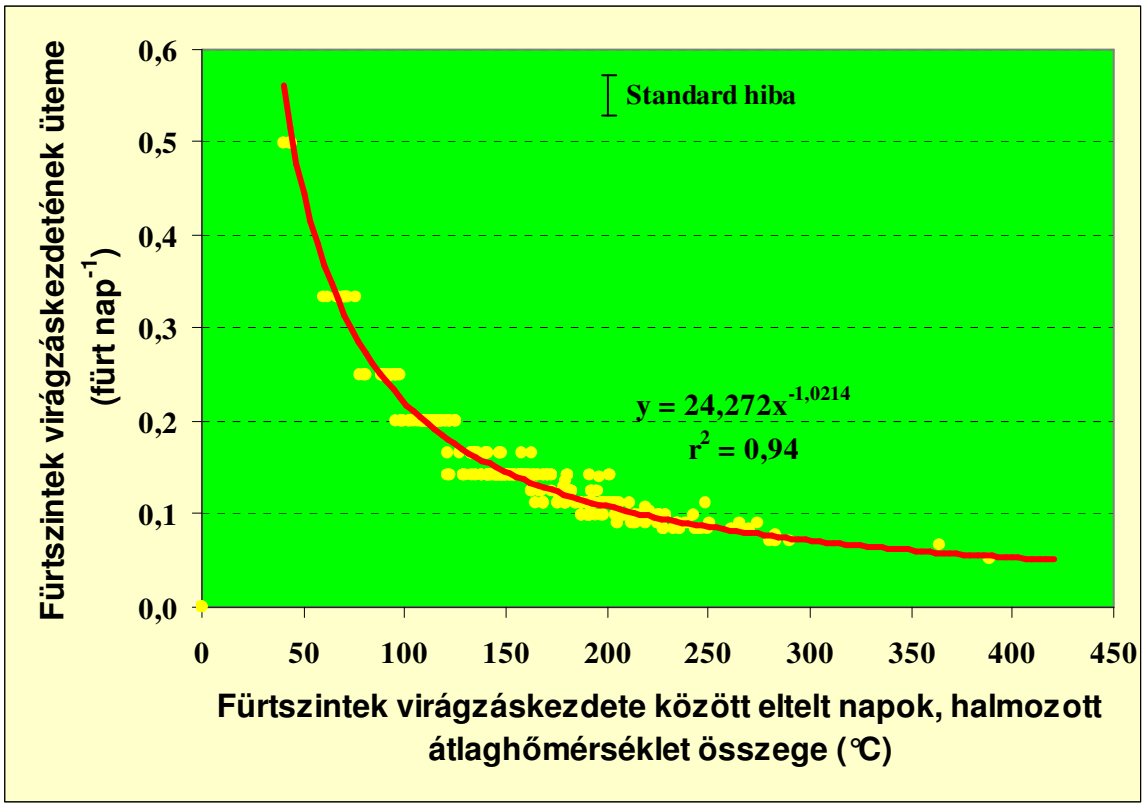
33. ábra Az egymást követő első 10 fürtszint virágzáskezdetének átlagos üteme a napi átlaghőmérséklet függvényében (n=27)



34. ábra Az első fürtszint virágzáskezdetétől a következő fürtök első virágainak nyílásáig felhalmozódott hőmérsékletösszeg, a három kísérleti évben együttesen (n=600).

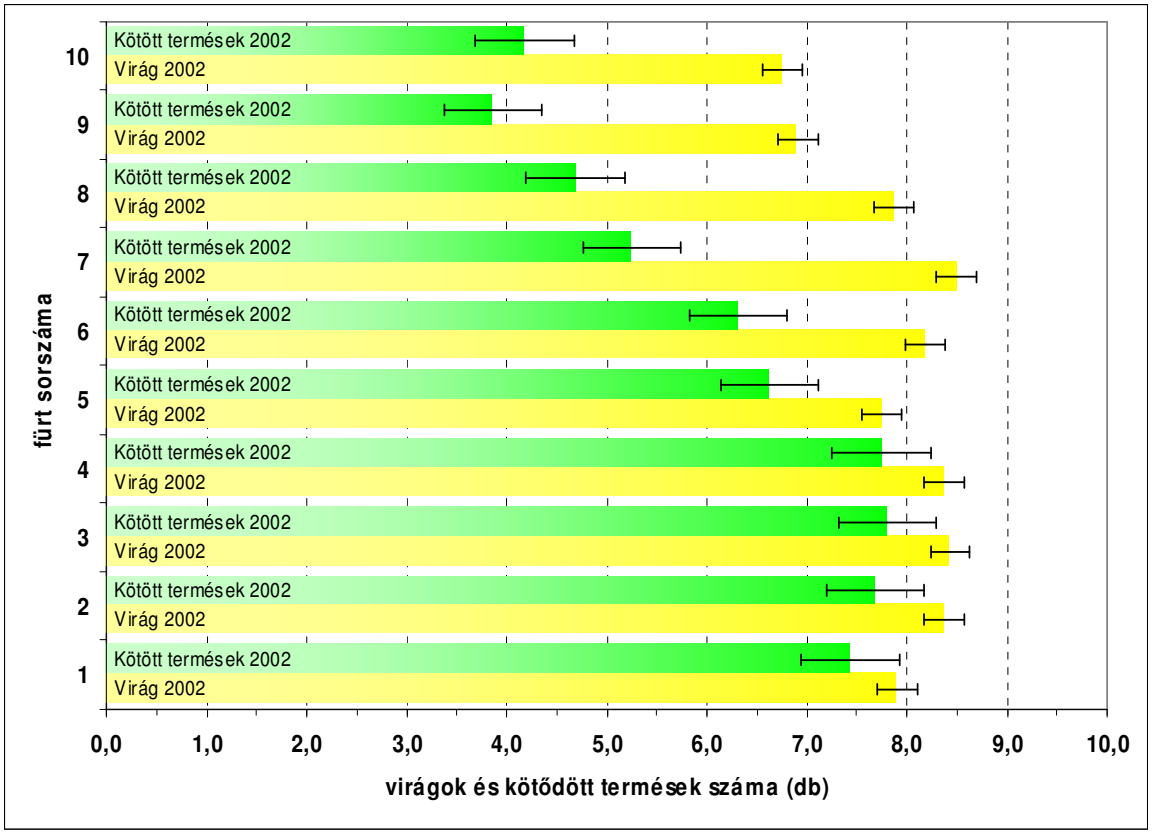
A lineáris összefüggésből kiindulva (34. ábra) egy másik összefüggés is kimutatható. Két szomszédos fürt első virágának nyílása között eltelt napok átlaghőmérséklet-összegének függvényében ábrázolva az adott fürtvirágzás kezdetének ütemét (fürt nap^{-1}), az összefüggést, hiperbolikus függvénnyel közelíthetjük legpontosabban. Az ilyen módon előállított függvény (y=24,272$x^{-1,0214}$) csaknem ugyanakkora mértékben, mint az előző, 94%-ban határozza meg a két egymást követő fürt virágzáskezdete között eltelt idő alatt halmozott hőmérsékletösszeg hatását a fürtvirágzás kezdetének ütemére. A kapott függvény jobban érvényre juttatja a 35. ábra által szemléltetett összefüggést, mivel nem mosódik el benne a termesztő-berendezés naponként változó átlaghőmérséklete az adott hőmérsékleti intervallumban. Emiatt alkalmasabb a kevésbé szabályozott, vagy szabályozás nélküli berendezésekben tapasztalható hőmérsékleti viszonyok közötti fejlődési jellemzők becslésére, előrejelzésére.

A fürtök virágzáskezdetének és a hőmérsékleti összegek összefüggéseiből kialakított modellek, valamint a TOMPOUSSE (Abreu et al. 2000) modell virágzás-előrejelzési függvényeit a témavezetésem mellett Pék Zoltán által (2004) „Hajtatott paradicsom terméskép zésének modellezése” című Ph. D értekezése részletesen tartalmazza.



35. ábra A fürtszintek virágzáskezdetének üteme, a fürtszintek első virágainak nyílása között felhalmozódott hőmérsékletösszeg függvényében (n=540).

A terméskötődés és a bogyófejlődés alapvető jelentőségű a termés kialakulásában (méretében, beltartalmában) A három kísérleti évből a 2002. év eredményeit mutatom be részletesen. Azokat a terméseket számítottuk kötődöttnek, amelyekről a sziromlevelek már leszáradtak és a terméskezdemények átmérője elérte, vagy kismértékben meghaladta a 2 mm-t, vagyis szabad szemmel már jól érzékelhetőek voltak. Mivel makroszkopikusan nem kísérhető figyelemmel egy olyan bonyolult több fázisból álló folyamat, mint a kötődés, ezért a kötődés folyamatát nem számszerűsítettük, csak a végeredményt. A kötődött bogyók, és a virágok végleges számából következtetni lehet a kötődés hatékonyságára. E két mérőszámnak a különbségét, mint elrúgott virágokat vettük figyelembe. A 2002-es kísérleti évben mért virág, és kötődött termés adatokat mutatja a 36. ábra. Látható, hogy az alsó (1-4) fürtemeleteken átlagosan 8-8,5 db virág alakult ki és ebből 7,4-7,8 kötődött, tehát a kötődés hatékonysága jónak értékelhető. Ezzel szemben a felső fürtszinteken megfigyelhető egy kismértékű virágszám csökkenés, de még szembetűnőbb, hogy a kötődés hatékonysága jelentősen romlott. Ez különösen igaz a legfelső fürtemeletekre (7-10) ahol átlagosan alig több mint 4 bogyó kötődött csupán. Ez egyértelműen a kötődés ökológiai feltételeinek romlásával, a termesztő-berendezés klímaszabályozásának hiányával indokolható.



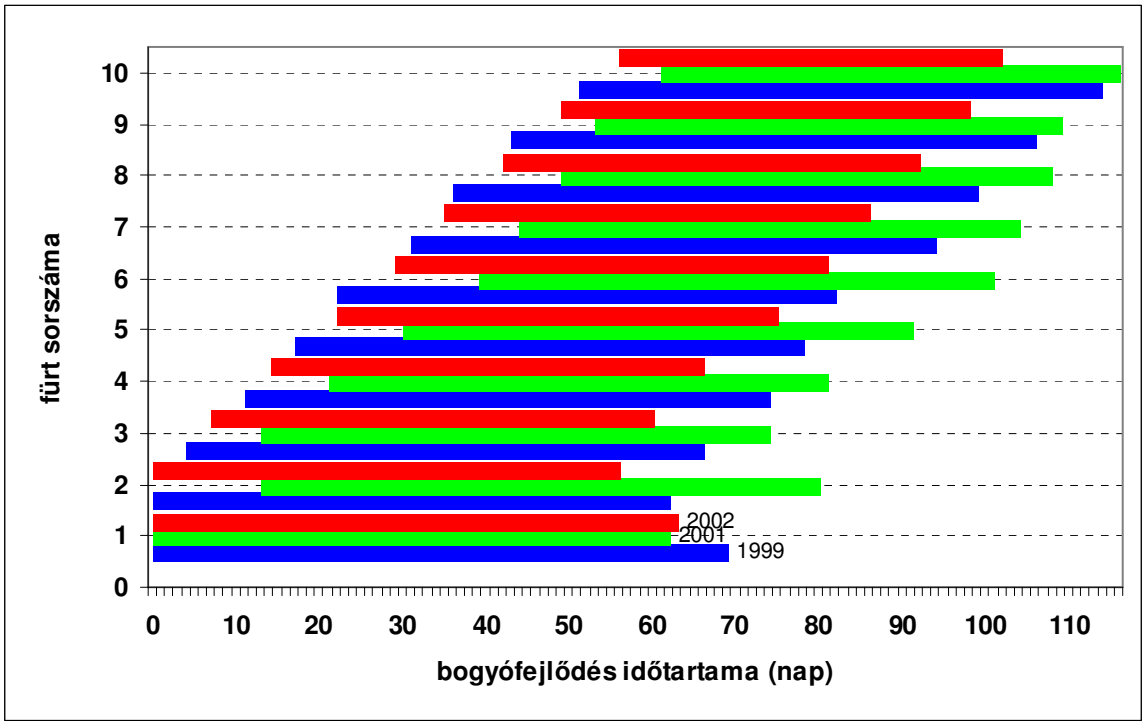
36. ábra A virágok és kötődött bogyók száma, az első tíz fürtön, a fajták átlagában, 2002-ben (±SE) (n=16)

A 19. táblázat az első 10 fürtemeletre vonatkozóan mutatja be a kötődött bogyók számát, a bogyófejlődés ütemét, illetve a bogyófejlődés során felhalmozódott hőösszeget.

19. táblázat A kötődés jellemzése, a fajták átlagában, 2002-ben, a szignifikáns differenciák értékeivel (P=0,05) (n=16)

	Kötött bogyók száma	A virágzás kezdetétől a betakarítás kezdetéig eltelt idő	Bogyófejlődés üteme	A bogyófejlődés alatt halmozódott hőmérséklet összeg
fürt	(db)	(nap)	(db nap^{-1})	(Σ°C)
1.	7,4	62	0,0161	1321
2.	7,7	55	0,0182	1180
3.	7,8	51	0,0196	1110
4.	7,8	51	0,0196	1100
5.	6,6	51	0,0196	1147
6.	6,3	50	0,0200	1178
7.	5,3	49	0,0204	1177
8.	4,7	48	0,0208	1173
9.	3,9	48	0,0208	1217
10.	4,2	44	0,0227	1164
átlag	**6,2**	**51**	**0,0198**	**1177**
$SzD_{5\%}$	2,1	13,5	0,0058	208

A bogyók fejlődése a folytonnövő paradicsomon mind a tíz fürtön együtt folyik, mivel lényegesen hosszabb időt vesz igénybe, mint virágzás. Az első fürt betakarításának kezdetekor általában a tizedik fürt bogyói már elkezdik fejlődésüket. A 37. ábra az egymást követő fürtök bogyófejlődésének időtartamát és időbeli eloszlását mutatja napokban, a virágzás első napjához viszonyítva, a fajták átlagában, a három kísérleti évben. Az ábrán, nyomon követhető, hogy a bogyófejlődés leggyorsabban 2002-ben zajlott le, 51 nappal az első virág nyílása után a tizedik fürtről betakarítottuk az első bogyót. 1999-ben 60, 2001-ben, pedig 58 napnak adódott az első tíz fürt átlagos bogyófejlődési időtartama. A bogyófejlődés időtartama teljesen ellentétes tendenciát mutatott, mint a virágzás időszaka. Minél rövidebb volt a virágzás időtartama, annál hosszabb volt a bogyófejlődés, a tíz fürt viszonylatában.



37. ábra A bogyófejlődés időtartama az első 10 fürtön, az első virág nyílásától (n=60)

A fürtönként kialakult terméskezdemények száma, vagy a bogyófejlődés időtartama nem alkalmas arra, hogy objektíven összehasonlíthassuk a bogyófejlődés fürtök közötti, vagy teljes növényre vonatkoztatott menetét.

A fürtökön belüli bogyófejlődés jellemzésére a bogyófejlődés átlagos ütemét (**bf**) használtuk, ami a virágzáskezdet, és a betakarítás-kezdet különbségének reciproka (db nap^{-1}). A bogyófejlődés átlagos ütemének kiszámítása egyszerű és a kapott viszonyszám könnyen értelmezhető. Általában megállapítható, hogy az első fürt bogyója fejlődik a leghosszabb ideig, a hetedik fürtemelettől kezdve, pedig megfigyelhető a bogyófejlődés átlagos ütemének csökkenése. Ez az a fejlettségi állapot, amikor a növényen már érett bogyók is megtalálhatók.

A három kísérleti évben a bogyófejlődés átlagos üteme 0,0147-0,0227 db nap^{-1} között változott, ami azt jelenti, hogy az adott bogyónak mintegy 44-68 nap volt szükséges a teljes kifejlődéshez. A bogyófejlődés átlagos üteme és a napi átlaghőmérsékletek között, P=0,02 szignifikancia szinten sikerült statisztikailag igazolható összefüggést találni (y=0,0011x-0,0059; r^2=0,54).

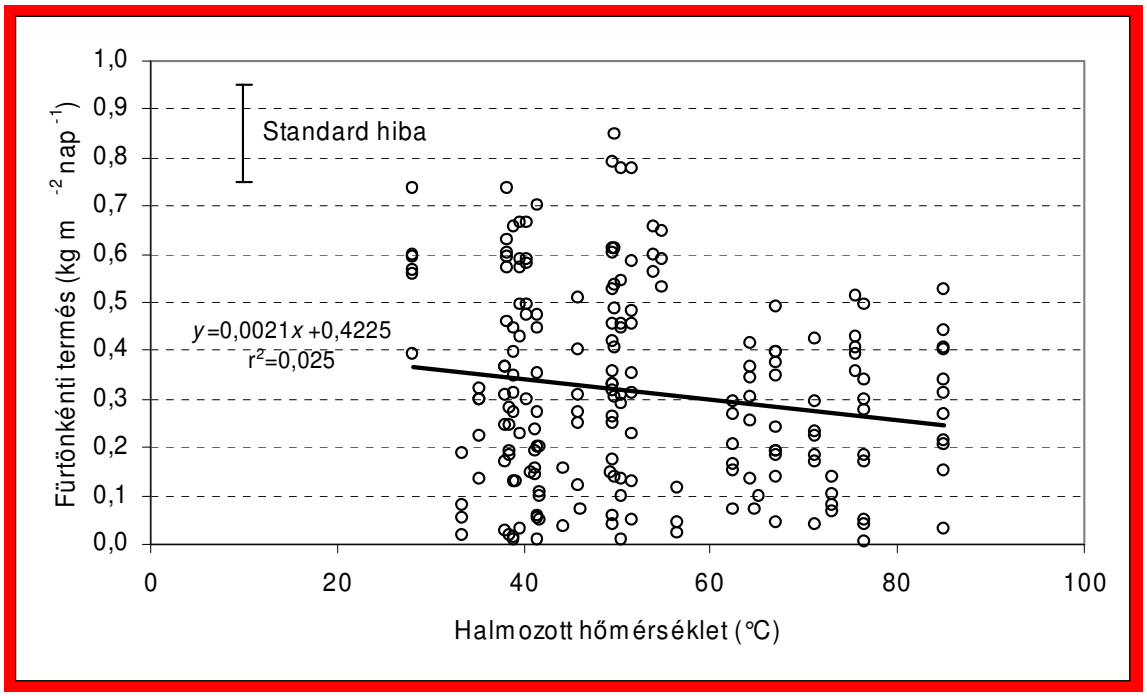
A bogyófejlődés átlagos üteme 0,0011 db nap^{-1} °C^{-1} arányban változott, az általunk mért 19-24 °C-os hőmérsékleti intervallumban, ami azt jelenti, hogy a napi átlaghőmérséklet 1 °C-os emelkedésének hatására, átlagosan 3,5 nappal rövidebb idő alatt fejlődik ki egy

bogyó. A bogyófejlődés átlagos üteme 0,0171 db nap^{-1} értéket mutatott a három kísérleti év átlagában, ami azt jelenti, hogy egy bogyó kifejlődéséhez átlagosan 58 nap szükséges. A lineáris regressziós függvény 20 °C-on 0,0155 db nap^{-1} értéket mutat, ami közel azonos (0,0171 db nap^{-1}) a de Koning (2001) által mért bogyófejlődés ütemével. A hőmérséklet emelkedésének a hatása (0,0011 db nap^{-1} °C^{-1}) is hasonló értéket mutat, mint de Koning (2001) 0,001 db nap^{-1} °C^{-1}, méréseinek esetében. Minél magasabb volt a napi átlaghőmérséklet, annál gyorsabb volt a bogyófejlődés. A bogyófejlődés átlagos üteme, tehát alkalmas a folytonnövő paradicsom terméshozásának jellemzésére.

A lineáris és hiperbolikus összefüggésen alapuló bogyófejlődési szimulációs modelleket Pék Zoltán Ph. D értekezése részletesen tartalmazza.

5.2.1.2. Hőmérséklet hatása az érés dinamikájára hajtatásban

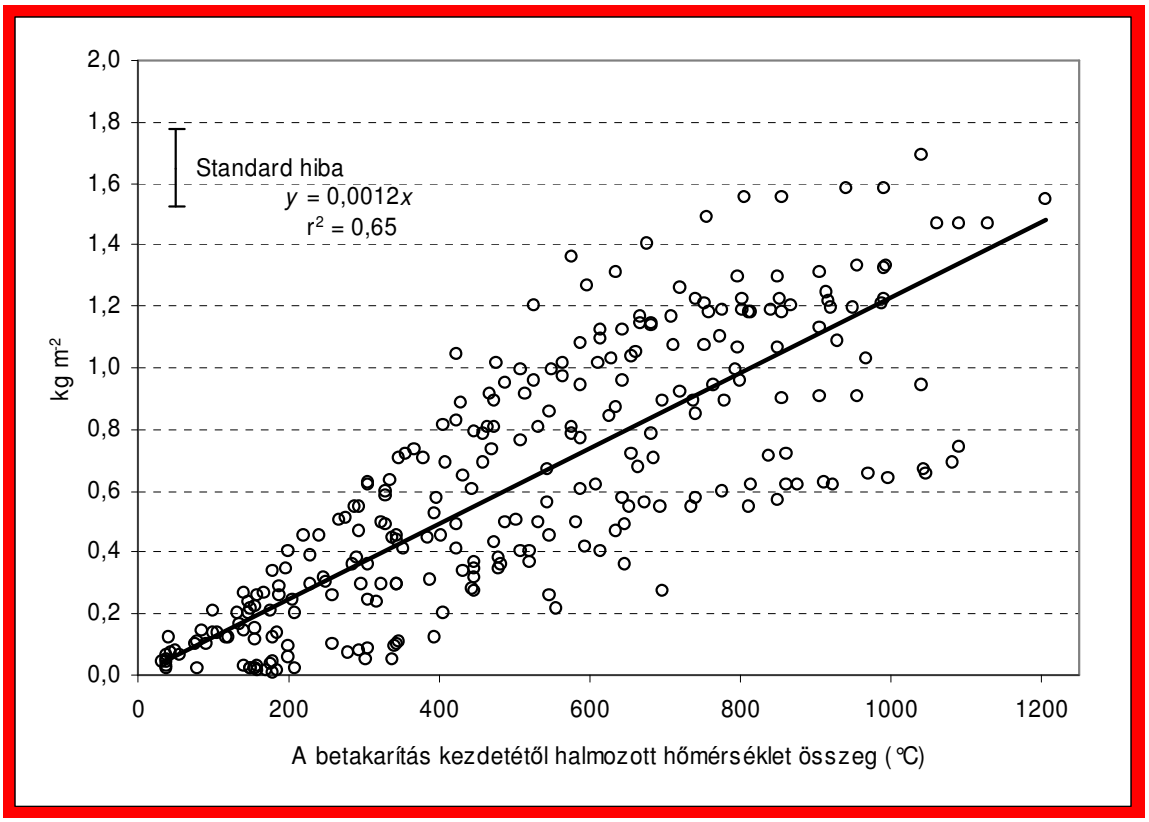
Az érés üteme és a hőmérséklet között hasonló összefüggést kerestünk, mint a virágzás és a bogyófejlődés esetében. Mivel minden fürtöt eltérő számú szedési időponttal tudtunk csak betakarítani, ezért statisztikai vizsgálatot nem sikerült végezni abból a szempontból, hogy a fajták, vagy a fürtök különböznek-e egymástól az érés fürtönkénti ütemében, vagy a közben halmozott hőmérsékletösszegben. Az eredményeket a 2001. év adataival mutatom be, mivel ebben az évben hetente 3 alkalommal történt betakarítás, összesen 39 szedési időpont állt rendelkezésre. 2001-ben összesen 193 szedési eredményt használhattunk fel a további vizsgálatokra. A szedési időpontok közötti hőmérsékletek összegének függvényében ábrázolva az érés ütemének átlagértékeit, nem tudtunk kimutatni statisztikailag igazolható (r^2=0,025) összefüggést ezt mutatja be a 38. ábra.



38. ábra Az első tíz fürt érési üteme (kg m^{-2} nap^{-1}) az előző szedési időponttól a következő szedési időpontig halmozott hőmérsékleti összegek függvényében, 2001-ben (n=193)

A legszorosabb kapcsolat az egy betakarítási időintervallummal a betakarítás kezdettől halmozott hőmérséklet összeg viszonylatában volt (39. ábra). Az ábra jól szemlélteti, hogy a fürtön belüli termés érésdinamikája telítődési függvény szerint változik, végösszege a kifejlődött termések számától és átlagtömegétől függ. Az összefüggést lineáris regressziós

függvénnyel írtuk le a könnyebb kezelhetősége miatt, mivel ezt találtuk alkalmasnak arra, hogy a termésdinamika modellben alkalmazzuk és érés (**e**) modellnek neveztük el. A modell leírását részletesebben Pék Zoltán Ph.D értekezése tartalmazza.



39. ábra Az első tíz fürtemelet szedésenként halmozott terméseredménye a betakarítás kezdetétől a szedési időpontokban halmozott hőmérsékleti összegek függvényében 1999, 2001 és 2002-ben (n=273)

Az összefüggésekből megállapítottam, hogy a halmozott hőmérsékleti összegek menetéből nehezebb pontosan következtetni az érés menetére, mint a többi fenológiai fázis esetében.

5.2.1.3. A léghőmérséklet hatása a beltartalmi paraméterekre

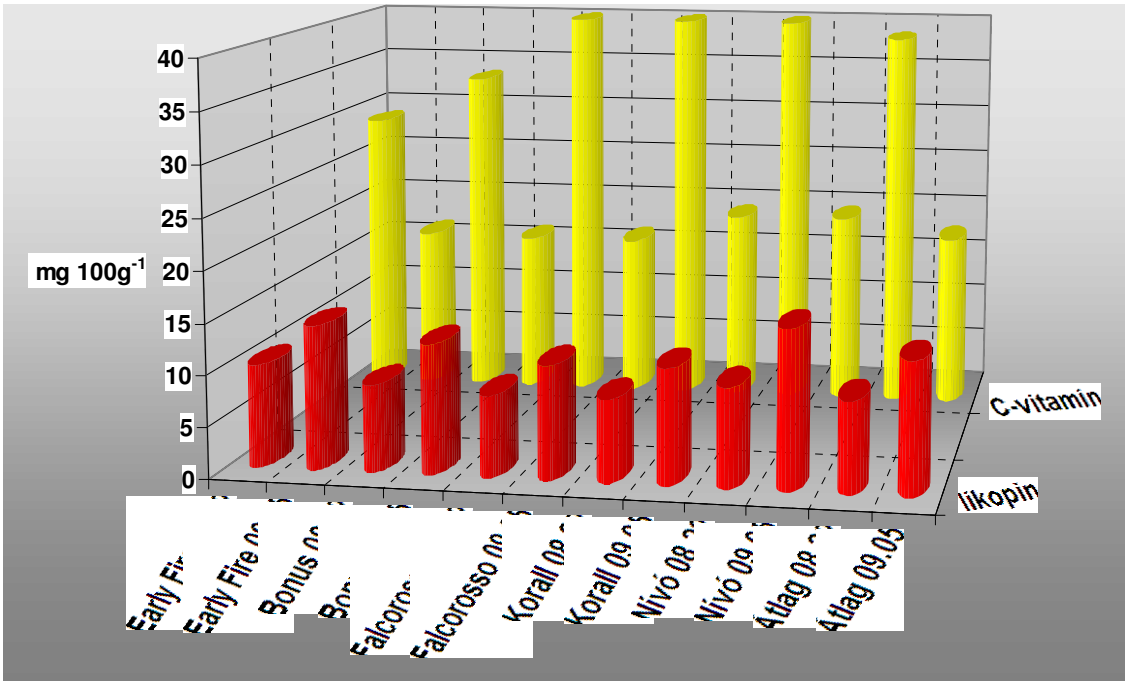
Az 5 ipari fajtával végzett kísérletünk lehetőséget nyújtott arra, hogy a két eltérő szedési időponttal (08.22. és 09. 05.), amelyet alapvetően más hőmérsékleti viszonyok előztek meg megvizsgáljuk a paradicsom két legfontosabb antioxidáns (likopin és C-vitamin) tartalmának alakulását. A 20. táblázat és a 40. és 41. ábrák ezeket az eredményeket mutatják be. A fajták átlagos likopin tartalma 81 és 155 mg/kg között ingadozott. Az első szedés átlaga 88,7, míg a másodiké 129,4 mg/kg volt, tehát a likopin tartalom a második szedéskor az 5 fajta átlagában 46 %-kal magasabb volt. A szeptember 05-én történő betakarítás során egyébként minden fajta likopin tartalma jelentősen meghaladta az első szedésnél mért értékeket. Teljesen azonos termesztéstechnológiai és ökológiai feltételek mellett a likopintartalommal szemben a C-vitamin tartalom teljesen ellentétesen alakult. Minden fajta C-vitamin tartalma a 2. szedéskor volt a legalacsonyabb. Az 5 vizsgált fajta átlagos C-vitamin tartalma több mint 50 %-kal csökkent a 2. szedéskor. Ezen értékek kialakulását, a betakarítást megelőző 10-14 nap hőmérséklet alakulása indokolja. Az első szedést (08.22.) megelőző két hétben a napi maximum hőmérséklet 8 esetben elérte vagy meghaladta a likopin bioszintézise

szempontjából kritikus 30 °C-t. Erre az időszakra vonatkoztatva a napi maximumok átlaga 28,5 °C, a napi minimumok átlaga 16,6 °C és a napi középhőmérsékletek átlaga pedig 22,5 °C volt. A 14 napból 4 nap esett csapadék. Ezzel szemben a második szedést (09.05) megelőző két hét során a napi maximum hőmérséklet egy nap sem haladta meg a 30 °C-t. A 14 nap alatt 9 nap volt, amikor a napi maximum 15-25 °C között alakult. Erre az időszakra vonatkoztatva a napi maximumok átlaga 23,3 °C, a napi minimumok átlaga 13,4 °C és a napi középhőmérsékletek átlaga, pedig 18,4 °C (41. ábra). Tehát ez az időszak 4-5 °C-kal volt hűvösebb, mint az első szedést megelőző 2 hét. Tehát a betakarítást megelőző 10-14 nap, amely a termés beltartalmi összetevőinek kialakulása szempontjából kritikus időszaknak tekinthető. Ha a hőmérséklet alacsony, akkor az kedvez a likopin kialakulásának, viszont a C-vitamin tekintetében ez ellentétes hatást váltott ki.

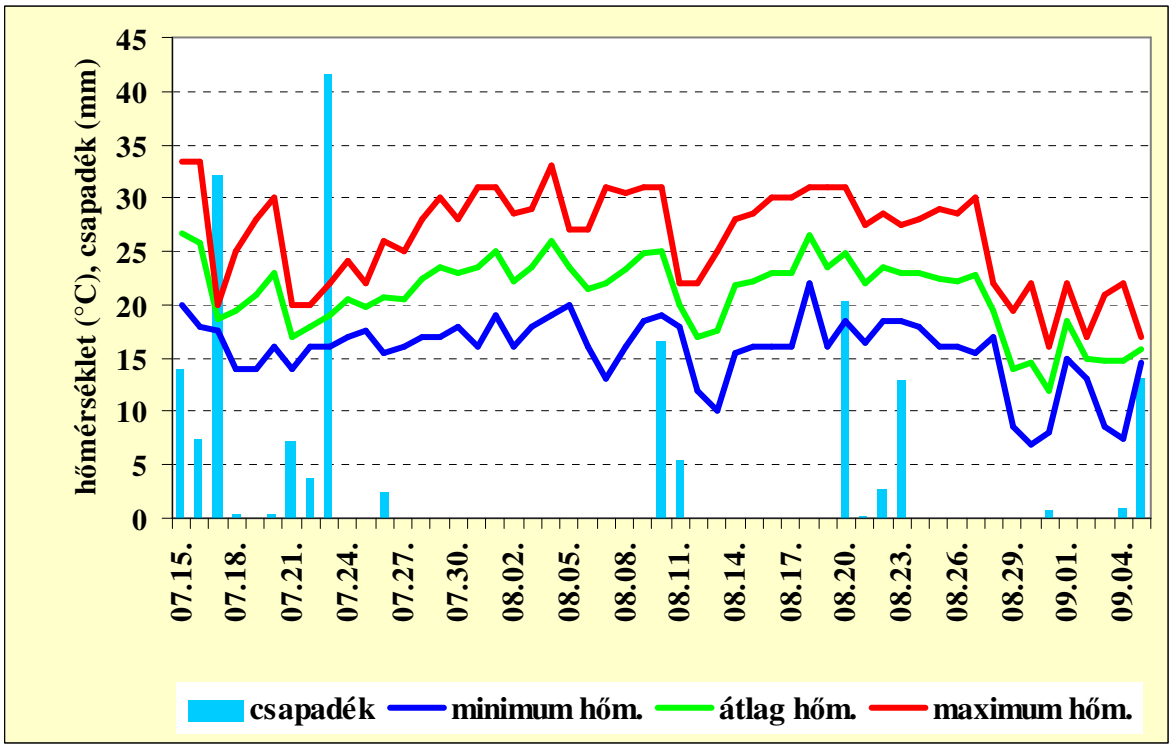
20. táblázat A vizsgált fajták likopin és C-vitamin tartalmának alakulása a betakarítás időpontjától függően

	likopin (mg kg^{-1})		C-vitamin (mg kg^{-1})	
	Betakarítási idő		Betakarítási idő	
Fajták	08.22	09.05	08.22	09.05
Early Fire	101,0±2,1	140,5±1,7^{a}	287±10,7^{a}	163±35,2
Bonus	85,2±0,3	127,0±2,8^{ab}	334±60.0^{ab}	161±29,7
Falcorosso	79,7±1,7	111,3±2,8^{b}	415±49,6^{bc}	162±24,8
Korall	81,0±1,5	113,0±0,7^{b}	447±105,5^{c}	191±28,9
Nívó	97,0±1,8	155,0±1,4^{a}	442±28,2^{c}	193±54,5
Átlag	**88,7**	**129,4**	**384,8**	**174,0**
LSD	34,4		101,7	

Az azonos oszlopban a különböző betűvel való jelzés 5%-os szinten szignifikáns különbséget jelent, ahol nincs betűjelzés ott nem találtunk szignifikáns eltérést.



40. ábra A likopin és a C-vitamin alakulása a két eltérő betakarítási időpontban



41. ábra A napi hőmérséklet és a csapadék alakulása a tenyészidőszak alatt

A különböző zöldségfajok esetében az aktív hőegység felhalmozódását és annak hatását a növekedésre, fejlődésre, valamint a beltartami paraméterek alakulására számos kutató vizsgálta. Perry és munkatársai (1986; 1997) több hőegység-számítási módszert dolgoztak ki és hasonlítottak össze. Ezek közül az un. csökkentett „plafon" módszer alapján halmozott hőegység-számítási módszer segítségével értékeltük a likopin és HMF tartalom alakulását.

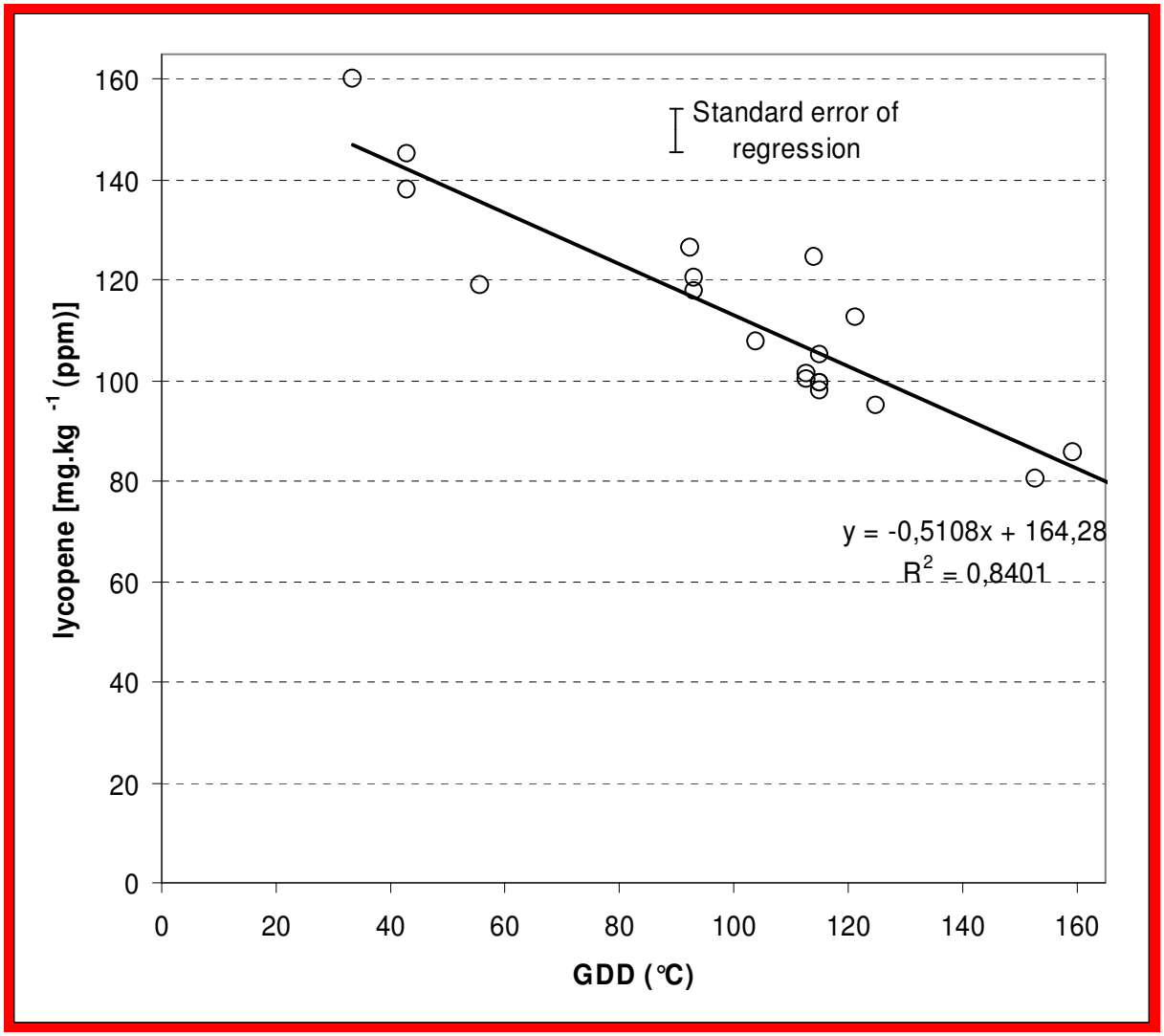
Ebben az estben a hőegység halmozása a következők szerint történt:

GDD (growing degree-day)= Σ [(Tc- (Tm-Tc)- Ta] Tm > Tc

ahol: Tc = un. „plafon" hőmérséklet (a megengedhető maximum)
Tm = az adott nap maximum hőmérséklete
Ta = napi alaphőmérséklet (általában az adott faj biológiai nulla pontja)

A likopin–tartalom értékelésénél alaphőmérsékletnek 10 °C-ot, az un. plafon hőmérsékletnek pedig 32 °C-ot tekintettük és ennek megfelelően végeztük a hőegység felhalmozását, a betakarítást megelőző 10 napra vonatkozóan. Tehát ha egy nap a maximum hőmérséklet pl. 34 °C volt akkor erre a napra az alábbi hőegység jutott: 32-(34-32)-10= 20 °C

Ez alapján a betakarítást megelőző 10 nap hőmérsékleti hatásának értékelésére felhasznált GDD értékek és a bogyók likopin-tartalma között nagyon szoros **negatív** szignifikáns (P=0,001) kapcsolatot mutattunk ki (42. ábra).

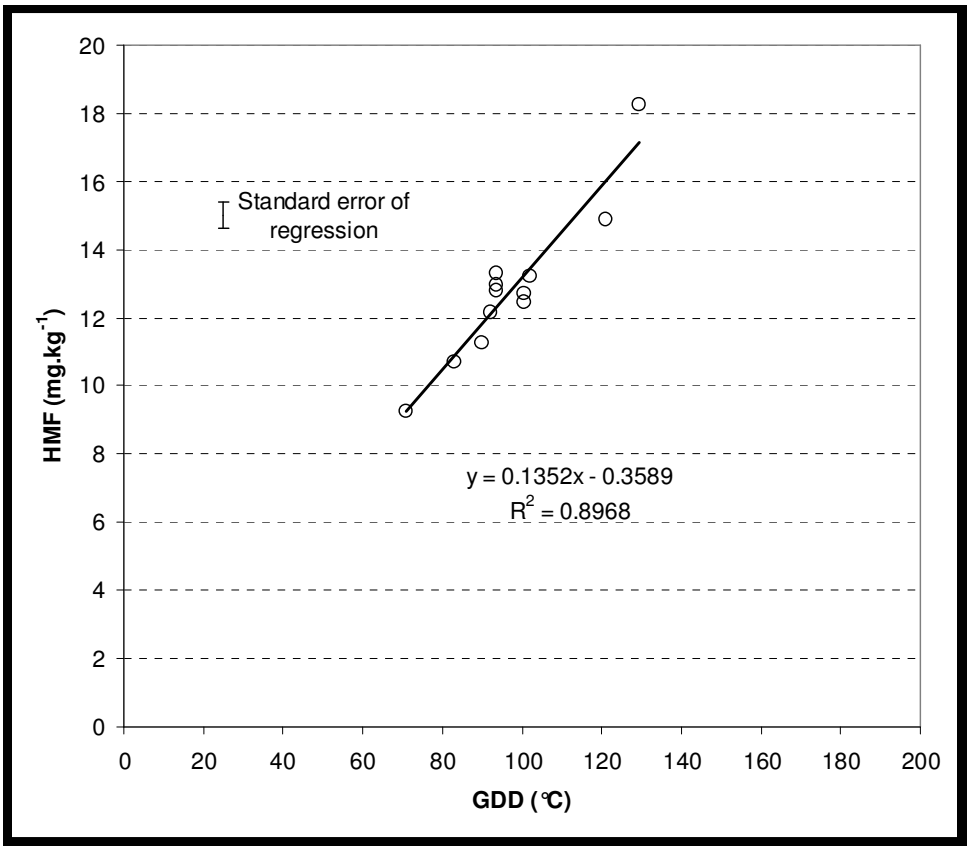


Helyes et al., (2006)

42. ábra A likopin-tartalom és a halmozott hőegység (GDD-growing degree day) közötti kapcsolat (Fajta:Early Fire 2001-2002)

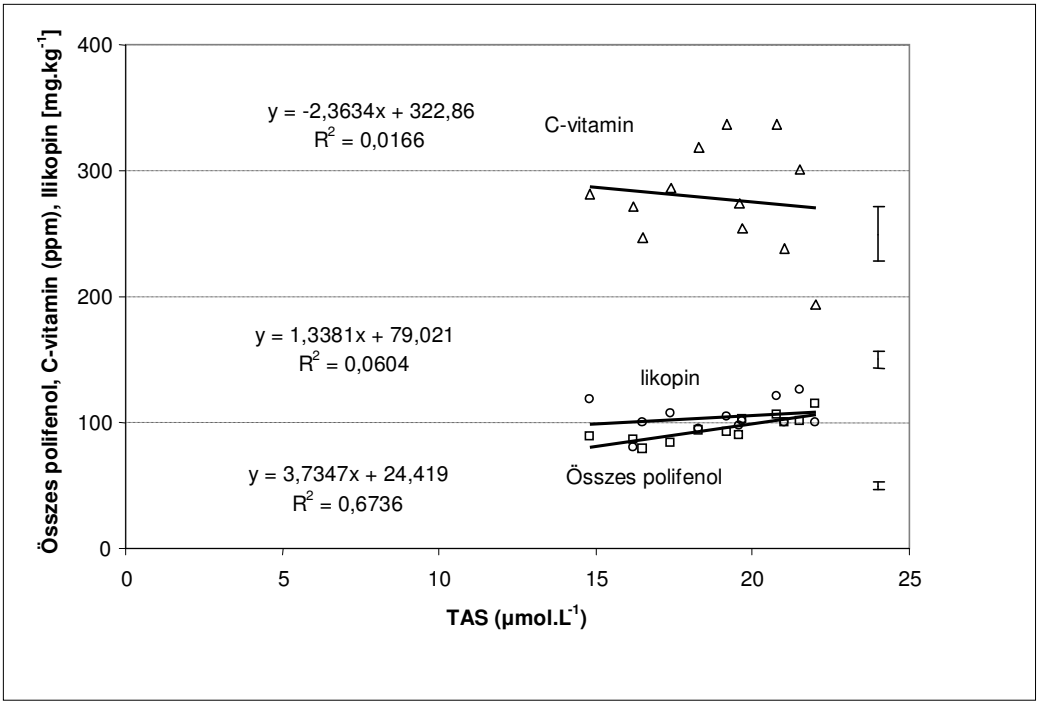
Teljesen megegyező hőegység-halmozási módszerrel, de más hőmérsékleti plafon-értékkel számolva (ez az érték itt 24 °C volt) kerestük a bogyóérés utolsó 10 napjának hőmérsékleti viszonyai és a bogyók HMF tartama közötti kapcsolatot. Arra a következtetésre jutottunk, hogy nagyon szoros **pozitív** (R^2= 0,9) összefüggés van a HMF tartalom és a GDD értékek között. Tehát ebben az időszakban minél magasabb a hőmérséklet, annál nagyobb lesz a friss bogyók hidroximetil-furfural tartalma (43. ábra).

Értékeltük az érett bogyók antioxidáns kapacitását (TAS), illetve azt, hogy a vizsgált antioxidánsok (likopin, összes polifenol, C-vitamin) a TAS értékével milyen kapcsolatban van. Arra a következtetésre jutottunk, hogy az összes polifenol tartalom nagyon szoros korrelációt (r=0,82) mutat a TAS értékeivel, viszont a likopin- (r=0,24) és C-viatamin (r=0,13) tartalom tekintetében nem találtunk ilyen összefüggést (44. ábra).



Helyes et al., (2006)

43. ábra A HMF-tartalom és a halmozott hőegység (GDD-growing degree day) közötti kapcsolat (Fajta:Early Fire 2002)



Helyes et al., (2006)

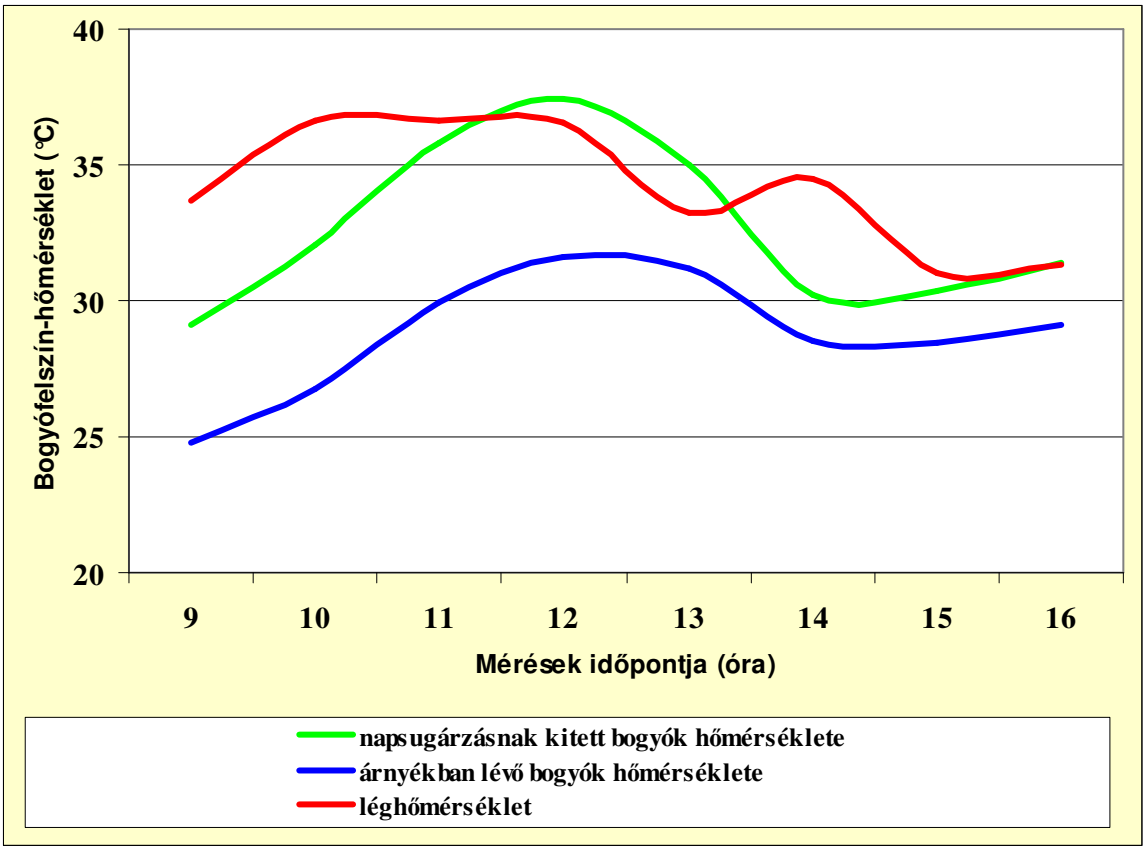
44. ábra A vizsgált antioxidánsok és a TAS kapcsolata

5.2.1.4. A bogyófelszín-hőmérséklet alakulásának hatása a beltartalmi paraméterekre

Hajtatásban és szabadföldi támrendszeres termesztésben is általában folytonnövő hibrideket használunk, amelyeket a termesztés időtartamától függően néhány méter magasra felvezetünk. A termőterület tájolásától függően a napnak kitett oldalon fejlődő bogyók hőmérséklete valószínűleg lényegesen meghaladhatja az árnyékos oldalon lévő bogyókét és ez feltehetően a beltartalmi összetevőkben is megnyilvánul. Tehát feltételezhető, illetve feltételeztük, hogy ezen termesztési módok esetében a léghőmérsékleti és a sugárzási értékek ismerete még nem nyújt elégséges információt a bogyók beltartalmi paramétereinek jellemzésére. Ezen hipotézis alapján hajtatásban és szabadföldi támrendszeres termesztésben egy kézi infravörös távhőmérő (Raynger II.) segítségével meghatároztuk a bogyók felszínhőmérsékletét. Ilyen típusú méréseknél a vizsgált bogyók kiválasztását körültekintően kell elvégezni. Első szempont volt, hogy azonos érettségi stádiumban legyenek a bogyók. A már zsendült bogyókat választottuk ki, mert egy 10-14 napos mérési időtartam során a mérések végére ezek a bogyók már teljesen beérhetnek. A következő szempont a bogyók mérete volt, azonos méretű (tömegű) bogyókat próbáltunk kiválasztani, mert eltérő méretű bogyóknak különböző a hőleadó, illetve felvevő képességük. A harmadik szempont, ami talán a leglényegesebb, a paradicsom bogyók elhelyezkedése volt. A kísérlet lényege, hogy különböző mennyiségű sugárzásnak legyenek kitéve a kijelölt bogyók. Mindkét esetben, négy ismétlésben három-három bogyót választottunk ki.

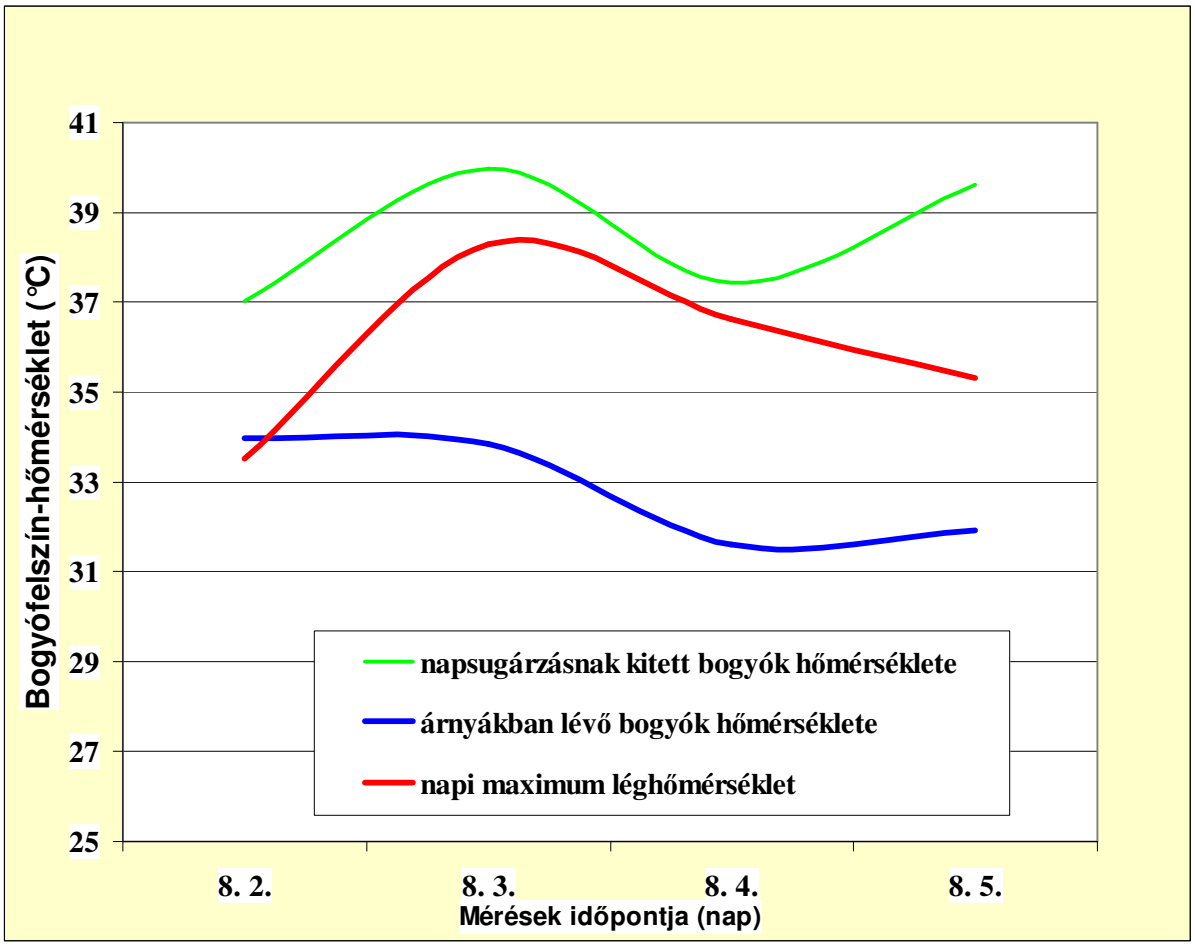
Tavaszi hajtatásban végzett kísérletünk eredményei

Richel típusú növényházban a léghőmérséklet és a PAR értékek mellett meghatároztuk a napnak kitett és az árnyékban lévő bogyók felszínhőmérsékletének napi dinamikáját. A sugárzás mértéke jelentősen eltér a növénysorok különböző oldalai között. A nagyobb besugárzást kapott bogyóknál az értéke meghaladta a 900 µmól m^{-2} s^{-1}-ot, míg az ellentétes oldalon még a 260 µmól m^{-2} s^{-1}-ot sem érte el, így a különbség több mint 72%.-os volt. A bogyók napi hőmérséklet változását a 45. ábra segítségével követhetjük nyomon. A magasabb besugárzást kapott bogyók felszínhőmérséklete magasabb, mint az alacsonyabb PAR érték esetén. A bogyók felszínhőmérséklete lassan követi az emelkedő léghőmérsékletet, és a maximumát körülbelül két óra késéssel éri el. A legmagasabb hőmérsékletet 12 órakor kaptuk, mely később meghatározta a napi mérések időpontját. Az adatok alapján a reggeli órákban kisebb volt a különbség, mint a maximum elérésekor. A likopin képződés szempontjából kritikus hőmérsékletet a napsugárzásnak kitett paradicsom bogyók már 10 órakor elérték és volt olyan, amelyik a 39°C-ig is melegedett, mely jóval meghaladja az optimális hőmérsékleti értéket. A déli maximum elérése után a bogyófelszín hőmérsékletek a léghőmérséklethez hasonló módon csökkennek. Megállapítható, hogy az árnyékban lévő bogyók felszínhőmérséklete nem, viszont a „közvetlenül" a napsugárzásnak kitett bogyók felszínhőmérséklete a déli órákban meghaladta a levegő hőmérsékletét is. Az árnyékban lévő bogyók felszínhőmérsékletei a nap során csupán 11 és 13 óra között haladták meg kismértékben a 30°C, de a legkritikusabb 32°C-ot nem érték el még délben sem, mikor a legmagasabb volt a sugárzás értéke.



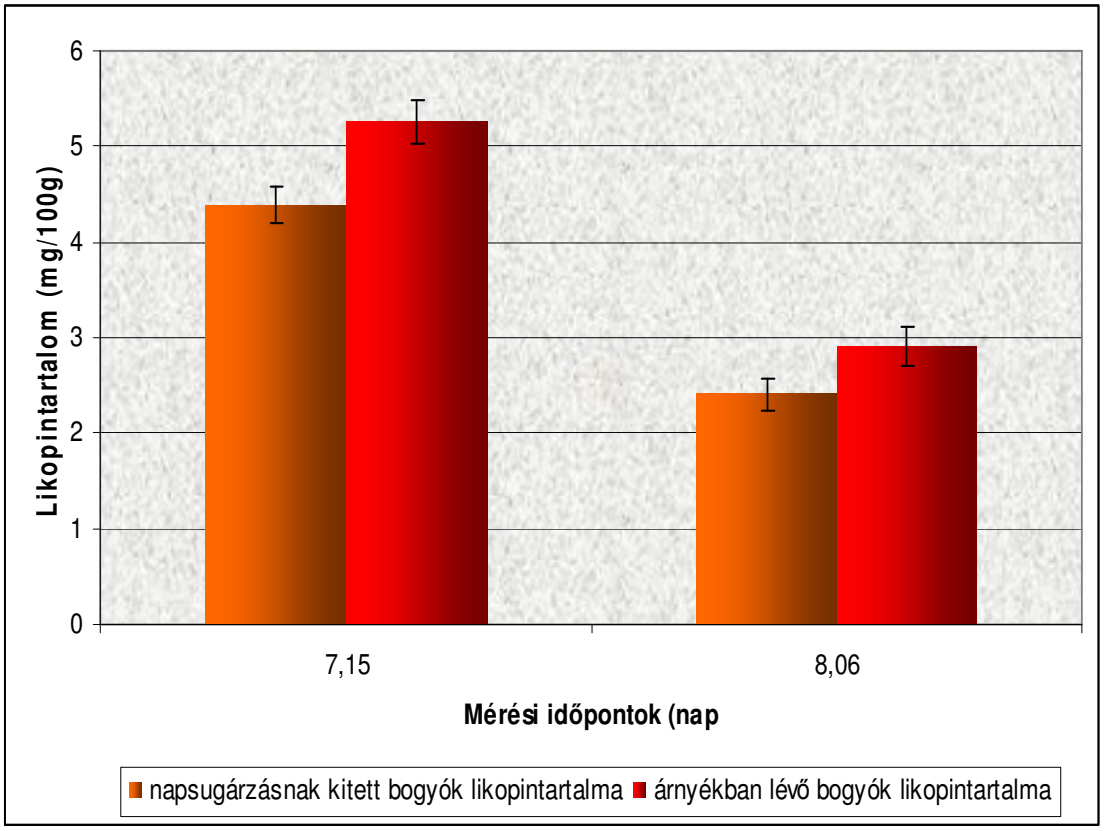
45. ábra Bogyók sugárzási-felszínhőmérsékletének óránkénti alakulása hajtatott körülmények között (mérés napja 2004. 07.15.)

Augusztus első napjaiban napi egyszeri alkalommal a déli órában (12 és 12^{30} között) is végzetünk méréseket. Ezt mutatja a 46. ábra. A szedést megelőző 4 nap során a közvetlen sugárzásnak kitett bogyók déli átlaghőmérséklete 37-40 °C között alakult és 2-4 °C-kal a léghőmérséklet felett voltak. Ezzel szemben az árnyékos oldalon fejlődött bogyók 2-5 °C-kal a léghőmérséklet alatt maradtak és 31-34 °C közötti hőmérsékletre melegedtek fel. Megállapítható, hogy a 4 nap során a sugárzásnak közvetlenül kitett bogyók felszínhőmérséklete a déli órákban átlagosan 6 °C-kal haladták meg az árnyékos oldalon fejlődő termések hőmérsékletét. Ez a hőmérsékletbeli eltérés feltehetően a beltartalmi összetevőkben is megnyilvánul különös tekintettel a likopintartalomra.



46. ábra Eltérő napsugárzásnak kitett bogyók felszínhőmérsékletének napi alakulása

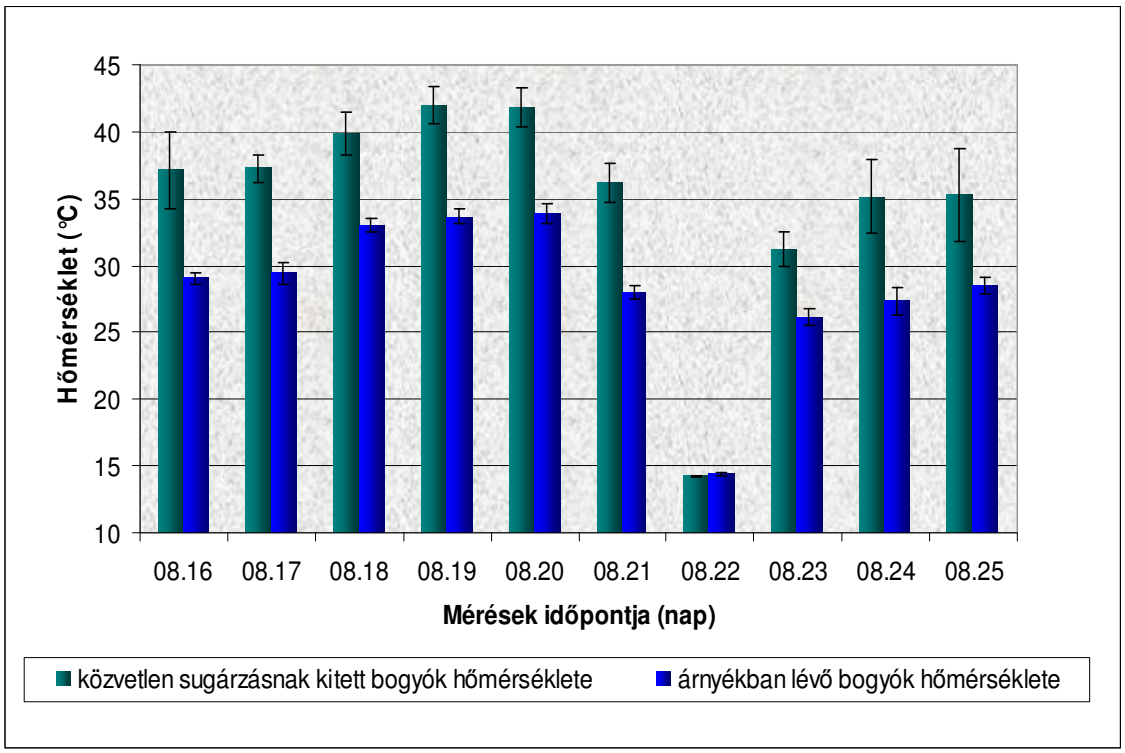
A növényházban végzett méréseket követően a likopintartalom vizsgálata következett. Az első mintákat július 15.-én szedtük, ez esetben a bogyófelszín hőmérséklet mérés időtartama csak egy nap volt, amikor a szedést megelőzően óránkénti méréseket végeztünk, de a minták kijelölésének szabályai megegyeztek a hosszabb időtartamú méréseknél leírtakkal. A közvetlen sugárzásnak kitett bogyók átlagos likopin tartalma 5,3, míg az árnyékos oldalon fejlődőké 4,4 mg/100g volt, tehát 20 %-os eltérést tapasztaltunk a likopin tartalomban a bogyók kitettségétől (hőmérsékletalakulásától) függően. Az augusztus 6-án reggel leszedett bogyók likopin tartalma nagyon alacsony volt (2,9 és 2,4 mg/100g), de itt is azok a bogyók, amelyek közvetlen sugárzást nem kaptak 20%-kal több likopint tartalmaztak. Ennek az alacsony színanyag tartalomnak alapvetően a nagyon magas hőmérséklet volt az oka, az árnyékos oldalon lévő bogyók esetében is a likopin szintézise már gátolt volt, kényszerérett terméseket kaptunk. Az 47. ábra tartalmazza a minták közötti mérési hibasávokat is, melyből kitűnik, hogy szignifikáns különbség van a két kezelés között.



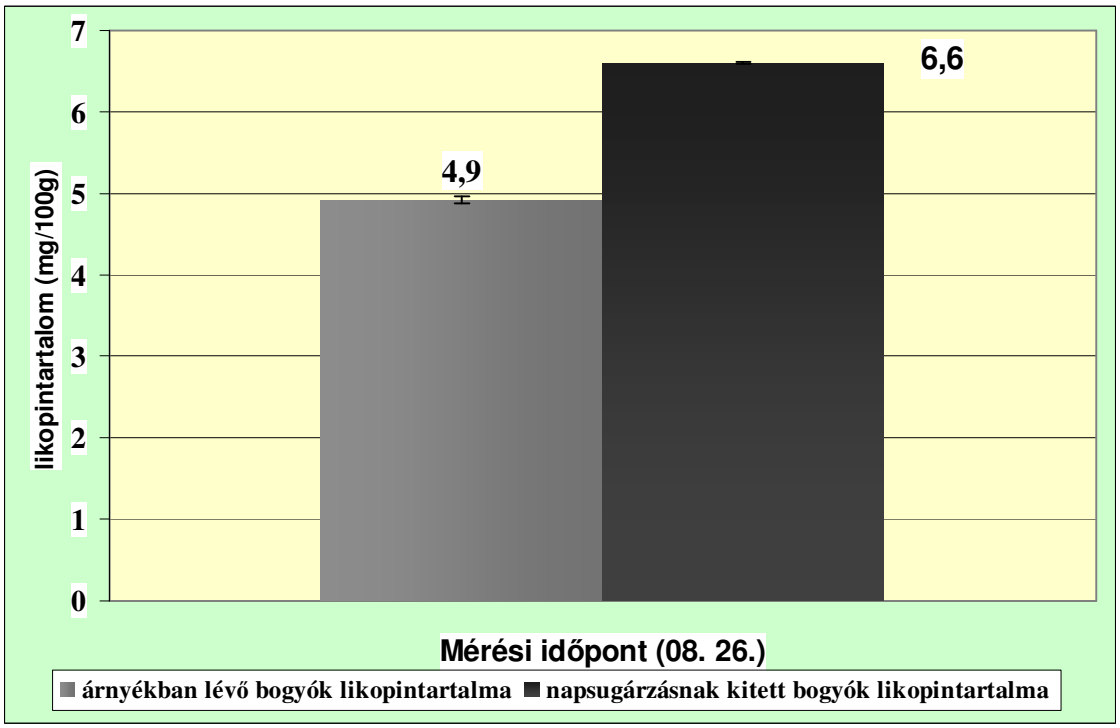
47. ábra Növényházban termesztett és az eltérő kitettségű bogyók likopintartalmának alakulása

Szabadföldi támrendszeres termesztésben végzett kíséreltek eredményei

A hajtatásban végzett méréseket tettük teljessé, illetve az ott kapott eredményeket erősítettük meg a támrendszeres körülmények között folytatott méréseinkkel. Az eltérő mértékű sugárzásnak kitett paradicsom bogyók felszínhőmérsékletének alakulását a 48. ábra mutatja. A 10 napos mérési időszakból augusztus 22.-e kivételével, amely csapadékos, borús és hűvös volt, viszont a többi nap meleg és napfényes. A mérési időszakból 8 nap a sugárzásnak kitett bogyók felszínhőmérséklete a déli órákban elérte, vagy meghaladta a 35 °C-t, két alkalommal, pedig a 40 °C-t is. Ezzel szemben az árnyékban lévő bogyók hőmérséklete egy alkalommal sem érte el a 35 °C-t, sőt 7 napon még a 30 °C-t sem. Az érés időszakában (10 napos mérés alatt) napsugárzásnak kitett bogyók átlagos felszínhőmérséklete 35 °C, míg az árnyékban lévőké csak 28 °C. Ilyen bogyófelszín-hőmérsékletalakulás mellett jelentős különbséget tapasztaltunk a likopin tartalomban (49. ábra). A közvetlen sugárzásnak kitett bogyók, amelyeknek az érése magasabb hőmérsékleten zajlott le, 35 %-kal alacsonyabb likopin- tartalommal rendelkeztek.



48. ábra Bogyók felszínhőmérsékletének naponkénti alakulása szabadföldi körülmények között, a szórásértékek feltűntetésével



49. ábra Az eltérő kitettségű bogyók likopin tartalmának alakulása szabadföldi támrendszeres termesztésben

Az 50. ábra lehetőséget ad arra, hogy az eltérő napsugárzást kapott paradicsom bogyók színváltozását követhetjük nyomon. Ugyanabban az időpontban rögzített képeken látszik, hogy a mintavételezés időpontjában (08.16.) a bogyók csaknem ugyanolyan színűek, érettségi állapotúak voltak. Hat nappal később (08.22.), az árnyékban lévő bogyó színezettsége már jobb, mint a közvetlen sugárzásnak kitetteké. A szedés időpontjában (08.26.) pedig az árnyékban lévő bogyó már teljesen pirosnak mondható, míg a másik csak narancssárga.

Tehát likopin mérés nélkül is megállapítható, hogy az árnyékban lévő bogyók esetében a piros színanyag kialakulása intenzívebb volt.

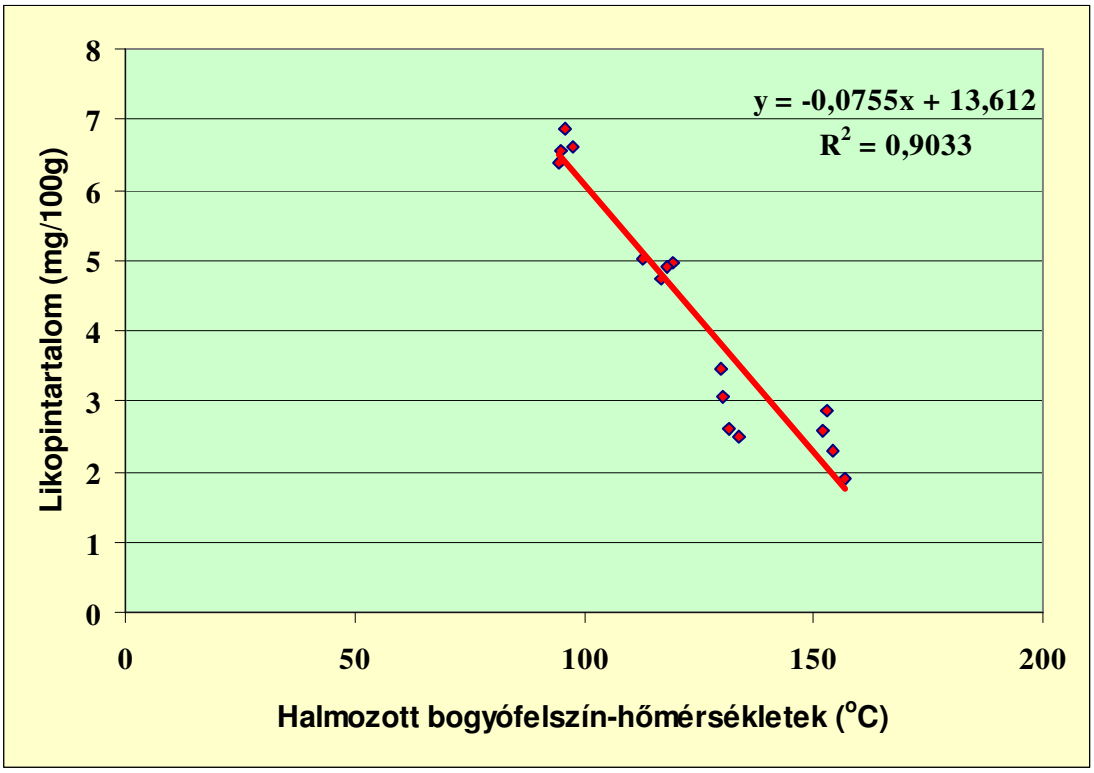
2004.08.16.

2004.08.22.

2004.08.26.

50. ábra Árnyékban lévő (bal oldali) és közvetlen sugárzásnak kitett bogyók (jobb oldali) színváltozása, ugyanazokban az időpontokban.

Kapcsolatot kerestünk nem csupán a napi, hanem a halmozott bogyófelszín hőmérséklet és a likopin tartalom között. A halmozott hőmérsékleti adatok, hajtatás és a támrendszeres termesztés esetén is az utolsó négy nap mérési eredményeit tartalmazzák. Az 51. ábra mutatja, hogy több mint 90%-os az összefüggés a bogyók felszínhőmérséklete és a likopin képződése között. Minél magasabb a hőmérséklet, annál kevesebb a likopintartalom.



51. ábra A paradicsom bogyók likopintartalma és a halmozott bogyó-felszínhőmérséklet összefüggése

5.2.2. Fény

A mesterséges és a természetes eredetű fény egyaránt elektromágneses természetű. Ennek a sugárzásnak a teljes spektruma látható, amelynek hullámhosszúsága 400-800 nm. Ez a tartomány az ibolyától a sötét vörösig terjed. Ugyanez a hullámhosszúságú tartomány, ami a növények asszimilációjában is szerepet játszik, ezt nevezzük fotoszintetikusan aktív tartománynak (PAR). A fény kapcsán alapvetően a megvilágítás erősségét és időtartamát vizsgálják. A fény intenzitásának emelkedésével a fotoszintézis sebessége lineárisan emelkedik, de egy meghatározott szint elérését követően a növelése már hatástalan. A fény alapvetően hat a növények növekedésére, fejlődésére, terméskép zésére, a tenyészidő hosszára és a termés beltartalmi összetevőire. Filius (1982) MTA doktori értekezésében a hőmérséklet mellett részletesen vizsgálta a fényenergia, fényellátottság hatását a zöldséghajtatásban.

5.2.2.1. A fény hatása a virágzás és kötődés menetére, dinamikájára hajtatási körülmények között

A virágzás a növény fejlődésében az a fenológiai fázis, amikor az adott növényfaj a vegetatív állapotból a generatív szakaszba tér át. Az ökológiai tényezők közül különösen a nappal hosszúsága és az alacsony hőmérséklet a meghatározó, amelyet fotoperiódus és vernalizáció néven ismerünk.

A fény korlátozó hatása alapvetően a zöldséghajtatásban jelentkezik. Ezért már 1991-től hajtatási körülmények között vizsgáltuk a fény hatását a paradicsom virágzására és kötődésére. A virágzás tekintetében a paradicsom egy autonóm növény, amely azt jelenti, hogy nincs szüksége különleges környezeti hatásokra ahhoz, hogy a generatív fázis elkezdődjön. Ez nem jelenti azonban azt, hogy a környezeti tényezőknek nincs hatása a virágzás bekövetkezésére, lezajlásának dinamikájára. Hazánkban a legkésőbbi kiültetési idő július 10. és augusztus 10. közé eshet őszi hajtatásnál. Az ennél későbbi ültetés a termésképzés szempontjából már kedvezőtlen, mivel november-december-január hónapokban a fényviszonyok zavarokat idézhetnek elő a paradicsom virágzásában, termésképzésében. Ezen ismeretek ellenére őszi hajtatásban két hónappal később, október 11-én ültettük ki a paradicsom palántákat fűtött üvegházba. A provokatív kísérlet célja az volt, hogy számszerűen is igazoljuk a fényhiány virágzásra, kötődésre gyakorolt hatását. A negatív időzítési példát bemutató kísérleti eredményeink lényege az alábbiakban foglalhatók össze:

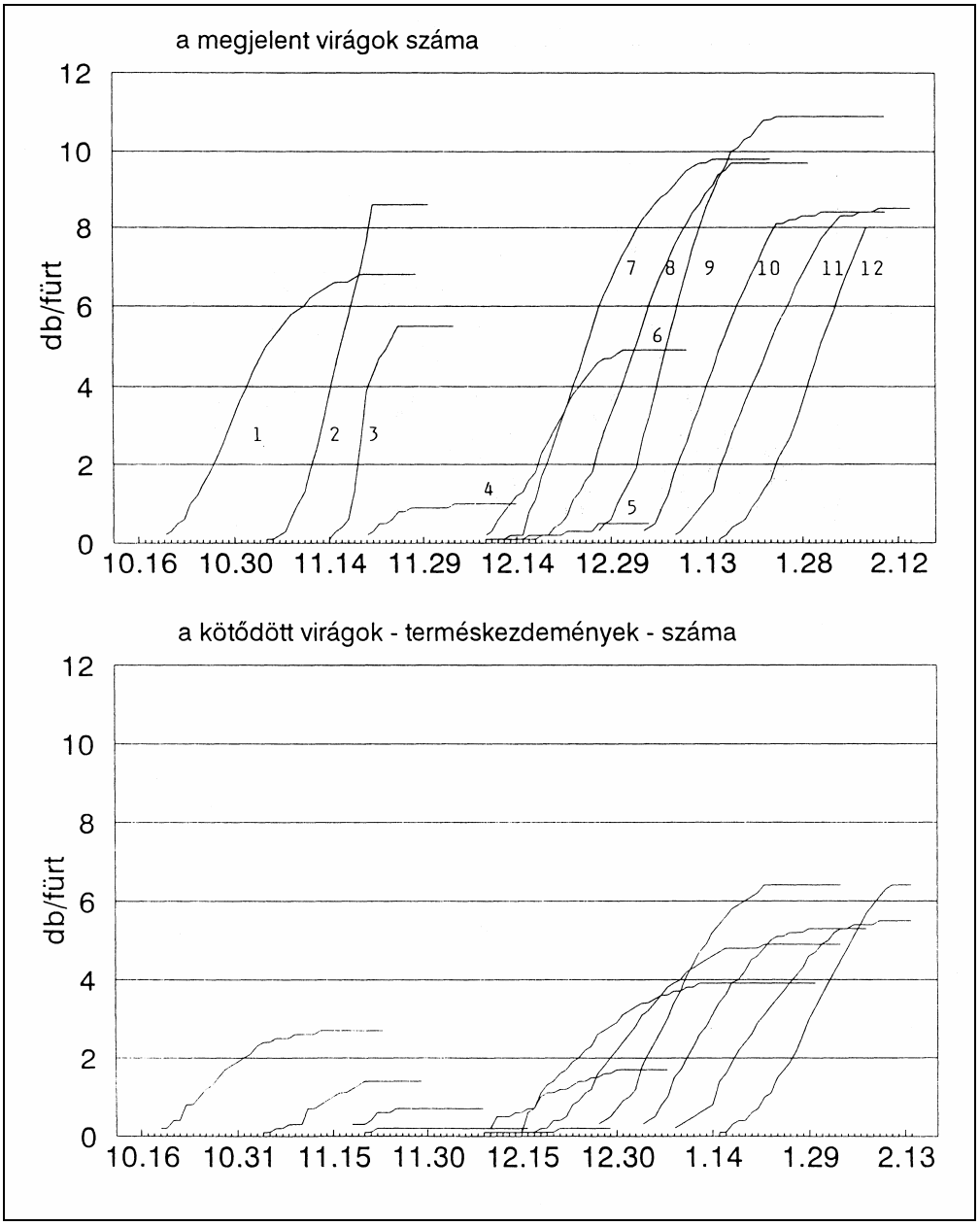
Virágzás lezajlása:

Az első fürtökön a virágzás október harmadik dekádjában kezdődött, viszonylag elfogadható ütemben. A második virágfürt virágzása ezt két hét múlva követte, a 20 vizsgált növényen gyorsan kinyílott fürtönként átlagban 8-9 virág. Amint a 52. ábra mutatja, a virágzás viszonylag jó ütemben indult. November közepétől a 3. fürt minden növényen kialakult és virágzott, de a virágok száma már jelentősen csökkent (4-5 db/fürt).

A virágzásban november 2. felétől nagyon erős depresszió következett be a 4.-5. fürtöknél. A Floriset fajtánál 20 növényből csak 8 növényen alakult ki a 4. fürt és csak 3 növényen virágzott az 5. fürt. A növények 60-85%-án a fürtök helyén csak egy fürtcsonk jelent meg, bimbó, illetve virág nélkül. A kialakult fürtökön is csak kevés virág képződött.

Az ábrákon jól kivehető, hogy november végétől hosszú időszakon keresztül a virágfürtök, virágok megjelenése teljesen gátolt volt.

December második felében a 6. fürt megjelenése a fényviszonyok javulását mutatta. A fürtök 80%-a kialakult 50%-os virágszámmal. Gyakorlatilag csak a 7.-12. fürt kialakulása, virágzása volt elfogadható január folyamán, bár az is elmaradt a kedvező körülmények között elvárható értéktől.



Helyes - Varga, (1994)

52. ábra A megjelent és a kötődött virágok fürtönként halmozott száma

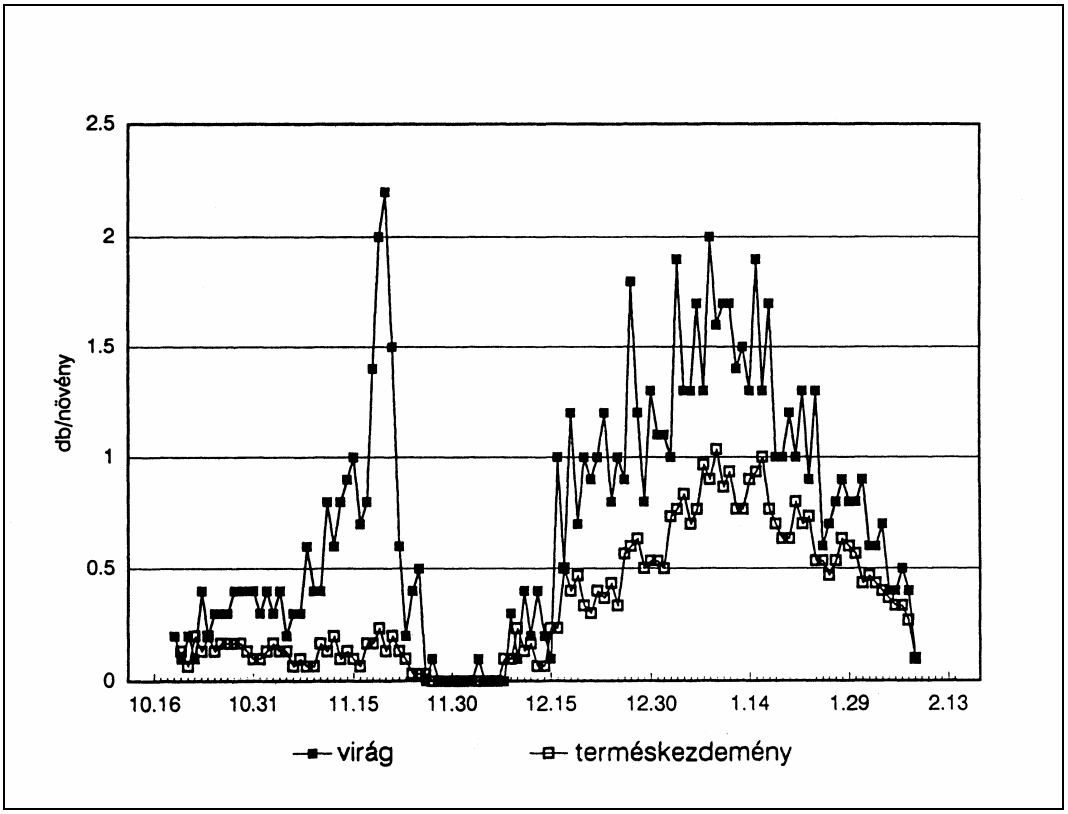
Gödöllő, 1991-1992. - Fajta: Floriset F_1

A terméskezdemények kialakulása

A megjelent virágok kötődése, a terméskezdemények kialakulásának menete még inkább jelzi a rossz fényviszonyok kedvezőtlen hatását. Az 1. fürtök virágai is rosszul kötődtek és a kötődési % egyre romlott októbertől az év végéig. Amint az 53. ábra is mutatja a 2.-6. fürtön kötődött bogyók száma 2 db/fürt alatt maradt. Megjegyzendő, hogy bár a bogyók növekedése megkezdődött, de a 30 g-os bogyótömeget alig érte el néhány bogyó az első hat fürtön. Tehát a drasztikusan alacsony virágszám és kötődési arány mellett még a kialakult bogyók is piacképtelennek minősíthetők.

A vizsgált időszakot tekintve januárban figyelhető meg nagyobb arányban a virágokból terméskezdemények kialakulása. A 7.-8. fürt virágának 44-50, a 9.-10. fürtön 56-63%, a 11.-12. fürtön 67%-a látszott megtermékenyülni, de kifejlett termés csak a virágok 32-37, illetve 48-50%-ából képződött.

A növényenként kialakult virágok, terméskezdemények számát együtt mutatja a 53. ábra. Itt különösen jól kiemelhető, hogy a bemutatott időszakban október közepétől január közepéig nagyon rossz virágzás és még rosszabb termékötődés várható.



Helyes - Varga, (1994)

53. ábra Az 1-12. fürtön naponta megjelent virágok és kötődésük

Gödöllő, 1991-1992. - Fajta: Floriset F_1

A kísérleti tapasztalatok rövid összegzése: őszi-téli rövid nappalos, borús időszakban kimutattuk, hogy

- a paradicsom virágfürtök kialakulása zavarokat szenved, sőt elmarad,
- a virágzatban torzulások lépnek fel,
- fokozottan csökken a virágok kötődése, mind azok számát, mind azok arányát tekintve,
- a kötődött bogyók növekedési zavarai miatt növekedésük korán befejeződik,
- október közepétől január közepéig zavartalan termés-kialakulással nem számolhatunk.

Természetesen nem csupán negatív időzítési példát bemutató hajtatásban vizsgáltuk a fényellátottság hatását a virágzás- kötődés- és az érés dinamikájára, hanem a hazai termesztési gyakorlatnak megfelelő időpontokban is.

Az őszi hajtatás során a hajtatott növények fejlődése, növekedése a tenyészidőszak előrehaladtával egyre kedvezőtlenebb fényviszonyok mellett történik. A fényintenzitás és a megvilágítás időtartamának hatása elsősorban a virágok és a pollen képződésében jelentős. Gyakorlati tapasztalat, hogy az őszi paradicsomhajtatásban október közepétől, végétől 7-8

héten át nem elegendő a fénymennyiség a virágfürtök zavartalan kifejlődéséhez (lásd előző kísérleti eredmények). A 21. táblázat őszi hajtatásban mutatja be a virágzás kezdetét és hosszát 9 fürtemeletre vonatkoztatva a 4 vizsgált fajta esetében.

21. táblázat A vizsgált fajták fürtönkénti virágzásának sajátosságai

Fajták	1		2		3		4	
Fürt szám	virágzás kezdete	virágzás hossza	virágzás kezdete	virágzás hossza	virágzás kezdete	virágzás hossza	virágzás kezdete	virágzás hossza
1	szept.05.	17,2	szept.13.	11,6	szept.12.	15,4	szept.14.	15,8
2	szept.15.	15,6	szept.19.	10,8	szept.20.	12,4	szept.21.	16,0
3	szept.23.	13,0	szept.26.	13,0	szept.25.	12,2	szept.25.	16,6
4	szept.29.	12,0	okt.02.	13,2	okt.01.	12,2	okt.04.	13,2
5	okt.07.	12,4	okt.09.	12,8	okt.07.	13,2	okt.12.	12,0
6	okt.14.	10,8	okt.14.	11,8	okt.14.	13,0	okt.18.	14,2
7	okt.21.	10,8	okt.22.	12,3	okt.24.	10,8	okt.25.	12,2
8	okt.30.	7,4	okt.30.	9,5	okt.27.	10,7	okt.31.	8,6
9	nov.06.	8,0	nov.02.	11,5	nov.04.	5,25	nov.08.	4,7
Átlag		**11,9**		**11,8**		**11,7**		**12,6**

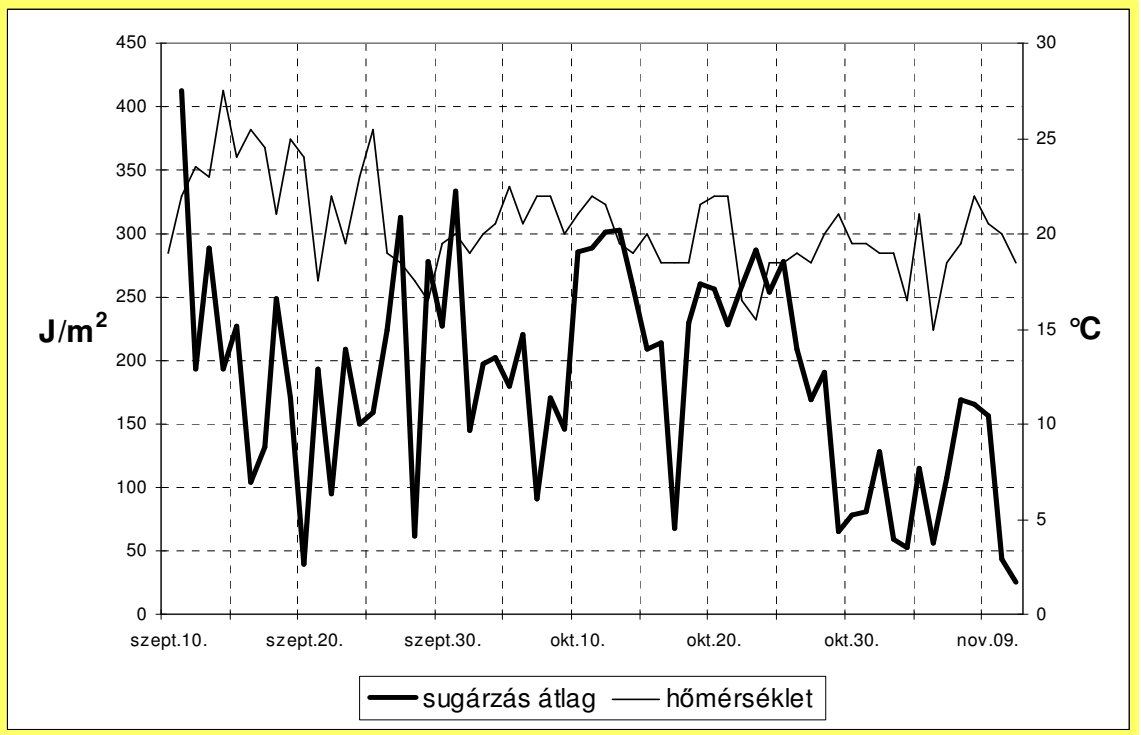
Helyes et al. (1998) alapján

A virágzás időtartama tekintetében a 9 fürt átlagára vonatkoztatva a vizsgált fajtajelöltek között nem találtunk szignifikáns különbséget. Ezért a későbbi virágzás paraméterek értékelését a 4 fajtajelölt átlagában adtam meg. Az átlagos virágzás időtartam a 4 fajtajelölt és a 9 fürt átlagában 12,0 nap volt.

A 22. táblázat a 4 fajta átlagában a virágzás kezdetét, végét, időtartamát mutatja be fürtönként, valamint a sugárzás erősségének és a napi középhőmérsékletnek az alakulását ezen időszak alatt. A mért adatokból megállapítható, hogy a vizsgált 20 növény átlagában legtovább, 15 napig az 1. fürt virágzott. Ezt követően egy enyhén csökkenő trend figyelhető meg a virágzás időtartamát tekintve. Viszont ezt a csökkenést nagyon körültekintően kell értelmezni, hisz a fürtök virágzásának időtartama nem fejezi ki egyértelműen a virágzás dinamikáját, nagyon fontos paraméter a fürtön belüli virágszám. Szeptember 11-én az első fürtök átlagos virágzásának kezdetén a sugárzás 410 J/m^2 volt, a későbbi virágfürtök (2.-6.) megjelenésekor a sugárzás erőssége kezdetben csökkent, különösen szeptember 15-25. között, de értéke átlagosan 200 J/m^2 körül alakult. Október 10-25. között a sugárzás erőssége nőtt, elérte, illetve meghaladta a 250 J/m^2-es értéket (54. ábra). Így ezen időszak alatt a 6. virágfürtök kialakulásának átlagos befejeződéséig (október 27.) a fény nem korlátozta a virágok kifejlődését. A felsőbb fürtszinteket (7., 8., 9.) vizsgálva a virágzás időtartama jelentősen csökkent, különösen a 9. fürtök esetében a kezdeti 15 napról 6-7 napra. Viszont ezeken a felsőbb fürtszinteken a rövidebb virágzási időtartam nem pozitív eredmény, hisz a rövidülés oka nem a koncentráltabb virágzás, hanem a kedvezőtlen fényviszonyok hatására kevesebb virágszámú fürtök jelentek meg. Ebben az időszakban (október vége, november első dekádja) a sugárzás átlagosan 100 J/m^2 alatt volt, de esetenként az 50 J/m^2-es értéket sem érte el, ami már nem tette lehetővé a zavartalan virágkifejlődést és virágzást. A 22. táblázatból az is jól látható, hogy az egyes fürtszintek 6-8 napos intervallum után alakultak ki. Fontos megjegyezni, hogy a táblázatban szereplő átlagértékeken, illetve időpontokban az 1-6. fürtszintekre vonatkozóan a fürtök 80-90%-a virágzott, míg a 7.-8.-9. fürtök esetében ez az érték jelentősen csökkent, ezeken a fürtszinteken a 20 növényre vonatkozóan jóval nagyobb arányban fordultak elő a szélsőértékek, ami szintén a kedvezőtlen fényviszonyokra és így a növényállomány virágzásának kiegyenlítetlenségére és elhúzódására utal.

22. táblázat A virágzás kezdete, vége és időtartama a 9 fürt esetében

Fürt sorszám	Virágzás kezdete	Virágzás vége	Virágzás hossza (nap)
1.	szeptember 11.	szeptember 26.	15,0
2.	szeptember 19.	október 3.	13,7
3.	szeptember 25.	október 9.	13,7
4.	október 1.	október 13.	12,6
5.	október 9.	október 21.	12,6
6.	október 15.	október 27.	12,4
7.	október 23.	november 3.	11,5
8.	október 30.	november 7.	8,3
9.	november 5.	november 11.	6,7



Helyes et al. (1998) alapján

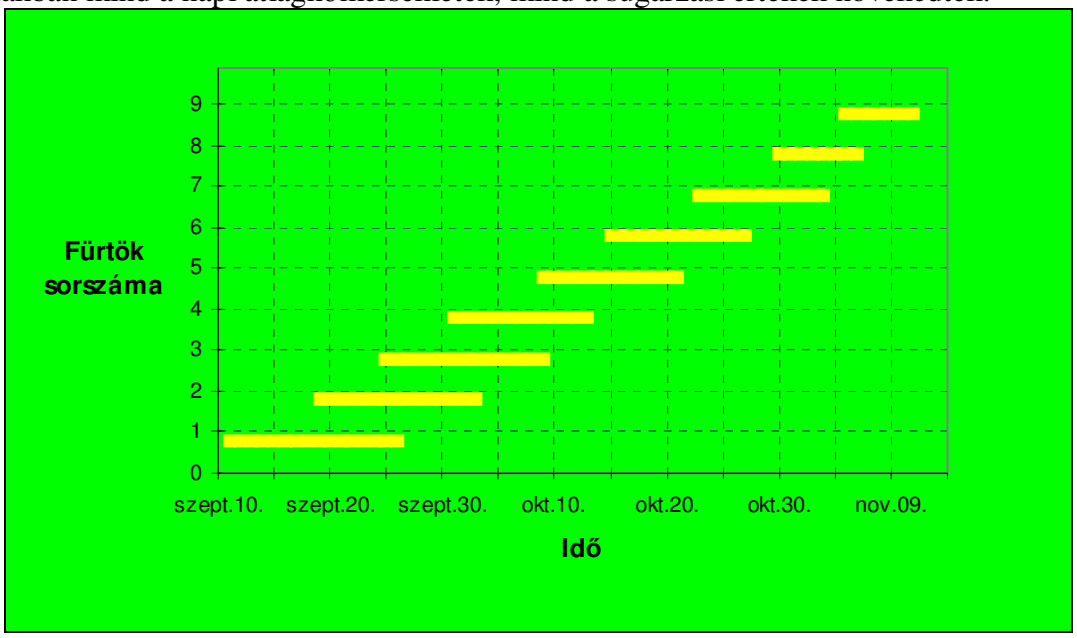
54. ábra A sugárzás és a hőmérséklet átlagértékeinek alakulása a virágzás alatt

A fürtök virágzási dátumait megfigyelve azt tapasztalhatjuk, hogy a virágzások nem külön-külön zajlanak le, időben elkülönülve egymástól, hanem egymást átfedve, folyamatosan. Az 55. ábra a különböző fürtszintek virágzásának időtartamát, illetve azok egymáshoz való viszonyát mutatja be. Az ábrán is jól látható, hogy az 1.-2.-3. fürt együtt virágzott. A virágzás időtartamát tekintve az 1. fürt virágzásának 46%-át együtt virágozta a 2. fürttel. Míg a 2. fürt virágzási idejének több mint 58%-át töltötte a 3. fürttel. Az egyes fürtszintekre vonatkozó részletes adatokat a 23. táblázat foglalja össze.

Az együttvirágzó fürtöket vizsgálva megállapíthatjuk, hogy a következő fürtök virágoztak együtt: 1-2-3, 2-3-4, 3-4-5, 4-5, 5-6, 6-7, 7-8, 8-9.

Az idő előrehaladtával mind kevesebb fürt virágzott együtt és egyre rövidebb ideig. Ez alól csupán az 5. és a 6. fürt a kivétel, melyek a csökkenő együttvirágzási időtartamuktól

eltérően 6 napig virágoztak együtt. Ez azzal magyarázható, hogy az október 20.-a környéki időszakban mind a napi átlaghőmérsékletek, mind a sugárzási értékek növekedtek.



55. ábra A paradicsom fürtönkénti virágzása (Helyes et al. (1998) alapján)

23. táblázat Az együttvirágzás időtartama a virágzás időtartamának %-ában

Fürtszám	Virágzás időtartama (nap)	Együttvirágzás időtartama (nap)	Együttvirágzás mértéke (%)
1.	15,0		
		7	46,6
2.	13,7		
		8	58,3
3.	13,7		
		8	58,3
4.	12,6		
		4	31,6
5.	12,6		
		6	47,6
6.	12,4		
		4	32,2
7.	11,5		
		4	34,8
8.	8,3		
		2	24
9.	6,7		

Összefoglalva megállapíthatjuk, hogy a koncentrált virágzás megalapozza a termesztés szempontjából megfelelő kötődést. Őszi hajtatásban az adott ökológiai feltételek mellett az általunk vizsgált 4 fajtajelölt esetében a fürtök átlagos virágzási időtartama 12 nap volt. A kedvezőtlen fényviszonyok hatására (október vége, november eleje) csökkent a fürtön belül a virágok száma és ennek következményeként lerövidült a virágzási idő. A felsőbb fürtszinteken (7., 8., 9.) a növényállomány virágzása rendkívül heterogén és vontatott volt. A kísérleti megfigyelések alapján megállapítható, hogy átlagosan 2-3 fürt virágzott együtt, az együttvirágzás mértéke átlagosan 35-40%.

A kötődés menete, értékelése

A növény egyik legfontosabb fejlődési fázisa a kötődés, amely tapasztalataim szerint a virágzásnál is jelentősebb mértékben determinált a környezeti tényezők által. Az 24. táblázat a fürtök kötődésének 20 növényre vonatkozó átlagértékeit mutatja be. A kötődés kezdetének azt az állapotot tekintettük, mikor a fürtön belül az első bogyókezdemény már szemmel is jól látható volt. A vizsgált növényállományban a 9 fürtszint kötődése 2 hónapig (szeptember 24-től-november 26-ig) zajlott le és átlagosan fürtemeletenként 9,8 napig tartott. Az első négy fürt közel azonos ideig kötött, átlagosan 12,3 napig, viszont a kötött bogyók számát tekintve a fürtök között jelentős eltérést tapasztaltunk (3,2 db-tól 7,6 db-ig). Az 5.-9. fürtök kötődése lényegesen lerövidült, átlagosan 7,9 nap volt, ami több mint 4 napos (33%-os) csökkenést jelent. Ezeken a fürtszinteken viszont a kötődött bogyók számát vizsgálva jelentős különbségeket figyelhetünk meg. Az 5., 6. fürtszinteken közel 7 bogyó kötött átlagosan, míg a 9. fürtszinten csupán 0,8 db. Ezek az adatok is igazolják, hogy csak a kötődés hosszából nem lehet a kötődés dinamikáját meghatározni.

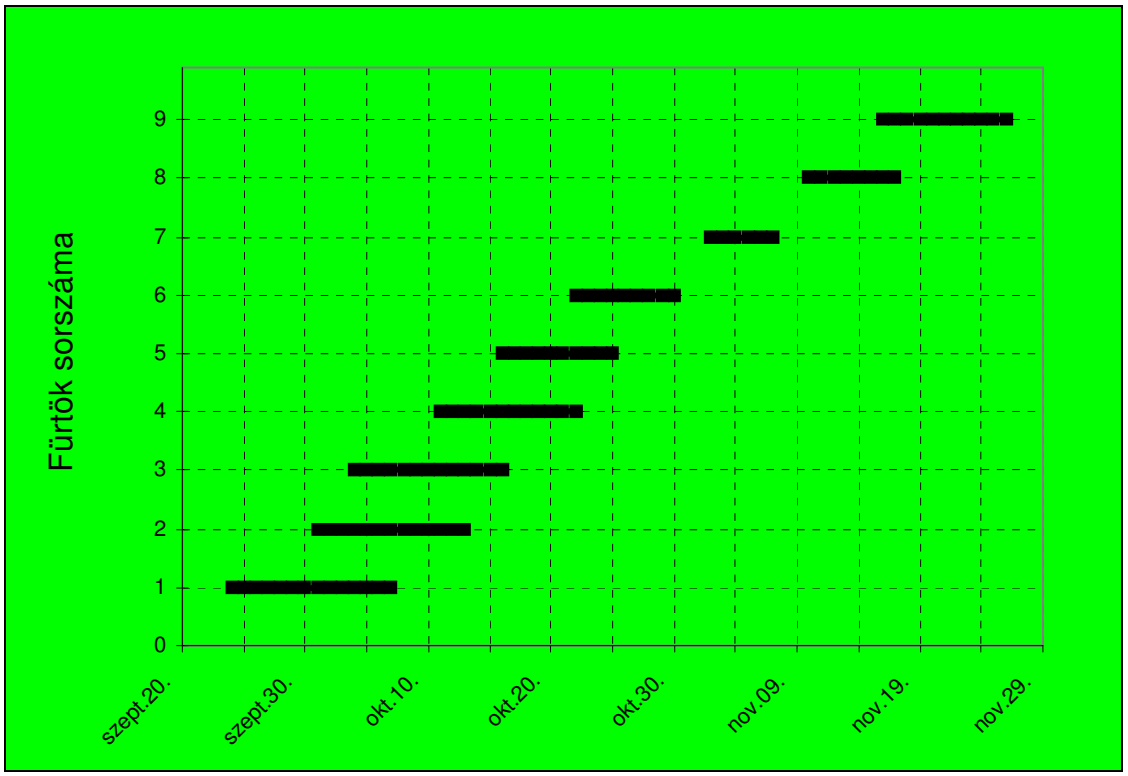
24. táblázat A fürtök kötődésének átlagértékei

Fürt szintek	Átlag Köt. kezdete	Átlag Köt. vége	Átlag Köt. hossza (nap)	Átlag Köt. bogyó (db)
1.	Szept. 24.	Okt. 7.	12,9	3,2
2.	Okt. 1.	Okt. 13.	12,0	4,6
3.	Okt. 4.	Okt. 16.	12,5	6,4
4.	Okt. 11.	Okt. 22.	11,7	7,6
5.	Okt. 16.	Okt. 25.	9,0	6,6
6.	Okt. 22.	Okt. 30.	7,8	6,9
7.	Nov. 2.	Nov. 7.	5,7	3,2
8.	Nov. 10.	Nov. 17.	7,2	2,3
9.	Nov. 16.	Nov. 26.	9,8	0,8

Abban az esetben, ha a kötődés értékeit növényállományra szeretnénk értelmezni és a termesztési gyakorlat számára ez a fontos, akkor a kötődési átlagértékek értelmezésén kívül nagyon fontos a szélső értékek elemzése is. A vizsgált 20 növény esetében a 7. fürtszint volt az első, ahol 2 növényen nem kötött egyetlen bogyó sem. A 8. fürtszinten 6 növényen, míg a 9. fürtszinten már 16 növényen nem kötött bogyó. Ezeken a fürtemeleteken megfigyelhető a már kinyílt virágok elhalása és kötődés nélküli lehullása, illetve a 9. fürtöknél gyakran megfigyelhettük, hogy a virág már kinyílás előtt abortálódott. Tehát vizsgálati eredményeink

szerint a 7. fürtszintnél a növények 10%-a, a 8. fürtöknél a 30%-a és a 9. fürtemeletnél pedig már a vizsgált állomány 80%-a egyáltalán nem kötött. Ezek az eredmények is azt igazolják, hogy Magyarország ökológiai (zömmel fény) adottságai mellett a legkésőbbi (augusztus első dekádja) kiültetési időpontra ütemezett őszi paradicsomhajtatás esetén csak a 7., kivételes esetekben a 8. fürtemelet kialakulására számíthatunk biztonsággal.

A fürtök kötődési értékeit megfigyelve azt tapasztalhatjuk, hogy a kötődések (a virágzáshoz hasonlóan) nem külön-külön zajlanak le, időben elkülönülve egymástól, hanem egymást átfedve, folyamatosan. A 56. ábra és a 25. táblázat a különböző fürtszintek kötődésének időtartamát, az átfedés mértékét, illetve azok egymáshoz való viszonyát mutatja be.



Helyes et al. (1998) alapján

56. ábra A paradicsom fürtönkénti kötődése

A 9 fürtemeletre vonatkoztatva a kötődések átfedésének mértéke 40%.

A táblázat adataiból látható és a grafikonról is leolvasható, hogy az első 5 fürtszintig lényegesen nagyobb a különböző virágfürtök kötődésátfedésének mértéke, ami átlagosan 58%. Viszont a 6. fürtemelettől a 9.-ig ez az érték átlagosan csupán 9%. A 6.-7. és a 7.-8. fürtszintek kötődése teljesen elkülönülve zajlott le. Ezek az adatok is a felsőbb fürtszintek kötődésének vontatottságát mutatják.

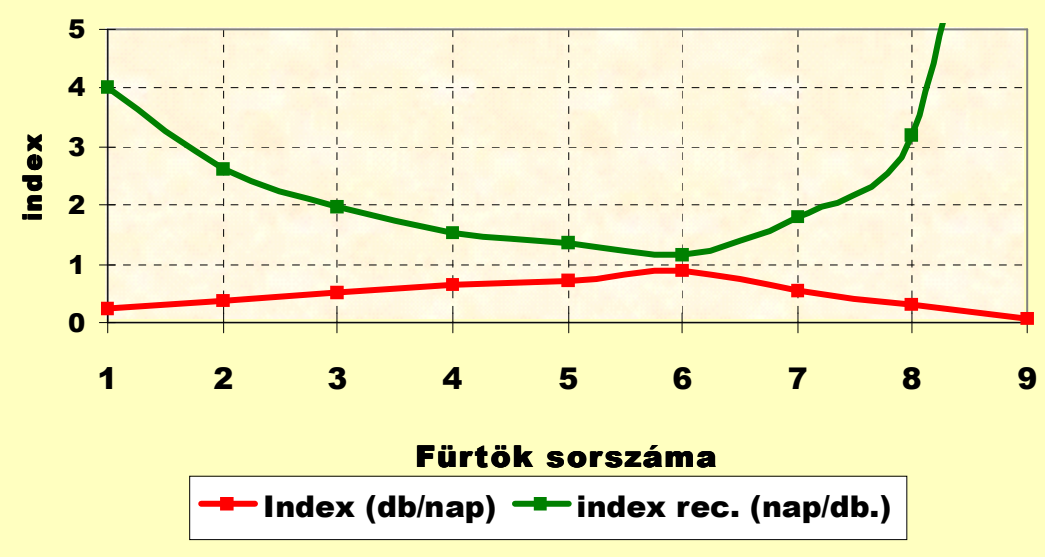
25. táblázat Az egyes fürtök kötődési időtartamának átfedése és a kötődés hossza

Fürtszintek	Kötődés hossza (nap)	Átfedés időtartama (nap)	Átfedés mértéke %-ban kifejezve
1.	12,9		
		7	54
2.	12,0		
		10	84
3.	12,5		
		6	48
4.	11,7		
		7	60
5.	9,0		
		4	44
6.	7,8		
		0	0
7.	5,7		
		0	0
8.	7,2		
		2	28
9.	9,8		

Helyes et al. (1998) alapján

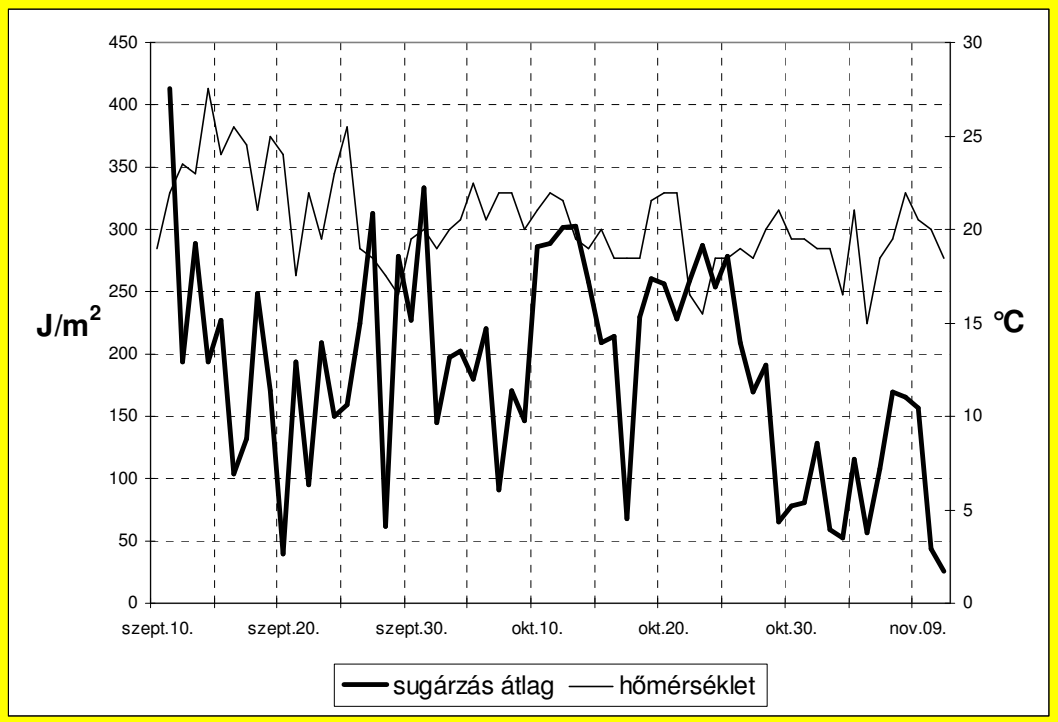
A virágfürtök kötődésének hosszából, az egyes fürtök kötődésátfedésének mértékéből és a fürtönként kötött bogyók számából külön-külön nem lehet a kötődés ütemét, dinamikáját egyértelműen értékelni. A pontosabb értelmezhetőség miatt a kötődés hosszának és a kötött bogyók számának felhasználásával egy indexet hoztunk létre. Ez az index egy számított hányados (kötődött bogyók száma/kötődés hossza), amely jól jellemzi az egyes fürtökre jellemző dinamikai tulajdonságokat, ami kifejezi az 1 nap alatt átlagosan kötődött bogyók számát. Az egy nap alatt kötött bogyószámot, illetve annak reciprokát, amely azt mutatja, hogy 1 db bogyó kötődése mennyi ideig tartott, az 57. ábra szemlélteti. Az 58. ábra pedig a fürtök kötődésének időtartama alatti sugárzási és hőmérsékleti értékeket mutatja be

.



Helyes et al. (1998) alapján

57. ábra A kötődés dinamikája a számított indexek alapján



58. ábra A sugárzás és a hőmérséklet átlagértékei a kötődés időszakában

A legintenzívebb kötődésdinamikát mutató fürt a 6. volt. Ezen a fürtszinten átlagosan 0,9 db bogyó kötött egy nap alatt. A kötődés eredményességét ilyen szempontok szerint vizsgálva láthatjuk, hogy a leglassúbb a 9. fürtemeleten volt a kötődés, ahol mindössze 0,1 db bogyó kötött egy nap alatt. Ez a kilencszeres különbség is jól tükrözi a két fürt kötődésének intenzitásbeli különbségét. A 7.-9. fürtszintek vontatott, eredménytelen kötődése, november 2. és 26. között zajlott le. Ezen időszak alatt a napok 73%-ban a sugárzás átlagos napi értéke az 50 J/m^2-es értéket is alig érte el.

A 26. táblázat a kötődés mértékét, az egyes fürtszintek kötődésének időtartama alatti átlagos fényerősséget, illetve a kötődéshez elégtelen fényintenzitású (200 J/m^2 alatt) napok arányát mutatja be. A mérési adatok is mutatják, hogy a felsőbb fürtemeleteken a fényerősség mértéke már nem tette lehetővé az eredményes kötődést, illetve egyre nagyobb arányú a kötődéshez elégtelen fényintenzitású napok száma.

26. táblázat A kötődés mértéke és a fényerősség kapcsolata

Fürt szintek	Átlag kötődött bogyó (db/fürt)	(db/nap)	Átl. fényerősség a köt. alatt (J/m^2)	<200 J/m^2/nap napok száma (%)
1.	3,2	0,25	199	50
2.	4,6	0,38	220	46
3.	6,4	0,51	221	31
4.	7,6	0,65	240	8
5.	6,6	0,73	233	10
6.	6,9	0,87	199	44
7.	3,2	0,56	93	100
8.	2,3	0,31	54	100
9.	0,8	0,08	80	100

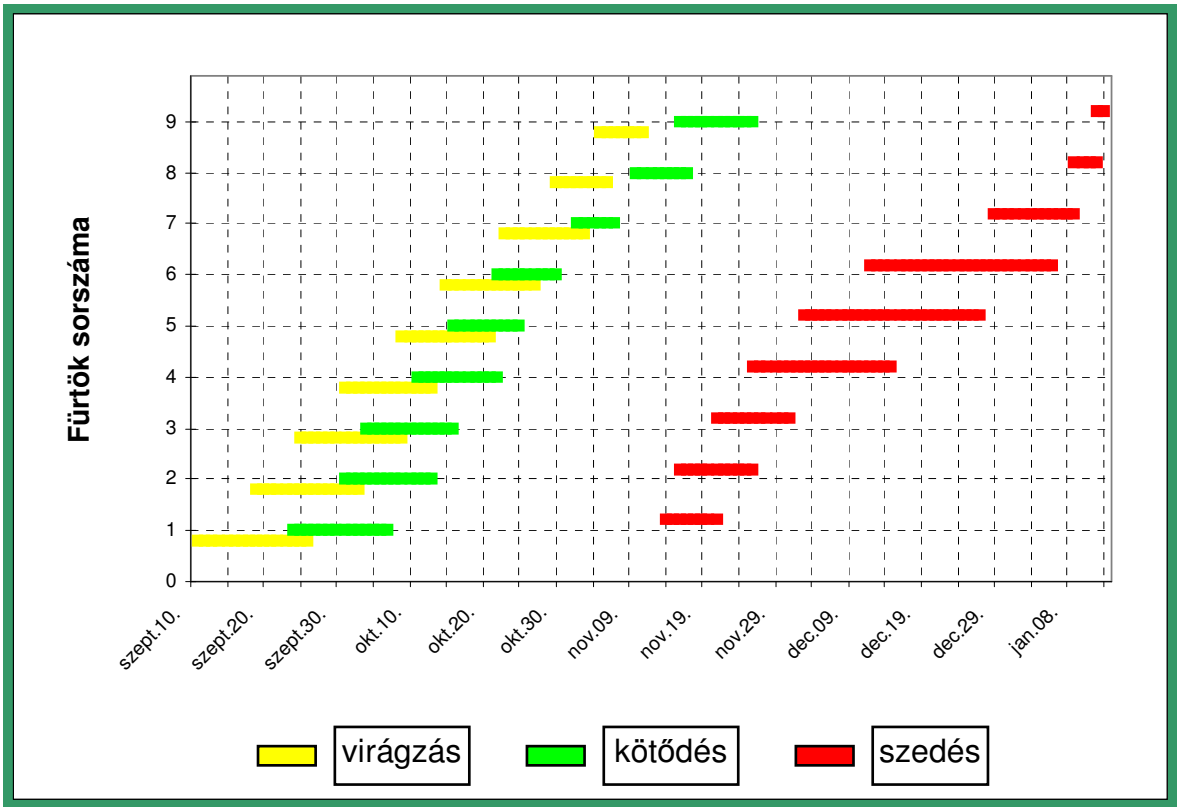
Helyes et al. (1998) alapján

A 7., 8., 9. fürtszinteken a kötődés ideje alatt nem volt olyan nap, amelynél a fényerősség elérte vagy meghaladta volna a 200 J/m^2-es értéket.

Termésnövekedés, érés

A bogyó növekedésének ütemét, illetve a kötődéstől a szedésig eltelt napok számát több tényező befolyásolja. Ezek közül legfontosabb a léghőmérséklet és a bogyó helyzete a fürtön belül. A magasabb hőmérséklet gyorsítja a bogyónövekedés ütemét. A fürtön belül a legkésőbb kötött bogyó növekedése általában tovább tart, mint az először kötötté. Általánosságban elmondható, hogy téli és kora tavaszi hajtatási időszakban kb. 60 nap, míg késő tavaszi és nyári időszakban kb. 45 nap a bogyónövekedés időtartama. Fontos megjegyezni, hogy egy számadattal nehéz jellemezni ezt a fenológiai fázist. Ezt az is alátámasztja, hogy eltérő érettségi állapotban történik a betakarítás attól függően, hogy milyen hajtatási időszakról van szó és az árut hova szállítják (exportálják).

A 59. ábra foglalja össze a korábbiakban már külön-külön is bemutatott virágzást-kötődést, valamint a szedés időtartamát a vizsgált 9 fürtemeletre vonatkozóan.



Helyes et al. (1998) alapján

59. ábra A fenofázisok időtartama és egymáshoz való viszonya

Kísérleti eredmények igazolják, hogy az egyes fenofázisok kialakulásának és fejlődésének dinamikája befolyásolja, illetve nagyon sok esetben nagymértékben determinálja a következő fázis kialakulását és a későbbiekben lezajlását is. A grafikonon látható, hogy a kötődés befejeződését követően a szedés kezdetéig nem azonos az időtartam. Az első 4 fürt esetében a kötődés befejeződését követően a 33-37. napon kezdtük meg a bogyók szedését. Viszont ezt követően egyre több napra volt szükség, az 5. fürtnél 39 napra, a 6. fürt esetében 43 napra, míg a 7. és 8. fürtök esetében átlagosan 52-53 napra volt már szükség a bogyók

kifejlődéséhez. A bogyókifejlődés időbeni növekedését a felsőbb fürtszinteken az is indokolja, hogy ebben az időszakban kedvezőtlenebbek voltak a környezeti feltételek, valamint ezen fürtök virágzása és kötődése is vontatottan zajlott le.

Összefoglalva megállapítható, hogy **őszi hajtatásban** az ún. ideális fürt 12-13 napig virágzott, 10 napig kötött és a róla betakarított bogyók száma elérte vagy meghaladta a 6-ot.

Több alkalommal végeztünk **tavaszi hajtatási kísérleteket**, így lehetőségünk volt az előbbiekben bemutatott őszi hajtatás és a fényellátottság tekintetében alapvetően eltérő tavaszi hajtatási időszak összehasonlítására, illetve a termésképzés szempontjából fontos fenológiai fázisok bekövetkezésének és dinamikájának jellemzésére.

A 27. táblázat a két hajtatási időszak fürtszintenkénti átlagos virágzási időtartamát mutatja be az átlagos napi sugárzási, valamint a halmozott sugárzási értékekkel összehasonlítva. A napi sugárzási átlagértékek a vizsgált fürtemeletekre vonatkoztatva 2,4 – szer voltak magasabbak tavaszi hajtatásban, mint az ősziben. Ez a különbség még jelentősebb volt a felsőbb fürtszinteken (7. fürtemelettől), ahol már 5-7-szeres eltéréseket mértünk. Ennek ellenére a virágzás hosszában a fürtemeletek átlagában nem tudtunk kimutatni szignifikáns különbségeket. Természetesen az egyes fürtszintek között szignifikáns eltéréseket tapasztaltunk a virágzás időtartamát tekintve.

27. táblázat A vizsgált fürtemeletek virágzásának hossza és a sugárzás (PAR) kapcsolata.

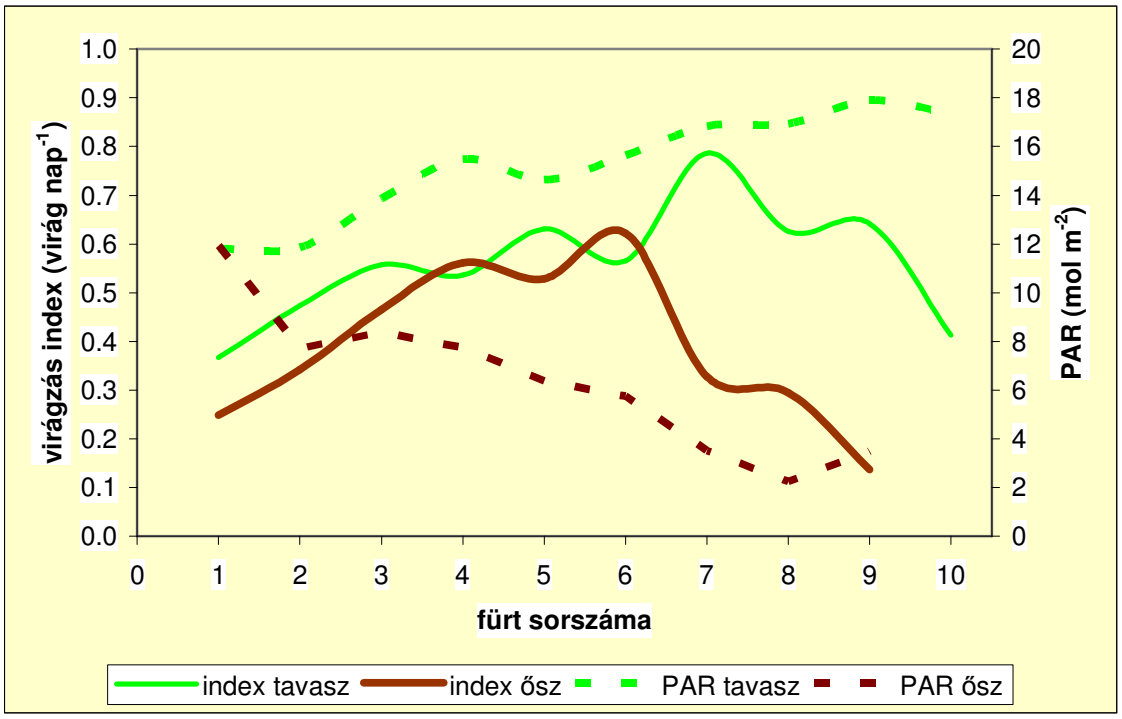
Fürtszám	**Virágzás hossza**		**Átlagos napi sugárzás**		**Halmozott PAR vírág^{-1}**	
	Ősz (nap)	Tavasz (nap)	Ősz (mol m^{-2} nap^{-1})	Tavasz (mol m^{-2} nap^{-1})	Ősz (mol m^{-2})	Tavasz (mol m^{-2})
1.	15,0	17,4	11,9	12,6	47,9	34,7
2.	13,7	15,6	7,7	12,4	22,6	25,2
3.	13,7	14,2	8,4	14,6	18,0	26,1
4.	12,7	13,7	7,8	15,0	13,8	28,5
5.	12,6	11,3	6,4	14,3	12,1	22,2
6.	12,4	11,7	5,8	15,2	9,3	24,1
7.	11,5	10,7	3,5	16,8	10,7	20,3
8.	8,3	11,0	2,2	16,7	7,6	21,9
9.	6,7	10,1	3,5	15,5	25,4	22,8
10.		12,3		17,5		41,1
átlag	**11,8**	**12,8**	**6,4**	**15,1**	**18,6**	**26,7**

Az 28. táblázat a virágzáshoz hasonló formában mutatja be a kötődés időtartamát és a sugárzás alakulását. Hasonlóan a virágzáshoz, a kötődés tekintetében is hasonló következtetéseket vonhatunk le, miszerint a kötődési hossz tekintetében a fürtemeletek átlagában nem tudtunk szignifikáns különbséget kimutatni, viszont a sugárzási feltételek alapvetően eltértek a két különböző hajtatási időszakban. Megegyezően a virágzással szignifikáns eltérést csupán az egyes fürtszintek között tudtunk kimutatni.

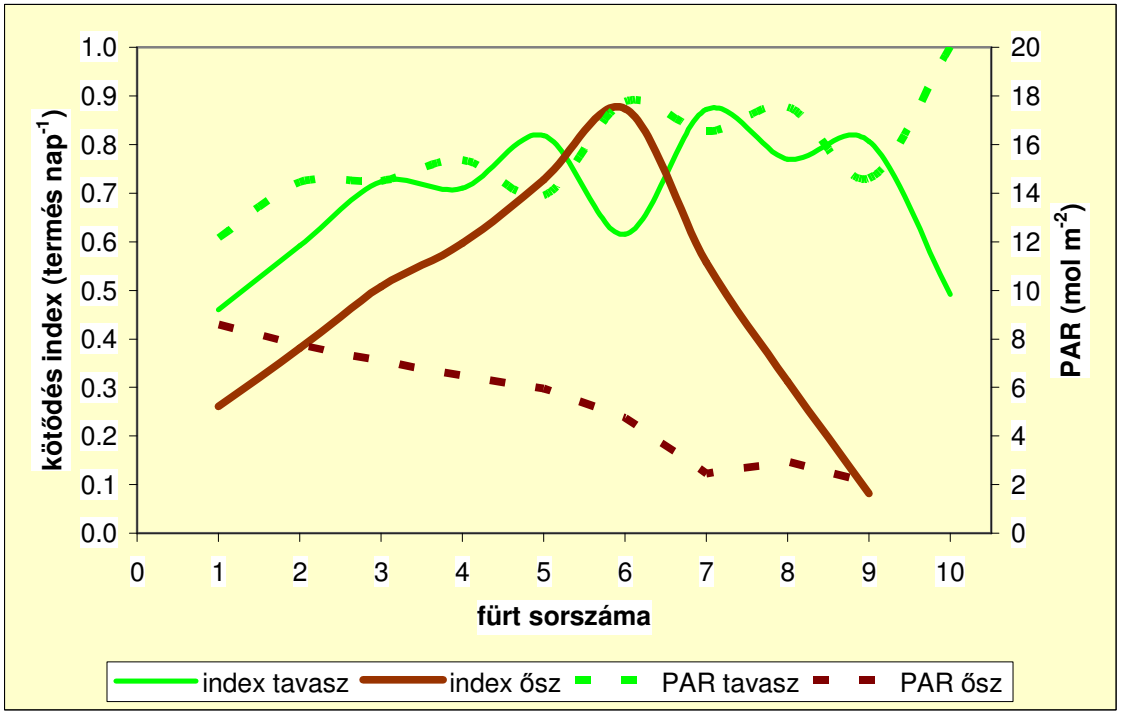
28. táblázat A vizsgált fürtemeletek kötődésének hossza és a sugárzás (PAR) kapcsolata.

Fürtszám	Kötődés hossza		Átlagos napi sugárzás		Halmozott PAR kötődés^{-1}	
	Ősz (nap)	Tavasz (nap)	Ősz (mol m^{-2} nap^{-1})	Tavasz (mol m^{-2} nap^{-1})	Ősz (mol m^{-2})	Tavasz (mol m^{-2})
1.	12,9	12,5	8,6	12,2	32,9	26,4
2.	12,0	12,1	7,7	14,5	20,3	24,5
3.	12,5	11,0	7,1	14,5	14,0	20,2
4.	11,7	10,3	6,5	15,4	10,9	22,1
5.	9,0	8,5	5,9	13,9	8,2	17,0
6.	7,8	9,5	4,8	17,8	5,4	28,9
7.	5,7	8,2	2,5	16,5	4,4	19,3
8.	7,2	8,4	2,9	17,5	9,4	23,2
9.	9,8	6,9	2,1	14,6	25,4	18,0
10.		9,5		20,0		41,3
Átlag	**9,8**	**9,7**	**5,3**	**15,7**	**14,5**	**24,1**

Természetesen a virágzás és a kötődés időtartamának ismerete ez esetben sem ad reális képet a két fenológiai fázis lezajlásáról illetve annak dinamikájáról, hisz a virágzás és a kötődés fürtemeletenkénti időtartama csak egy paraméter, e mellet az is fontos, hogy ezen idő alatt hány darab virág, illetve terméskezdemény alakult ki fürtszintenként. A virágzási és kötődési index erre ad választ, ami kifejezi az 1 nap alatt átlagosan kialakult virág- és terméskezdemény számot. Az őszi hajtatásban átlagosan 30%-kal kevesebb virág alakult ki, mint tavaszi hajtatásban. Tehát a tavaszi időszak kedvezőbb fényviszonyai a virágok számának jelentős növekedésében nyilvánult meg és ezt követően a kötődés hatékonyságának a javulásában is megmutatkozott. Őszi hajtatásban a funkcióképesen (egészségesen) kialakult virágok 85%-a kötődött, míg tavaszi hajtatásban a 95%-a. A virágzás és a kötődés időtartama és a virágok illetve a kötődések számának hányadosaként az előzőekhez hasonlóan meghatároztuk a virágzás és a kötődési indexet minden fürtemeletre. Ezt mutatja be a 60. és a 61. ábra. A legintenzívebben virágzó fürtemeleteken átlagosan 0,7-0,8 db virág alakult ki naponta és 0,8-0,9 db kötődés. A tavaszi és az őszi virágzási és kötődési index görbék alapvetően eltérő lefutása mutatja a fényellátottságban megmutatkozó lényeges különbséget. Ez különösen a 6. fürtemelet után szembetűnő. Az egész hajtatási időszakra vonatkoztatva megállapíthatjuk, hogy az őszi hajtatás virágzás és kötődés dinamikája a tavaszi időszaknak mindössze 70%-a volt.



60. ábra A fürtön belüli virágzás sebességének átlagos menete őszi, illetve tavaszi hajtatásban

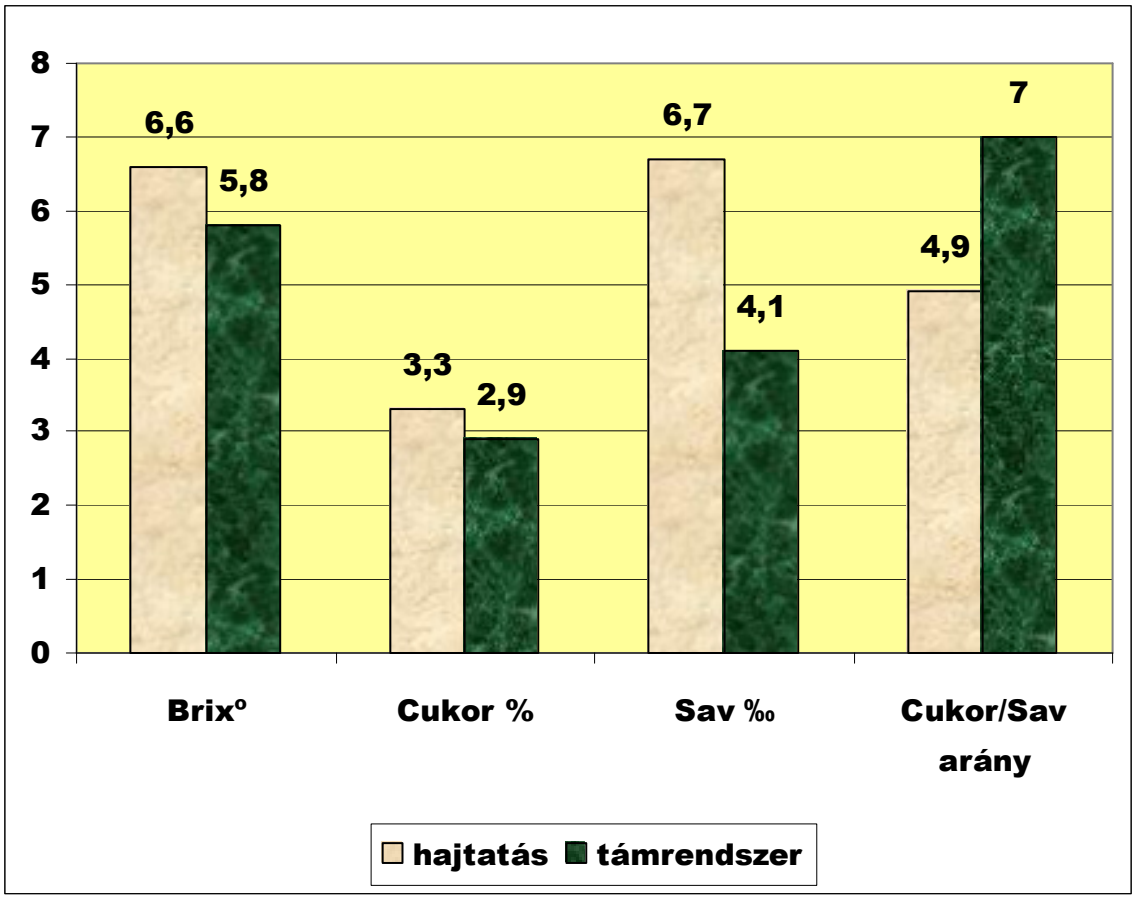


61. ábra A fürtön belüli kötődés sebességének átlagos menete őszi, illetve tavaszi hajtatásban

5.2.2.2. A fényellátottság szerepe a beltartalmi paraméterek kialakulásában

A fényellátottság mértéke a beltartalmi paraméterekben is kifejezésre jut. Irodalmi adatokból ismert, hogy a kedvező fényellátottság a paradicsom bogyók C-vitamin tartalmát növelik (Dumas et al. 2003). Ezzel magyarázható az is, hogy a hajtatásban a szabadföldi körülményekhez képest kedvezőtlenebb fényellátottság mellett termelt bogyók C-vitamin tartalma alacsonyabb, mint szabadföldön, akár támrendszeren, akár síkművelésben előállított termésé (Lopez-Andreu et al. 1986).

A 2002. évi kísérletekben lehetőségünk volt az eltérő fényellátottság hatásának értékelésére, mivel a Daniella F_1 hajtatásban és szabadföldi támrendszeres kísérletben is szerepelt. Természetesen ilyen jellegű (tehát nem klímakamrás) kísérletekben nagyon nehéz kizárólag csak a fény, vagy csak a hőmérséklet hatását vizsgálni, de az elvitathatatlan, hogy a hajtatás esetében alapvetően eltérő fényviszonyok között történik a termesztés, mint szabadföldi körülmények között. A hőmérséklet alakulásában mutatkozó eltérés sokkal kisebb mértékű. A 62. ábra az érzékszervi szempontból is meghatározó beltartalmi paraméterek alakulását mutatja be.



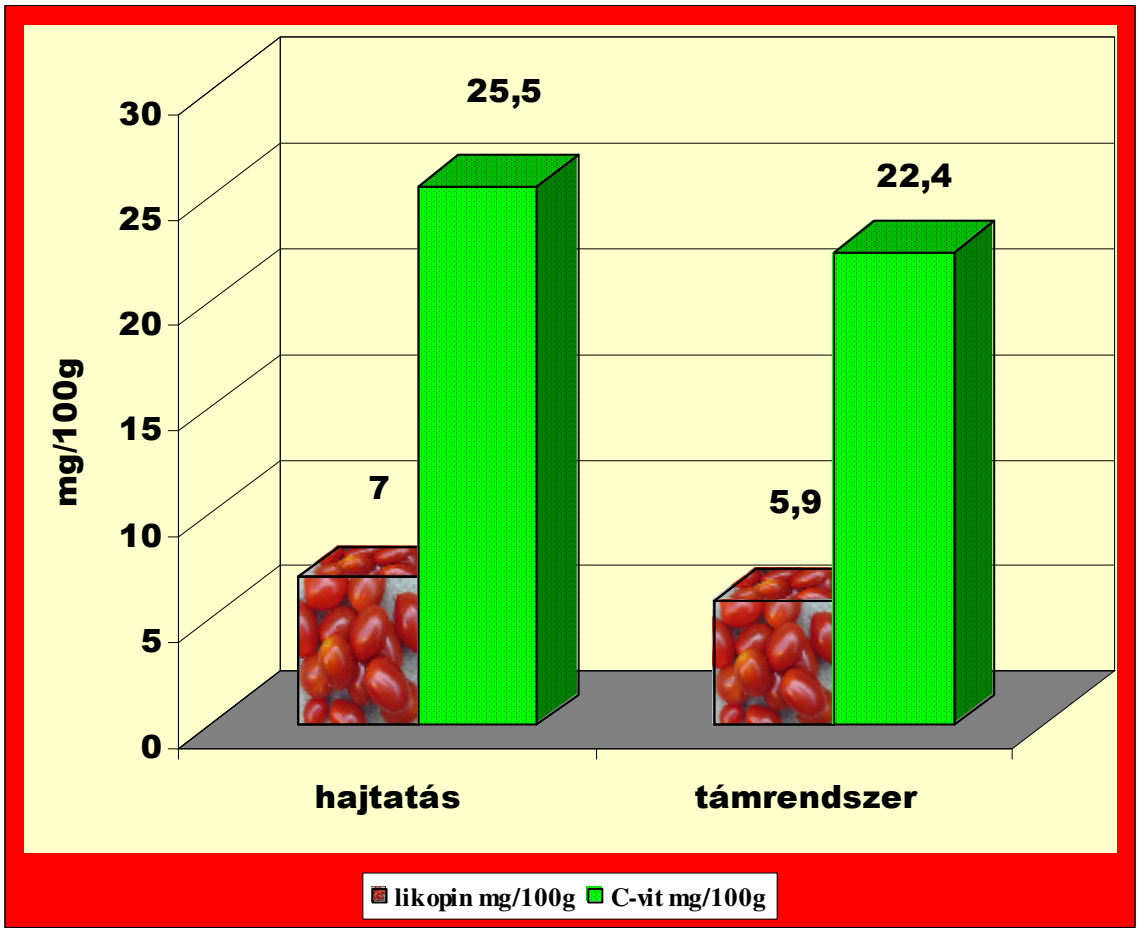
62. ábra A két eltérő termesztési módban a beltartalmi összetevők alakulása

Daniella F_1 esetében

A Brix° és az ezzel szorosan összefüggő cukortartalom esetében nem jelentős az eltérés, a támrendszeren 12 %-kal alacsonyabb értékeket kaptunk. A jelentős különbség a savtartalomban nyilvánult meg. Szabadföldi támrendszeres termesztésben, jóval kedvezőbb fényviszonyok között a sav gyorsabban lebomlott, így közel 40 %-kal alacsonyabb savtartalmú bogyókat kaptunk. Természetesen ez kifejezésre jut a cukor sav arányában is és

ez a fogyasztói igények kielégítésénél is fontos, mivel az adatok is mutatják, hogy közel azonos Brix° és cukortartalom esetén is a hajtatott termékeknél „savanyúbb” bogyókat kapunk.

Az antioxidáns összetevők tekintetében, amelyek táplálkozás-élettani szempontból rendkívül fontosak, elmondható, hogy a likpin tartalom hajtatásban átlagosan 19 %-kal magasabb volt, mint támrendszeren, de megítélésünk szerint a fényellátottság mellett ebben a hőmérsékletnek is (bogyófelszín-hőmérsékletnek) jelentősebb hatása volt. A C-vitamin tekintetében viszont az irodalmi adatokkal ellentétben nem találtunk jelentős eltérést (63. ábra).



63. ábra likopin és a C-vitamin tartalom alakulása

5.2.3. Széndioxid

A kertészeti termesztésben és ezen belül különösen a zöldségtermesztésben a növények emelt CO_2 tartalomra történő vizsgálatát alapvetően két részre kell bontani: szabadföldi körülmények közötti és kontrolált környezeti feltételek melletti (pl. hajtatás) termesztésre. Az emelt CO_2 szint bevezetése a növényházi termesztésben már az 1920-as évek elején felmerült, de a szélesebb körű gyakorlati alkalmazására csupán az 1950-es évek elején került sor (Moe, 1984). Számos élettani vizsgálat igazolta, hogy az emelt CO_2 szinten a növények fotoszintézise fokozódik, a transzspirácó azonban csökken, tehát a növények vízfelhasználási hatékonysága nő (Meidner és Mansfeld, 1965; Farquhar és Sharkey, 1982; Sage és Sharkey, 1987). Peet és Willits (1984) kísérleti eredményei azt igazolták, hogy paradicsomhajtatásban az emelt CO_2 a fürtök kötődését kismértében növelte csupán, viszont a bogyók átlagtömege szignifikánsan növekedett.

Hajtatási körülmények között a paradicsom kötődésére, a termés növekedésére, átlagtömegére számos eredmény jelent meg az elmúlt évtizedekben és a korszerű hajtatási gyakorlatban a CO_2 trágyázás a termesztéstechnológia szerves része. Feltehetően az emelt CO_2 a bogyó beltartalmi paramétereinek alakulására is hat, amelyről napjainkig viszonylag keveset publikáltak, ezért vizsgálataink szabadföldi feltételek között a beltartalmi összetevők és az emelt CO_2 szint hatásának elemzésére irányultak. Másrészt közismert, hogy bolygónk légkörének összetétele jelentős változásokon megy át (globális klímaváltozás??). Ez alapvetően kifejezésre jut az emelkedő CO_2 koncentrációban is. Egyes kutatók a biokémiai és az élettani ismeretek birtokában arra az elgondolásra jutottak, hogy a magasabb CO_2 koncentráció a növényekben felerősödő fotoszintézist eredményezhet, mely esetleg a terméshozam növekedésével, vagy egyéb kedvező tulajdonságok fokozódásával járhat együtt.

5.2.3.1. Az emelt CO_2 hatása a beltartalmi paraméterek alakulására, különös tekintettel az antioxidáns-tartalomra.

Vizsgálatainkat 2002- és 2003-ban végeztük a Szent István Egyetem Mezőgazdaság- és Környezettudományi Karának Növénytani és Növényélettani Tanszékéhez tartozó Globális Klímaváltozás és Növényzet Kutatóállomáson, Gödöllőn. A palántákat OTC - (Perspex open top chambers) - felül nyitott tetejű kamrákba ültettük ki, a plexiből készült kamrák átmérője 128 cm, magassága 130 cm. A CO_2 koncentrációját a kontroll kamrában normál, légköri (350 $\mu mol\ mol^{-1}$), az emelt CO_2-os kamrában, pedig 700 $\mu mol\ mol^{-1}$ –on tartottuk a kísérlet ideje alatt folyamatosan. A CO_2-szintjét a kamrákban egy Infralyt-4 IRGA (VEB Junkalor, Dessau, Germany) szabályozta, egy mágneses szelep segítségével.

A két év kísérleti eredményeit évenként külön-külön és együtt is értékeljük, ennek alapvetően a két eltérő évjárat (hőmérséklet, fény, csapadék) az oka. A 29. táblázat mutatja az emelt CO_2 hatását a Brix°, az ezzel szorosan összefüggő szénhidrát-, valamint a savtartalomra. 2002-ben három szedésre került sor és a szedések átlagát tekintve az általános várakozásokkal ellentétben megállapítható, hogy a duplájára emelt CO_2 szint nem hogy emelte, hanem kismértékben csökkentette mindhárom beltartalmi paraméter értékét. Az oldható szárazanyagtartalom (Brix°) csupán 4 és 4,8 között volt, ami ipari paradicsom esetében nagyon alacsony, ez azzal magyarázható, hogy 2002-ben a május, június és július hónapok az átlagosnál lényegesen csapadékosabbak voltak.

29. táblázat Emelt CO_2 szint hatása a paradicsom fontosabb beltartalmi értékeire 2002-ben

	normál (350 µmol mol^{-1}) **CO_2**				**emelt** (700 µmol mol^{-1}) **CO_2**			
Szedési idő / Jellemzők	07. 30.	08. 21.	09. 04.	**Átlag**	07. 30.	08. 21.	09. 04.	**Átlag**
Brix°	4,73 ± 0,05a	4,78 ± 0,15a	4,25 ± 0,29b,c	**4,58 ± 0,30A**	4,55 ± 0,19c	4,20 ± 0,29b,d	4,03 ± 0,05d	**4,26 ± 0,29B**
Szénhidrát %	2,58 ± 0,10c	2,28 ± 0,10a,d	2,15 ± 0,17d	**2,33 ± 0,22B**	2,10 ± 0,08d	2,15 ± 0,19d	2,98 ± 0,13e	**2,41 ± 0,44A,B**
Sav ‰	4,01 ± 0,04c	3,74 ± 0,04b	3,40 ± 0,24d	**3,74 ± 0,29A,B**	4,00 ± 0,19c	3,18 ± 0,06e	3,23 ± 0,37e	**3,47 ± 0,45B**

2003-as évben az emelt CO_2 hatásának vizsgálata mellett a nitrogén ellátottság mértékének hatását is vizsgáltuk. Ezt azért tartottuk indokoltnak, mert a fokozottabb CO_2 felvétellel a nitrogén igény fokozódása is megfigyelhető a növényekben, ugyanis az anyagcsere változásai során a C és N, mint esszenciális elemek iránt a növény egyidejű igénye mutatkozik, a növény mindig az optimális C:N arány fenntartására törekszik. Ebben az évben is mind az emelt CO_2-szinten nevelt, mind a normál, légköri CO_2-szinttel kezelt növényeket 2-2 kamrában neveltük, amelyikből az egyik CO_2 kezeléses páros 1 ezrelékes tápoldatot kapott (N:P:K=8:8:8), a másik kamrapárban viszont a tápoldatban a nitrogén mennyiségét a duplájára növeltük (N:P:K=16:8:8). A 30. táblázat a 2003-as év eredményeit mutatja be. Az adatokból egyértelműen látszik, hogy mindhárom összetevő esetében lényegesen magasabb értékeket kaptunk, mint az előző évben. Ez alapvetően azzal indokolható, hogy ebben az évben a május, június és a július rendkívül aszályos volt. Erre az időszakra vonatkoztatva a csapadék a 2002. évnek csupán a negyede volt! A csapadékszegény időszak magas hőmérséklettel párosult. A vizsgált beltartalmi paraméterek abszolút értékei mellett az is látszik, hogy az emelt nitrogénadag és a növelt CO_2 szint hatására a savtartalom kivételével az oldható szárazanyag- és a szénhidráttartalom szignifikánsan ($P<0,05$) növekedett. Ezzel szemben az előző évi eredményekkel megegyezően átlagos nitrogénellátottság mellett a 700 ppm-re növelt CO_2 tartalomnak nem volt szignifikáns hatása. Tehát megállapítható, hogy az elvárásoknak megfelelően az emelt CO_2 szint csupán növelt nitrogénellátás esetén fejti ki pozitív hatását.

Az emelt CO_2 szint hatásának vizsgálata során a fő célunk, a paradicsom minőségét szintén alapvetően meghatározó antioxidánsok (különösen a likopin) változásának a meghatározása volt. Az antioxidánsok (likopin, összes polifenol, C-vitamin) mellett még vizsgáltuk a hidroximetil-furfural (HMF) tartalom alakulását is (31. táblázat). Az eredményekből látszik, hogy a likopin tartalom az első szedéskor (07.30.) volt a legalacsonyabb és az utolsó (09.04.) szedéskor kaptuk a legmagasabb értékeket, a normál és az emelt CO_2 szint esetében egyaránt. Ez egyértelműen azzal indokolható, hogy az idő előrehaladtával a hőmérséklet folyamatosan csökkent (különösen a hajnali minimumok), ami a likopin bioszintézisét elősegítette, fokozta. A három szedés átlagát figyelembe véve az emelt CO_2 szint a bogyók likopintartalmát és összes polifenoltartalmát szignifikánsan ($P<0,05$) csökkentette, a káros HMF tartalmat viszont szignifikánsan növelte. A C-vitamin

mennyisége tekintetében viszont nem tapasztaltunk lényeges különbséget az emelt CO_2 szint hatására. Az összes antioxidáns státusz (TAS) vonatkozásában szintén nem találtunk szignifikáns eltérést a 700 ppm-es CO_2 kezelés hatására.

30. táblázat Az emelt CO_2 és a kétszeres nitrogénadag hatása a fontosabb beltartalmi összetevőkre 2003-ban

	emelt nitrogén		**normál nitrogén**	
	normál CO_2 (350 µmol mol^{-1})	**emelt CO_2** (700 µmol mol^{-1})	**normál CO_2** (350 µmol mol^{-1})	**emelt CO_2** (700 µmol mol^{-1})
Brix^o	7,75±0.13	8,88±0.58	8,92±0.55	8,30±0.18
Szénhidrát (%)	4,45 ± 0,09	5,17 ± 0,46	4,85 ± 0,33	4,30 ± 0,30
Sav (‰)	7,10 ± 0,26	7,37 ± 0,25	7,10 ± 0,26	7,70 ± 0,56

31. táblázat Az emelt CO_2 szint hatása a paradicsom bogyók antioxidáns- és HMF tartalmára 2002-ben

	normál (350 µmol mol^{-1}) **CO_2**				**emelt** (700 µmol mol^{-1}) **CO_2**			
Szedések / Jellemzők	07. 30.	08. 21.	09. 04.	**Átlag**	07. 30.	08. 21.	09. 04.	**Átlag**
Likopin mg/100 g	8,54 ± 0,83b	10,66 ± 1,09a	12,91 ± 1,29c	**10,70 ± 2,11A**	7,71 ± 1,53d	8,00 ± 0,73d	11,30 ± 1,14e	**9,00 ± 2,01B**
Összes polifenol mg/100 g	82,9 ± 5,4b	81,6 ± 8,4b	90,6 ± 3,4a	**85,0 ± 6,9B**	76,9 ± 2,5c	79,4 ± 10,9c	80,9 ± 3,5c	**78,7 ± 6,8C**
C-vitamin mg/100 g	27,7 ± 1,6a	29,5 ± 6,8a,b	39,7 ± 12,8b	**32,3 ± 9,4A**	28,6 ± 1,1a,b	28,9 ± 5,2a	25,9 ± 3,9a	**27,8 ± 3,7A**
TAS mmol/l	1,59 ± 0,08b	1,70 ± 0,13a,b	1,68 ± 0,23b	**1,66 ± 0,15B**	1,63 ± 0,07b	1,74 ± 0,21b	1,73 ± 0,15b	**1,70 ± 0,15B**
Hidroximetil -furfurol µmol/kg	109,9 ± 13,6b	97,2 ± 15,3c,b	82,0 ± 19,3c	**96,3 ± 18,9A**	106,6 ± 15,7a	140,5 ± 24,9d	111,8 ± 40,6a,b	**119,6 ± 30,5B**

A 2003. évi mérések alapján a Brix°, a szénhidrát- és a savtartalomhoz hasonlóan az antioxidánsok esetében is lehetőségünk volt az emelt CO_2 szint hatásának értékelése mellett a növelt nitrogén adag (kétszeres) elemzésére is (32. táblázat). Ebben az évben a bogyók antioxidáns-tartalmára vonatkozóan nem vonhatók le olyan egyértelmű következtetések, mint az előző évben. Az emelt CO_2 hatására ugyan csökkent a likopin mennyisége átlagos nitrogénellátás esetén, de ez a különbség nem volt szignifikáns. Ezzel szemben a kétszeres nitrogénadag 700 ppm-es CO_2 szint mellett is növelte szignifikánsan a likopin mennyiségét. A HMF esetében normál nitrogén adagok esetében ugyan rendkívül magas értékeket mértünk, de a minták között a szórás értekei is nagyok voltak. A 2003. év csapadékszegénysége, és a gyakran előforduló hőségnapok miatt a kamrába lévő növények több stressz-hatásnak (hő-víz-stressz) voltak kitéve, ez is indokolhatja, hogy az antioxidánsok tekintetében nem kaptuk egyértelmű adatokat.

32. táblázat Az emelt CO_2 és a kétszeres nitrogénadag hatása a paradicsom bogyók antioxidáns- és HMF tartalmára 2003-ban

	emelt nitrogén		**normál nitrogén**	
	normál CO_2 (350 µmol mol^{-1})	**emelt CO_2** (700 µmol mol^{-1})	**normál CO_2** (350 µmol mol^{-1})	**emelt CO_2** (700 µmol mol^{-1})
Likopin mg/100g	15,3 ± 1,0	16,7 ± 0,4	16,4 ± 2,6	15,1 ± 2,1
Összes polifenol mg/100 g	98,0 ± 1,7	110 ± 13,6	101,5 ± 0,7	99,0 ± 1,9
TAS	1,27 ± 0,03	1,46 ± 0,07	1,50 ± 0,07	1,38 ± 0,25
Hidroximetil-furfurol µmol/kg	86,3 ± 9,5	91,4 ± 5,1	198,7 ± 64	195 ± 36,6

A két alapvetően eltérő kísérleti év eredményeiből összefoglalóan megállapítható:

- a 700 ppm –re növelt CO_2 szint a paradicsom bogyókban a beltartalmi értékékeket tekintve nem eredményezett kedvező irányú változást, ellenkezőleg a technológiai és az érzékszervi összetevők (Brix°, cukor) mennyisége csökkent, a táplálkozás-élettani tulajdonságokat meghatározó paraméterek (likopin, összes polifenol) szempontjából szintén kedvezőtlen eredményeket kaptunk.
- abban az esetben mikor az emelt CO_2 szint (700 ppm) megnövelt nitrogénellátottsággal párosult, akkor a Brix° és a cukortartalom is szignifikánsan növekedett.
- a 2002-es eredmények alapján a szedési időpontok és az ezzel szorosan összefüggő környezeti tényezők (hőmérséklet, fény) alakulása jelentősebb mértékben befolyásolták a bogyók likopin tartalmát, mint a CO_2 szint.

Az ezen felüli általánosabb érvényű következtetések levonására további vizsgálatok szükségesek.

5.2.4. Víz, vízellátottság, öntözés

Az abiotikus tényezők közül a víz illetve a növények vízellátottságának mértéke alapvetően meghatározza a termésképzés szempontjából fontos fenológiai fázisok lezajlásának eredményességét. Hazai és külföldi irodalmi adatokból az is közismert, hogy a vízellátottság nem csupán a virágzásra, a kötődésre, a termésnövekedésre és ezen keresztül a termésmennyiségre hat, hanem befolyásolja a beltartalmi összetevők alakulását is. A Kertészeti Tanszéken Dr. Cselőtei László irányításával az 50-es évek közepétől különböző zöldségfajokkal vízforgalmi vizsgálatok kezdődtek. A paradicsommal, mint a legfontosabb tesztnövénnyel a vízforgalmi kísérletek 1959-ben, az öntözési kísérletek, pedig 1962-ben kezdődtek el. Tanszékünkön közel 4 évtizedes paradicsom öntözési kísérletek eredményei, ami Dr. Cselőtei László és Dr. Varga György munkássásságához kötődik nem csupán hazai, de nemzetközi léptékkel mérve is kiemelkedő tudományos teljesítmény. 1983-ban kapcsolódtam a tanszéken folyó öntözési kutatásokhoz és disszertációmat „ A zöldségnövények vízellátottságának és öntözési igényének meghatározása a lombhőmérséklettel" címmel 1991-ben készítettem el. Az értekezés fő tesztnövénye a zöldbab mellett a paradicsom volt. Az itt közölt eredményekre a jelen értekezésben természetesen nem szeretnék kitérni.

Ebben a fejezetben a teljesség igénye nélkül szeretném összefoglalni a vízellátottság, az öntözés hatását a paradicsom termésképzésére és az ipari paradicsom termesztése estén az egyik legfontosabb beltartalmi paraméterre, az oldható szárazanyag tartalomra. Az eredmények ismertetésénél felhasználtam, a Tanszék korábbi eredményeit is, amit az egyes időszakok feldolgozása során már a korábbi publikációkban is megtettünk.

5.2.4.1. Vízellátottság illetve az öntözés hatása a termésképzésre, termésmennyiségre

A termés mennyiségi paramétereinek alakulását a különböző öntözési kezelésekben 21 év átlagában és a két vizsgált fajta esetében a 33. táblázat mutatja be. Az adatokból kitűnik, hogy kisparcellás kísérletben öntözés nélkül alacsony termésmennyiséget kapunk. A több mint két évtized átlagában, a jó időben adott egyszeri 40 mm öntözés is, de különösen a rendszeres öntözés növelte a betakarítható árutermés mennyiségét. Rendszeres öntözéssel 21 év átlagában 50-80%-kal magasabb termést értünk el, mint öntözetlen körülmények között. A rendszeres öntözés javítja a virágok kötődésének, a termés kialakulásának és növekedésének feltételeit. Ezt a bogyók darabszáma és átlagtömegük gyarapodása is mutatja. A Kecskeméti 886-os fajtánál a termés hektáronkénti darabszáma alig (mindössze 7%-kal), viszont a Kecskeméti Jubileum fajta esetében 35%-kal nőtt a rendszeres öntözés hatására. Az öntözés hatása a bogyók átlagtömegének alakulásában is kifejezésre jut. Rendszeres öntözés hatására 35-40%-kal nagyobb átlagtömegű bogyókat takaríthattunk be.

Az öntözés hatását a termés minőségének megoszlására a 34. táblázat mutatja be. Öntözetlenül a két fajta árutermése csaknem megegyezett (30,0 és 30,6t/ha). Ezen belül azonban a hiányos vízellátás miatt a K.886 fajta bogyóinak 30%-a apró (II. osztályú) maradt (nem érte el a 40 mm átmérőt). Ez a hatás a termés tömegében és különösen a darabszámban figyelhető meg. Tehát a kedvezőtlen vízellátás hatására a fajta érzékenységétől függően a bogyók elaprósodnak. A Kecskeméti Jubileum fajta esetében öntözés nélkül az egy hektárról betakarítható termés darabszámának 18-19%-a volt II. osztályú, tehát apróbb, viszont rendszeres öntözés mellett ez az arány csak 8%. A hiányos vízellátásra a Kecskeméti 886 fajta érzékenyebben reagált, hisz öntözetlen körülmények között a II. osztályú (40 mm átmérő alatti) termések aránya meghaladta a 40%-ot, rendszeres öntözés mellett, pedig nem érte el a 20%-ot.

33. táblázat Az öntözés és a fajta együttes hatása a paradicsom termésére Gödöllő, 1977-1997. évek átlagában

	Kecskeméti Jubileum					Kecskeméti 886				
	1 öntözés nélkül	2 1x40 mm öntözés	3 1x40 mm öntözés	4 rendsz. öntözés	**fajta átlaga**	1 öntözés nélkül	2 1x40 mm öntözés	3 1x40 mm öntözés	4 rendsz. öntözés	**fajta átlaga**
Termésmennyiségt/ha										
I. oszt.	26,6	30,7	37,5	52,3	**36,8**	20,2	23,3	28,3	40,2	**28,0**
II. oszt.	3,4	3,2	3,5	2,0	**3,1**	10,4	9,3	10,0	5,8	**8,9**
Áru	30,0	34,0	41,0	54,4	**39,8**	30,6	32,6	38,4	46,0	**36,9**
Oszt.al.	9,4	8,3	9,5	12,8	**10,0**	4,7	4,6	5,9	9,0	**6,1**
Érett	39,3	42,2	50,5	67,1	**49,8**	35,3	37,2	44,3	55,0	**42,9**
Termés darabszám ezer db/ha										
I. oszt.	329	369	434	537	**417**	373	416	489	622	**475**
II. oszt.	113	106	119	61	**100**	394	340	350	197	**320**
Áru	442	475	553	598	**517**	767	756	840	818	**795**
Oszt.al.	169	150	162	172	**163**	146	140	173	201	**165**
Érett	610	626	716	769	**680**	913	896	1013	1019	**960**
Bogyó átlagtömeg g/db										
I. oszt.	78,9	83,0	85,8	97,0	**86,2**	53,6	56,2	57,9	64,6	**58,1**
II oszt.	31,2	31,3	31,4	34,2	**32,0**	27,2	28,0	29,9	30,2	**28,8**
Áru	66,8	71,8	74,6	90,7	**76,0**	40,2	44,1	46,7	56,4	**46,9**
Oszt.al.	55,3	55,8	60,4	74,8	**61,6**	30,0	31,5	34,1	44,2	**35,0**
Érett	64,0	68,1	72,1	87,1	**72,8**	38,9	42,4	44,4	54,1	**45,0**

Helyes és Varga (1994); Varga et al. (1998) alapján

34. táblázat A termés minőségi megoszlása (az érett termés %-ában) Gödöllő, 1977-1997. évek átlagában

	Kecskeméti Jubileum					Kecskeméti 886				
	1 öntözés nélkül	2 1x40 mm öntözés	3 1x40 mm öntözés	4 rendsz. öntözés	**fajta átlaga**	1 öntözés nélkül	2 1x40 mm öntözés	3 1x40 mm öntözés	4 rendsz. öntözés	**fajta átlaga**
Termésmennyiség%-os megoszlása										
I. oszt.	67,5	72,7	74,2	77,9	**73,8**	57,2	62,7	64,0	73,1	**65,2**
II. oszt.	8,7	7,7	7,0	3,0	**6,1**	**29,5**	24,9	22,7	10,6	**20,7**
Áru	76,2	80,4	81,2	81,0	**80,0**	86,7	87,6	86,6	83,6	**85,9**
Oszt.al.	23,8	19,6	18,8	19,0	**20,0**	13,3	12,4	13,4	16,4	**14,1**
Érett	100	100	100	100	**100**	100	100	100	100	**100**
Termés darabszám%-os megoszlása										
I. oszt.	53,9	58,9	60,6	69,8	**61,3**	40,9	46,4	48,3	61,0	**49,5**
II. oszt.	**18,5**	16,9	16,6	**7,9**	**14,7**	**43,2**	37,9	34,6	**19,3**	**33,3**
Áru	72,5	75,9	77,2	77,8	**76,0**	84,0	84,4	82,9	80,3	**82,8**
Oszt.al.	27,7	24,0	22,6	22,4	**24,0**	16,0	15,6	17,1	19,7	**17,2**
Érett	100	100	100	100	**100**	100	100	100	100	**100**

Helyes és Varga (1994); Varga et al. (1998) alapján

Az öntözés termésre gyakorolt hatása nagy mértékben függ az egyes évek időjárásától, különösen a tenyészidő hőmérsékleti és csapadékviszonyaitól. Különböző tartamú (21-36 éves) időszakok értékelésekor jellegzetes évjárattípusokat különböztethetünk meg a paradicsomtermesztés eredményessége szempontjából. A következőkben ezeket az évjárattípusokat mutatom be:

Öntözés nélkül is nagy (60t/ha feletti) termés, optimális vízellátás esetén. 1977-1997. között nem fordult elő, korábban 1966 és 1975 volt ilyen év.

Öntözés nélkül is elfogadható (40-55t/ha körüli) *termés, de a jól időzített* egyszeri 40 mm vízadagú *öntözés nagyon kedvező* hatású. További öntözés felesleges. A 21 évből 5 év volt ilyen, vagyis az évek 24%-a (36 évből 8 év, azaz 22%).

Öntözés nélkül is elfogadható termés (40-55t/ha körüli), de a kellő időben végzett egyszeri öntözés hatása nagyon jó, viszont *a tartósan meleg és száraz idő rendszeres öntözést tesz szükségessé,* ami különösen nagy termések elérését biztosítja. E két fajtából 21 évből 3 év, azaz 14%, míg 36 évből 5 év (szintén 14%) volt ilyen, amikor az adott területen lehetséges legnagyobb termés volt elérhető.

Öntözés nélkül (35t/ha alatti) *kis termést* kaptunk a legszárazabb években. Nagy termések eléréséhez ilyenkor *rendszeres öntözésre van szükség.* Magyarországon, homoktalajon az évek jelentős része ilyen, 21 évből 9, azaz 43%, illetve 36 évből 15 év (42%).

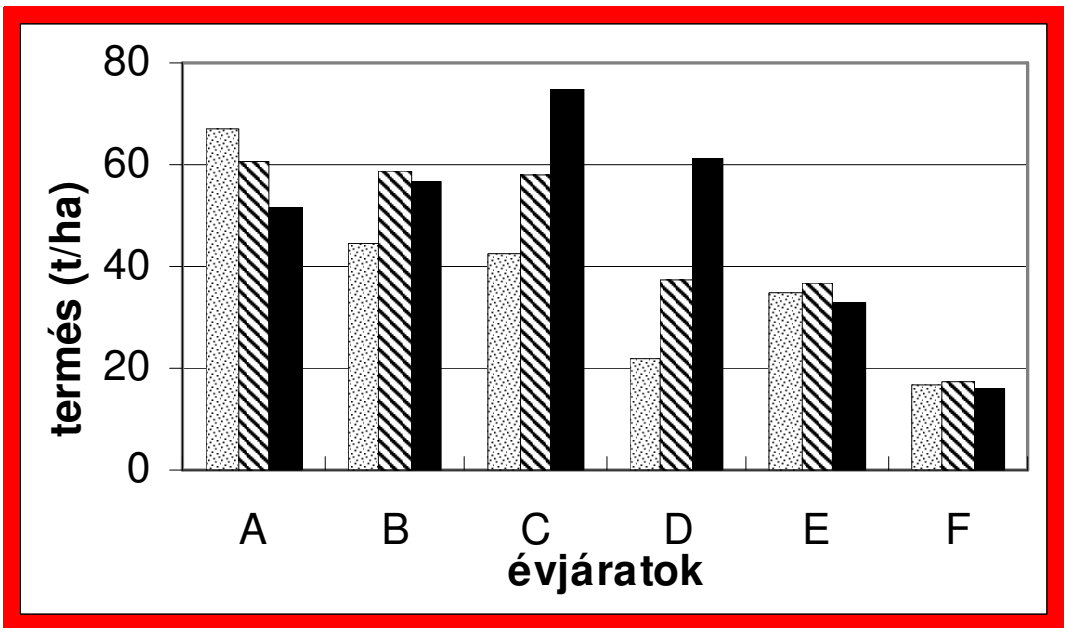
Vízellátástól függetlenül átlag körüli termés. 21 évből 2 esetben, illetve 36 évből 3 évben, tehát 8 és 10%-ban fordult elő.

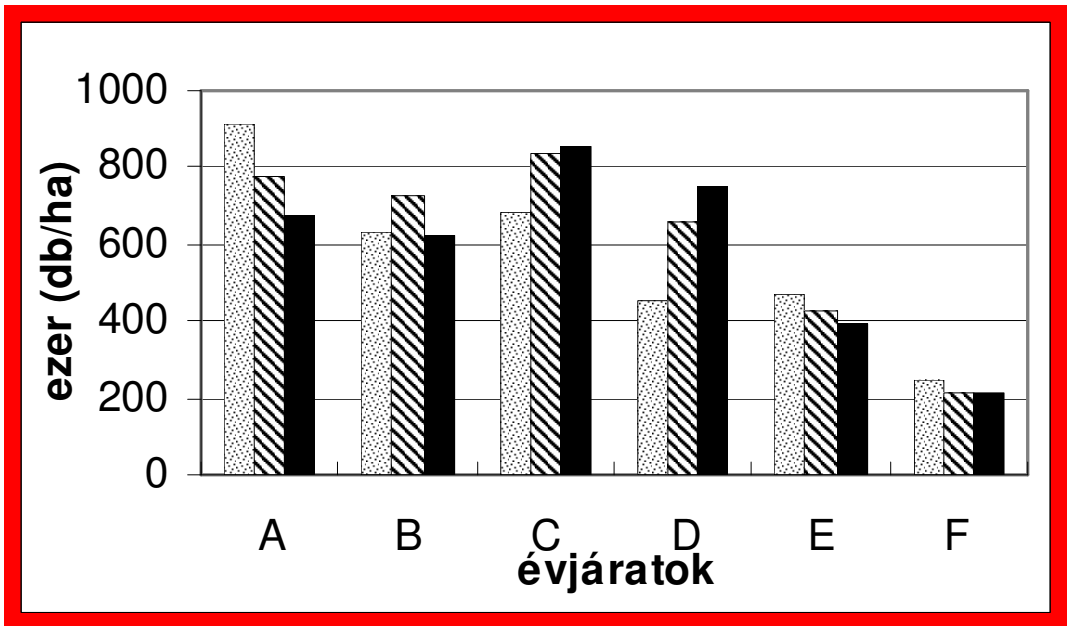
Vízellátástól függetlenül (20t/ha alatti) *minimális termést* a hideg, csapadékos évek adták. Esetenként a késő tavaszi talajmenti fagyok káros utóhatása, illetve a hideg csapadékos május-június idézte elő. Előfordulása szintén 21 évből 2, illetve 36 évből 3 év.

(Helyes és Varga (1994) alapján)

A rendszeres öntözést igénylő C és D évjárat tekinthető aszályosnak, ami az évek 56-57%-át jelenti. A jól időzített öntözést igénylő B évjárattal együtt az évek zömében (75-80%-ában) kell tehát a paradicsom öntözésére számítani.

A 64. ábra jól szemléltetik a paradicsom évjáratonkénti átlagos termésének különböző mutatóit öntözetlen, 1x40 mm vízadaggal és rendszeresen öntözött növényállományok esetében. A termés tömegét, darabszámát figyelembe véve megállapítható, hogy a rendszeres öntözés csak a C és D évjáratokban (ez az évek több mint fele!) kedvező hatású, egyébként káros. B típusú években (az évek 20-25%-ában) az egyszer 40 mm jól időzített öntözés adta a legnagyobb terméstömeget és darabszámot.

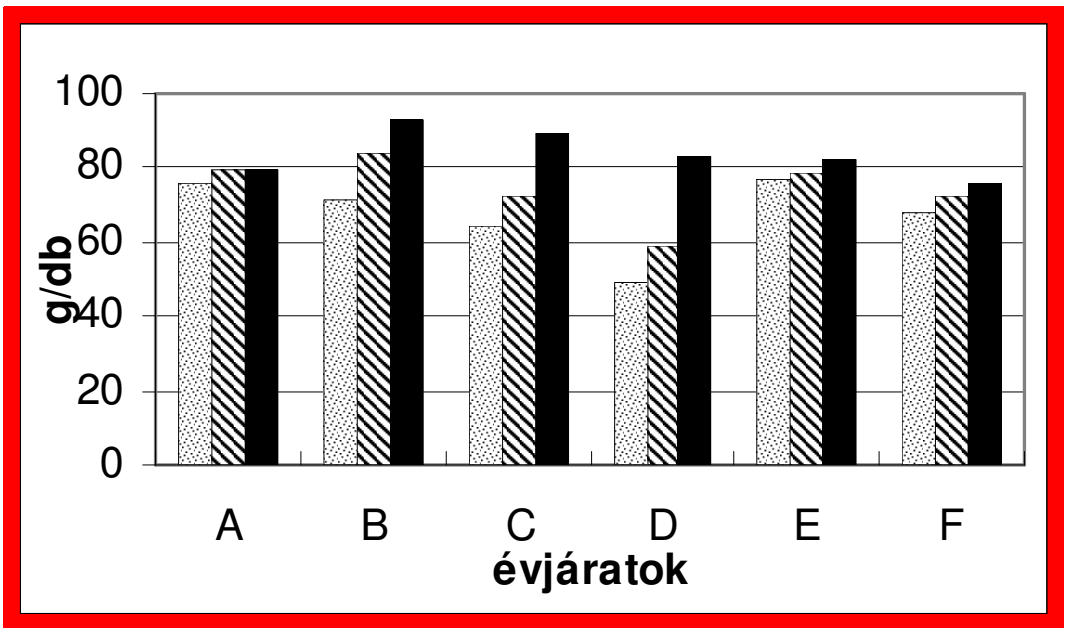




64. ábra Az évjárat és az öntözés együttes hatása a termés tömegére és darabszámára Gödöllő, 1962-1994. (Helyes et al. (1999); Varga és Dimény (2002); Varga (2002) alapján)

öntözetlen
1x40 mm vízadaggal
rendszeresen öntözött

A bogyók átlagtömege az évjárattól függetlenül az öntözés hatására mindig növekedett és a rendszeresen öntözött állományokban volt a legnagyobb (65. ábra).



65. ábra Az évjárat és az öntözés együttes hatása a bogyók átlagtömegére Gödöllő, 1962-1994. (Helyes et al. (1999); Varga és Dimény (2002); Varga (2002) alapján)

öntözetlen
1x40 mm vízadaggal
rendszeresen öntözött

5.2.4.2. Vízellátottság, illetve az öntözés hatása az oldható szárazanyag-tartalomra.

A 35. táblázat az öntözés hatását a bogyók szárazanyagtartalmának alakulására, illetve a hektáronként előállítható szárazanyag hozamot mutatja be. A szárazanyagtartalom (Brix°) a konzervipar számára az egyik legfontosabb értékmérő paraméter. A bogyók oldható szárazanyagtartalma öntözés nélkül néha túlzottan is magas volt. Egyes években elérte, illetve meghaladta a 7%-ot, ami már más értékmérő tulajdonságokat is kedvezőtlenül befolyásol. Öntözés hatására a refrakció% egyértelműen csökkent, az öntözés időpontja és öntözővíz mennyiségétől függően a bogyók szárazanyagtartalma 10-20%-kal volt alacsonyabb. E kedvezőtlen hatás jobb tápanyagellátással jelentősen mérsékelhető. Viszont a lényegesen nagyobb arányú termésmennyiség növekedés miatt az egy hektáron megtermelt szárazanyagtartalom 30-50%-kal nőtt.

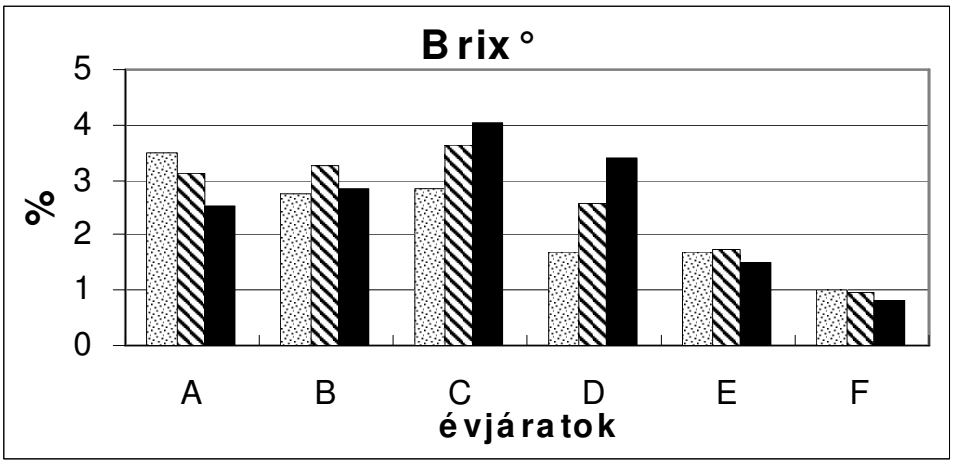
Az öntözés és az évjárat típusok hatásának együttes értékelését mutatja a be a 66. ábra. A bogyók vízben oldható szárazanyagtartalma (Brix°) öntözés hatására csökken és mindig a rendszeres öntözésnél a legalacsonyabb. A szárazanyaghozam viszont a C és D típusú években az egyszeri jó időpontban elvégzett 40 mm vízadagú öntözéssel, több mint 3t/ha szárazanyaghozammal számolhatunk.

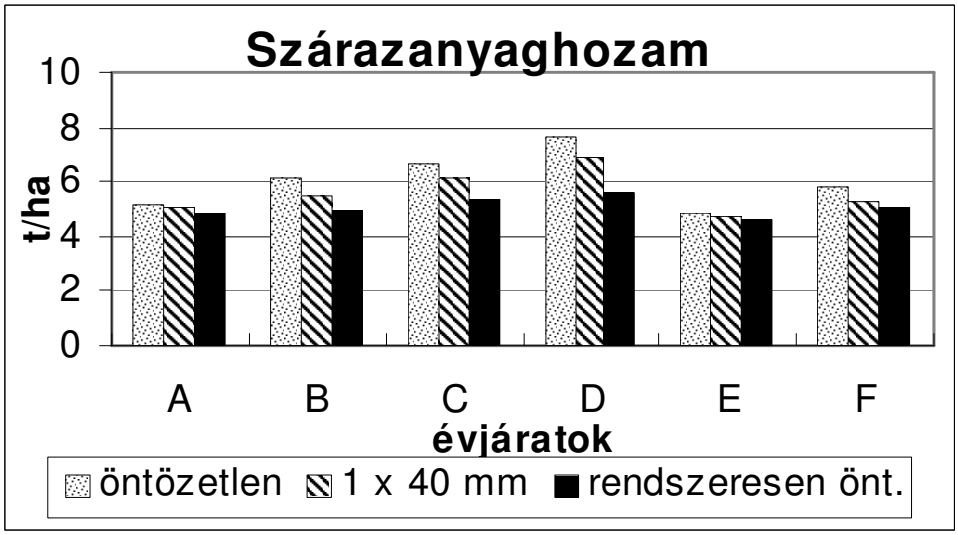
Ebben a fejezetben (5.2.4) ismertetett eredmények egy hosszú tartamkísérletből általános érvényűen levonható következtetések, amelynek létrehozásában Dr. Varga Györgynek és Dr. Cselőtei Lászlónak kimagasló és meghatározó érdemei vannak. Mivel én személyesen csupán ráépülő kísérletekkel és a kísérleti adatok részbeni feldolgozásával kapcsolódtam e kísérletsorozathoz, ezért nem tartanám etikusnak, hogy ezen eredményeket saját önálló tudományos munkámként tüntessem fel. Ez az oka annak, hogy az új tudományos eredmények részben (6. pont) az abiotikus tényezők közül a víz nem szerepel. A téma jelentősége miatt viszont indokoltnak tartottam rövid ismertetését a disszertációban.

35. táblázat Öntözés és a Brix° alakulása Gödöllő, 1977-1997. évek átlagában

	Kecskeméti Jubileum					Kecskeméti 886				
	1 öntözés nélkül	2 1x40 mm öntözés	3 1x40 mm öntözés	4 rendsz. öntözött	**fajta átlaga**	1 öntözés nélkül	2 1x40 mm öntözés	3 1x40 mm öntözés	4 rendsz. öntözött	**fajta átlaga**
Refrakció%										
I. oszt.	6,64	6,40	6,09	5,36	**6,12**	6,06	5,85	5,65	5,12	**5,67**
II. oszt.	7,20	6,85	6,41	5,44	**6,47**	6,46	6,13	5,95	5,16	**5,93**
Áru	6,74	6,47	6,14	5,36	**6,18**	6,25	5,94	5,75	5,12	**5,77**
Szárazanyag kg/ha										
I. oszt.	1697	1941	2261	2837	**2184**	1187	1348	1591	2086	**1553**
II. oszt.	257	237	244	114	**213**	706	599	634	306	**561**
Áru	1954	2178	2503	2952	**2397**	1894	1947	2220	2392	**2113**

Varga et al. (1998) alapján





66. ábra Az évjárat és az öntözés együttes hatása a bogyók szárazanyagtartalmára és a hektáronkénti szárazanyag hozamra Gödöllő, 1962-1994. (Helyes et al. (1999); Varga és Dimény (2002); Varga (2002) alapján)

5.2.5. Érésgyorsítás

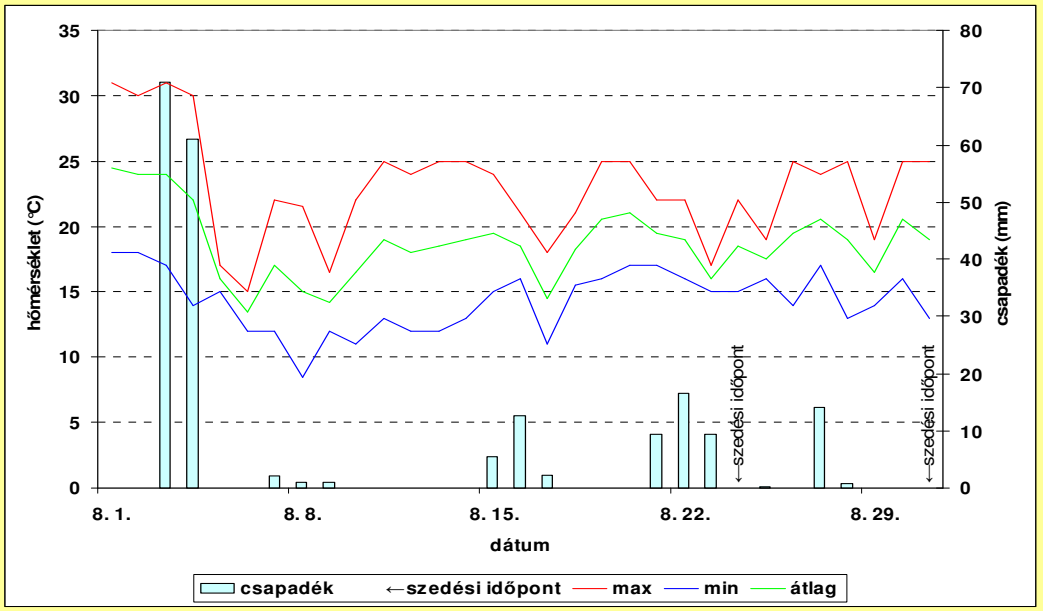
Az ipari célú paradicsomtermesztésben a gépi betakarítás egyik alapkövetelménye az egyszerre érés. Ennek elősegítésére Ethephon [(2-klóretil) foszforsav] hatóanyagú készítményeket használank, az ipari paradicsomtermesztésben való engedélyezése 1973-ban történt meg. Hazánkban is 25-30 évvel ezelőtt már voltak próbálkozások az alkalmazására, de a gépi betakarítás háttérbe szorulásával az érésgyorsítás is elvesztette létjogosultságát. Napjainkaban az egymenetes gépi betakarítás ismét előtérbe került. Kaliforniai és olaszországi kutatók vizsgálták az érésgyorsítás hatását a beltartalmi paraméterekre és a technológiai elemek közé való beilleszthetőségre. 2005-ben tanszékünkön is végeztük kísérletet az ethrel hatásának vizsgálatára. Az érésgyorsítás hatását a determinált fajtakörbe tartozó **ipari paradicsomokból** két fajtát vizsgáltunk meg (Elegi F_1 és Brigade F_1) négy ismétlésben.

A kísérlet fontosabb adatai:

- Vetés időpontja: április 6.
- Kiültetés időpontja: május 11.
- Ethreles kezelés: 1500 és 3000 ppm 08. 10.-én és 08. 17.-én
- Szedés: 2 alakalommal a tenyészidő során (08. 24.-én és 08. 31.-én)
- Tenyészterület: 140+40 cm ikersor és 40 cm tőtávolság

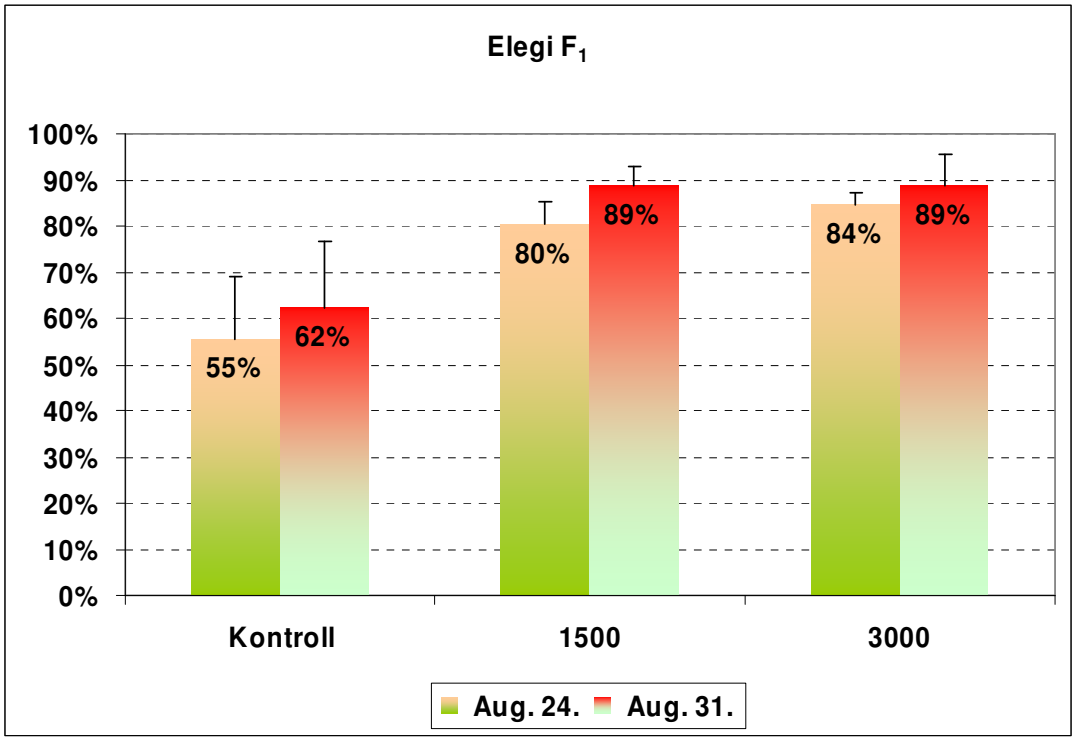
5.2.5.1. Az ethreles kezelés hatása az érésdinamikára ipari fajták esetében

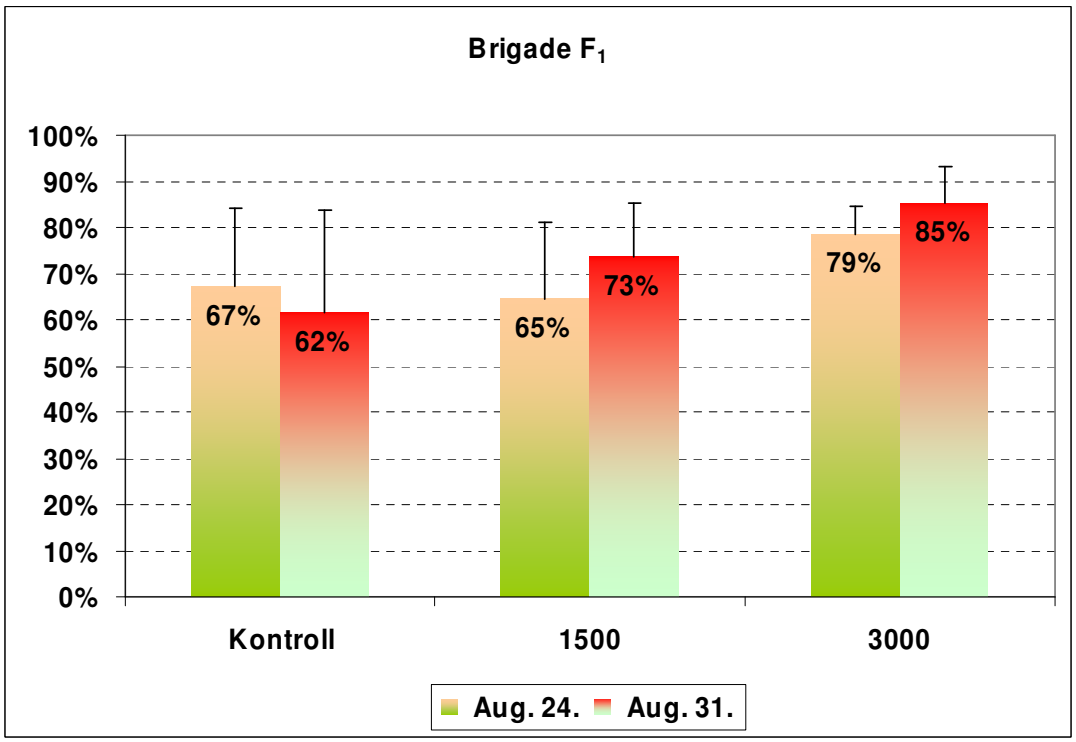
A szedések időpontja előtt két héttel (08. 10-én és 08. 17-én) mind a két fajta esetében 1500 és 3000 ppm-es koncentrációban Ethrellel [(2-chloroethyl) phosphonic acid] kezeltük a növényállományt. A kezelés célja az volt, hogy a két eltérő Ethrel dózis a kontroll parcellákhoz viszonyítva milyen mértékben segíti elő az érést. A 67. ábra az augusztusi hónap hőmérséklet és csapadék adatait mutatja be. Az adatokból egyértelműen kitűnik, hogy nem egy átlagos augusztusi hónapról van szó. Az első szedés (08. 24.) időpontja előtt a csapadék mennyisége meghaladta a 100 mm-t, ez a havi átlagnak több mint a kétszerese. Ezzel összefüggésben a hőmérséklet alacsony volt, a napi középhőmérséklet a hónap során több alakalommal a 15 °C -ot sem érte el, illetve a 20 °C-ot egy- két nap kivételével nem haladta meg.



67. ábra A 2005. évi ipari paradicsom kísérlet hőmérséklet és csapadék viszonyai augusztusban

A 68. ábra mutatja be az érettség mértékének alakulását az ethreles kezelés hatására. Megállapítható, hogy ilyen ökológiai feltételek (csapadék, hőmérséklet) mellett is az Ethrel szignifikánsan (P= 0,05) javította az érettség mértékét, kivétel az 1500 ppm dózisú kezelés a Brigade F_1 hibridnél az augusztus 24.-i szedés estében. A 3000 ppm dózis alkalmazása viszont szignifikánsan nem tért el az 1500 ppm-től.





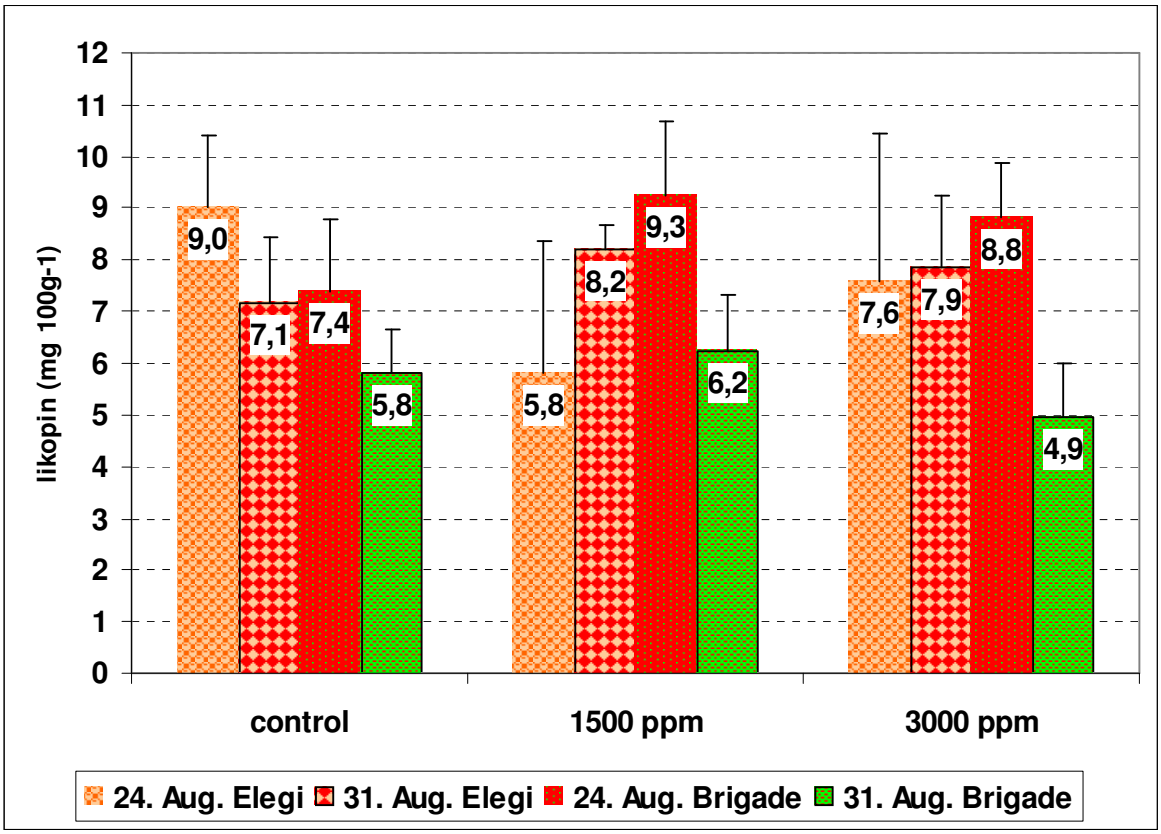
Helyes et al. (2006) alapján

68. ábra A két ethrel koncentráció hatása az érettség mértékére a két szedési időpontban

5.2.5.2. Az ethreles kezelés hatása a beltartalomra, különös tekintettel a likopinra

Az érésgyorsítás alkalmazása kapcsán több alkalommal felmerül az a kérdés, hogy a beltartalmi paraméterek romlanak és ez különösen a likopinra vonatkozik.

Az ethrellel történő kezelés a mi kísérletünkben a bogyók likopin tartalmát nem csökkentette szignifikánsan. Igaz, viszont hogy a vizsgált fajták és a szedési időpontok között jelentős likopin-tartalom eltéréseket mértünk és a szórás értékei is nagyok voltak. Természetesen ez a megállapítás az adott kísérletre vonatkozik, mivel irodalmi adatokból ismert, hogy az ethrel hatása az ipari paradicsom érésdinamikájára és adott esetben a beltartalmi paraméterekre erősen hőmérsékletfüggő.



69. ábra A likopin tartalom alakulása ethrel kezelés hatására 2005-ben

A 36. táblázat összefoglalja a két vizsgált hibrid esetében az 1500 és 3000 ppm dózisú ethreles kezelés hatását a mért beltartalmi értékekre. Megállapítható, hogy az adott ökológiai feltételek mellett az érésgyorsítás nem befolyásolta negatívan a beltartalmi paraméterek alakulását. A Brix° 4,35 és 4,83 között alakult átlagosan a két vizsgált hibrid esetében, ezek az alacsony értékek is utalnak a csapadékos időjárásra. A cukor és a savtartalom esetében sem tudtunk kimutatni szignifikáns különbséget a kezelések között. A káros HMF tartalom tekintetében szintén nem volt jelentős különbség.

Az érésgyorsítás hatásának vizsgálatát az elkövetkező években tovább vizsgáljuk, hogy általánosabb érvényű következtetések levonására is lehetőségünk legyen.

36. táblázat Az ethrel hatása a termés fontosabb beltartalmi összetevőire (átlag±SD)

Elegi F_1	**Kontroll**		**1500 ppm**		**3000 ppm**	
Szedések	**Aug. 24.**	**Aug. 31.**	**Aug. 24.**	**Aug. 31.**	**Aug. 24.**	**Aug. 31.**
Brix°	4,63±0,28	4,6±0,14	4,35±0,10	4,4±0,22	4,45±0,19	4,58±0,22
Sav	3,96±0,44	3,78±0,41	3,66±0,14	3,66±0,09	3,92±0,15	3,67±0,32
Cukor	2,1±0,24	2,35±0,10	2,15±0,26	2,23±0,17	2,13±0,05	2,23±0,17
Likopin	**9,03±1,38**	**7,15±1,31**	**5,82±2,55**	**8,22±0,45**	**7,58±2,87**	**7,86±1,39**
HMF	74,4±23,04	79,7±28,92	50,5±7,04	61±4,36	56.8±5,28	54,6±11,20
Brigade F_1						
Brix°	4,83±0,33	4,83±0,3	4,6±0,37	4,5±0,08	4,48±0,30	4,5±0,08
Sav	3,69±0,28	3,6±0,26	3,82±0,54	3,72±0,42	4,17±0,08	3,72±0,42
Cukor	2,33±0,32	2,7±0,39	2,13±0,15	2,43±0,26	2,08±0,10	2,43±0,26
Likopin	**7,4±1,38**	**5,81±0,7**	**9,25±1,45**	**4,94±1,07**	**8,83±1,04**	**4,94±1,07**
HMF	91,3±34,10	74,7±42,16	72,7±10,86	53,8±13,72	68,4±10,61	53,8±13,72

5.3. Biotikus tényezők értékelése a termésképzésre és a beltartalmi paraméterekre

Biotikus tényezőkön az élő környezet által okozott hatásokat értjük. Ezek lehetnek kedvező (biológiai növényvédelemben használt predátorok és parazitoidok stb.), sőt sok esetben nélkülözhetetlen hatásúak (pl.: talajélet, növény és a mikorizák kapcsolata, Rhizóbium fajok szerepe stb.), de károsak is (pl.: kórokozók, kártevők, vadak). Néha az ember tudatos beavatkozását (a termesztéstechnológiát) és a fajtát is ide sorolják, de vannak szakemberek, akik nem tartják ezeket biotikus környezeti tényezőknek.

Vizsgálataink során mi a fajtát és a paradicsom hajtatásában egyre nagyobb szerepet kapó oltást tekintettük botikus tényezőknek és ezek hatását elemeztük a termésképzésre és a fontosabb beltartalmi összetevőkre. A fajtát azért értékeltük biotikus tényezőként, mert genetikailag determinált a produkciós képesség, mely azt is jelenti, hogy mennyi cukrot, savat, szárazanyagot, íz-, zamat- és illatanyagot képes termelni a fajta. A környezeti tényezőkkel, technológiával szembeni tolerancia szintén köthető a fajtához. Egy adott fajta testalakulása, morfológiai felépítése (determinált, folytonnövő, féldeterminált) a lombozat klímájának kialakulásában fontos, így indirekt hatása van a termésképzésre és annak beltartalmi összetevőinek alakulására.

5.3.1. A fajta szerepe

A paradicsom termesztése, felhasználása rendkívül széleskörű. Alapvetően eltérő igények fogalmazódnak meg a friss fogyasztásra illetve az ipari feldolgozásra alkalmas fajtákkal szemben. Részben ez is indokolja, hogy az EU fajtalistán több mint 2300 fajta szerepel, tehát olyan sok fajta van forgalomban és még a fajtaváltás is gyors, hogy a teljességre való törekvés e területen szinte lehetetlen. Napjainkban az étkezési paradicsom piacán egyre nagyobb jelentősége van a fogyasztók igényeinek. A fogyasztás növelése és az egyre szélesebb körű elvárásoknak való megfelelés kapcsán említhetjük a cseresznye-, a szendvics-, a koktél-, a fürtösen értékesített és az úgynevezett húsparadicsomot, melyek mindegyike meghatározott fajtához, fajtatípushoz kötődik.

Az étkezési fajták között már a 90-es években rohamosan terjedtek, a pirosan szedhető és jól tárolható (LSL) fajták, melyek éréslassító géneket (*rin*- ripening inhibitor; *nor*-non ripening) tartalmaztak. Tárolhatóságuk érett állapotban 3-8 hét, ízük és belső színeződésük azonban javításra szorult (Milotay, 1996). A friss fogyasztási célra forgalomba hozott fajták nagy része már ebbe a fajtatípusba tartozik, mivel ízüket sikerült javítani, némileg a tartósság rovására (Kóródi, 2000). A hajtatási fajtáktól elvárható, hogy a fürtön belüli virágszám legalább 6-8 darab legyen. Előnyös tulajdonság még a fürtelágazásra való kisebb hajlam, az élénkzöld hosszú csészelevél, jó kötődőképesség fényszegény körülmények között is, valamint a nyitott növényhabitus, amely megkönnyíti a kezelést és a szedést.

Az ipari fajtáknak a nemzetközi előírás szerint keménybogyójúnak, egyszerre érőnek és géppel betakaríthatónak kell lennie. A sűrítménynek történő feldolgozás esetén a fajtákkal szembeni kívánalom a magas likopin és oldható szárazanyag tartalom.

5.3.1.1. Az alkalmazott fajta hatása a termésképzésre

Az elmúlt közel másfél évtizedben számos fajta összehasonlító vizsgálatát végeztük el tavaszi és őszi hajtatásban egyaránt. Természetesen a vizsgált hibridek között találtunk különbséget a koraiság, a termőképesség és a termés minőségi kategóriánkénti megoszlásában is. Ezeket a jellemzőket már az adott hibridet forgalmazó cég prospektusa is ismerteti, mint a gyakorlat számára fontos információt. A termésképzés szempontjából kritikus fenológiai fázisok (virágzás, kötődés) tekintetében viszont a fajták között az eltérések nem voltak szignifikánsak. A virágzás és a kötődés dinamikájában nagyobb eltéréseket tapasztaltunk az

egyes fürtemeletek között, mint a fajták között. Szintén jelentősebb hatást tudtunk kimutatni a hőmérséklet és a fény alakulása, valamint a virágzás és a kötődés sebessége és hatékonysága esetében (lásd. 5.2.1 és 5.2.2 fejezetek). E területen végzett kísérleteinkből egy év példáján szeretnénk bemutatni a fajták, illetve adott esetben a vizsgálat idején még fajtajelöltek hatását a virágzásra és kötődésre.

A 2000. évi tavaszi hajtatási kísérletünket a folytonnövő fajtakörbe tartozó 4 fajtajelölttel állítottuk be: RX 900, RX 957, RX 958, RX 959.

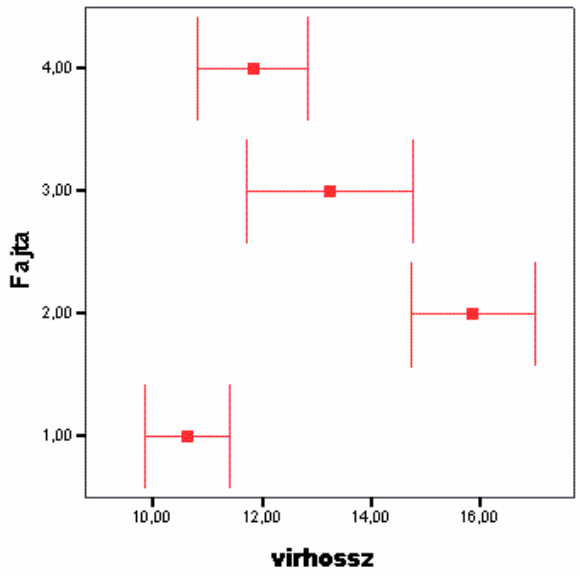
vetés: 1999. december 4-én; tűzdelés: december 17-én;

kiültetés: 2000. január 27-én.

Az állománysűrűség 2,1 növény /m^2 volt.

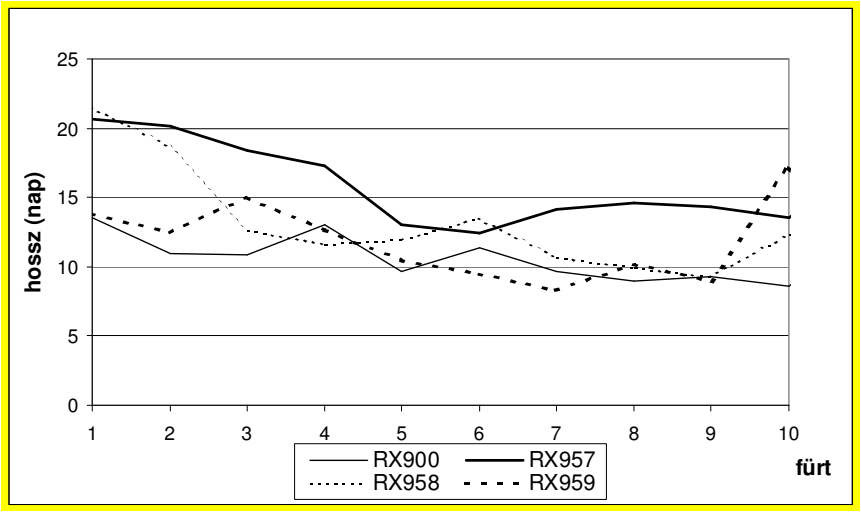
A paradicsomhajtatásban a termésképzés és ezen keresztül a termesztés eredményességének egyik sarkalatos pontja a virágzás. A különböző fürtszintek virágzásának kezdetét, időtartamát és dinamikáját folyamatosan (2 naponként) vizsgáltuk. A virágzás lefolyását alapvetően meghatározzák a fényviszonyok. A fürtönkénti virágszám és a virágzás időtartama alapvetően determinálja a termésképzés későbbi fenológiai fázisainak (kötődés, bogyónövekedés, stb.) eredményességét.

A 70. ábra fajtajelöltenként a 10 fürtszint átlagában, a virágzás időtartamát szemlélteti. A legrövidebb ideig virágzó fürtöket az RX 900-as, míg a leghosszabbat az RX 957-es fajtajelölt adta. RX 900-as esetében a 10 fürt átlagában a fürtök virágzásának hossza átlagosan 11 nap, míg a legvontatottabban virágzó RX 957-es esetében ez 16 napot vett igénybe.



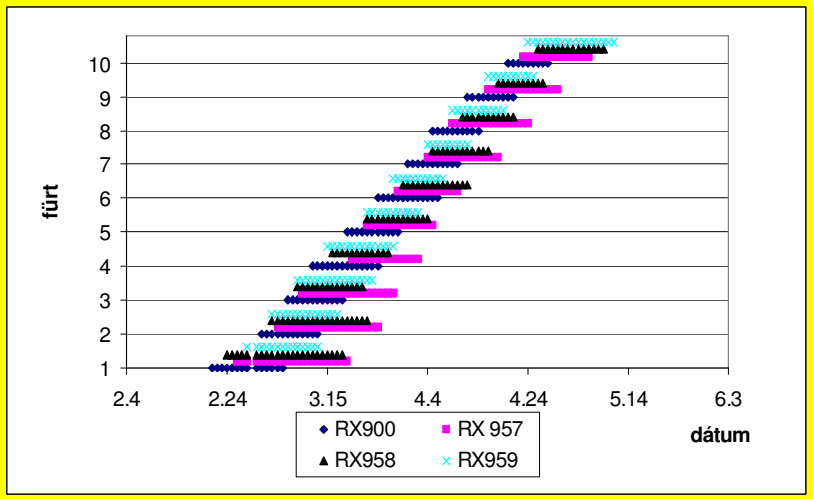
70. ábra A fajtajelöltek virágzáshossza a fürtök átlagában ± SE. (1= RX 900; 2= RX 957; 3= RX 958; 4= RX 959)

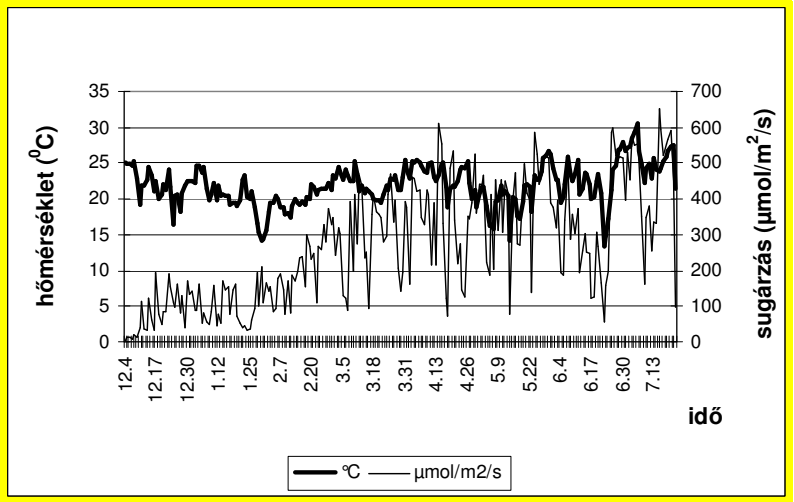
A 71. ábra, pedig fürtönként mutatja be a virágzás hosszát a 4 fajtajelölt esetében. A virágzás időtartamát vizsgálva a leghosszabb ideig virágzó fürt 21 napig, míg a legrövidebb ideig virágzó fürt 9 napig virágzott. Az RX 900-as fajtajelölt adta a legkiegyenlítettebb virágzásdinamikát. Az ábrán látható, hogy a különböző fürtszintek virágzásának hossza 10-15 nap között ingadozott.



71. ábra A virágzás hossza és a fürtszám közötti összefüggés a fajtajelölteknél.

Az 72. ábra a különböző fürtszintek kialakulásának egymáshoz való viszonyát mutatja be a hőmérséklet és a PAR alakulásával együtt. A grafikonon látható az egyes fürtszintek átfedésének mértéke is.

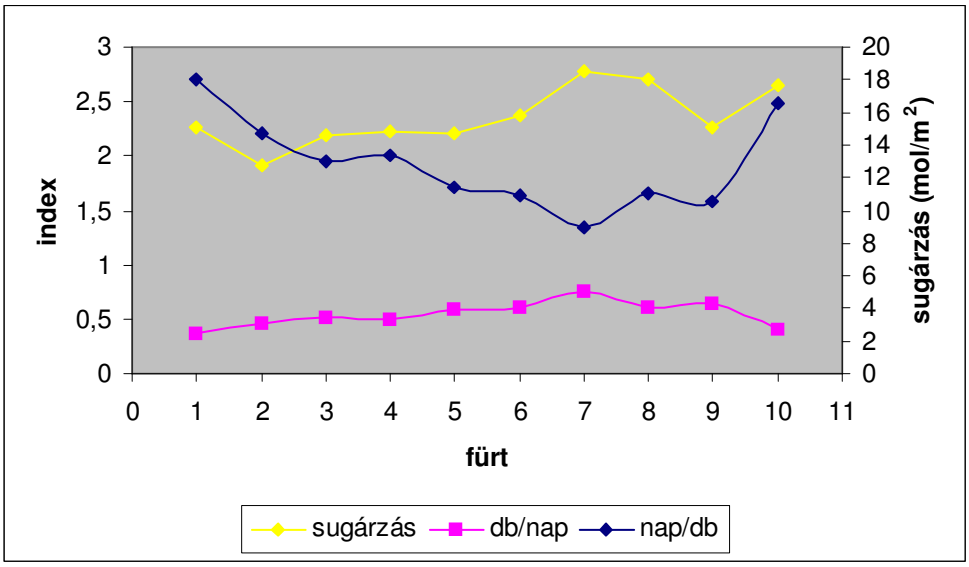




72. ábra A fürtönkénti virágzás hossza a különböző fajtajelölteknél.

A termelők elvárják a hibridektől, hogy nagy virágszámú fürtöket viszonylag rövid idő alatt fejlesszenek ki. Az intenzív virágzásdinamika teremti meg az alapját az eredményes kötődésnek és bogyónövekedésnek. Eredményeink alapján megállapítható, hogy azok a virágfürtök, amelyek vontatottan alakulnak ki, azokon a kötődés is elhúzódik, és még a bogyónövekedés is lassúbb ütemű lesz. Ez utóbbi szempont, pedig már minőségi problémákat is jelent. Az étkezési paradicsom „fürtösen" való értékesítésénél alapkövetelmény a fajtákkal szemben az intenzív virágzás és kötődésdinamika. Természetesen a környezeti tényezők - különösen a fény – jelentősen hatnak ezen fenológiai fázisok bekövetkezésére és lefolyásuk ütemére.

A 73. ábra a virágzás dinamikáját mutatja a 4 hibrid átlagában. Az alsó vonal azt szemlélteti, hogy a különböző fürtszinteken 1 nap alatt átlagosan mennyi virág alakult ki, illetve ennek reciprokát a középső vonal mutatja be. Látható, hogy az alsóbb fürtszinteken (1-4) a virágzás üteme alacsony, átlagosan 0,4-0,5 db virág nyílt ki naponta. A legintenzívebben virágzó fürt a 7. volt, amelyen 0,78 virág nyílt ki naponta. A grafikonon az is látható, hogy ezen fürtszint virágzása alatt voltak a legkedvezőbbek a fényviszonyok (18,6 mol/m^2).



73. ábra A virágzási indexek és a sugárzás alakulása fürtönként

Tanszékünkön Dr. Varga György irányításával 1997 óta végeztek támrendszeres fajta-összehasonlító kísérleteket. A 2002 és 2004 közötti időszakban beállított kísérletek évente változatlan, azonos időben végzett agrotechnikai munkái jó lehetőséget adtak a fajta és az időjárás (évjárat), főként a hőmérséklet termésalakító hatásának feltárására. Varga et al; (2005) megállapította, hogy az egyes fajták virágzásának, érésének kezdetében évenként csekély eltérés tapasztalható. A virágzás kezdetét főként a hőmérséklet befolyásolta, mert minden fajta egyszerre, egy-két nap eltéréssel kezdett virágozni csaknem minden fürtszinten. Eltérés csak a későbbi fürtöknél volt. Összességében megállapítható, hogy a 3 éves öt folytonnövő hibridet összehasonlító kísérlet bebizonyította, hogy a termésképzés szempontjából fontos fenológiai fázisok (virágzás, kötődés, érésdinamika) tekintetében a fajták között kisebb eltérés volt, mint az évjáratok között. Tehát a támrendszeres eredmények csaknem teljes mértékben megegyeznek a folytonnövő paradicsomfajtákkal tavaszi hajtatásban végzett kísérletek eredményeivel (Pék és Helyes, 2004).

5.3.1.2. A fajta (termesztés módja) szerepe a beltartalmi paraméterek alakulására

Egy adott fajta (hajtatásban és szabadföldön egyaránt) fejlődését, növekedését a genetikai determináltság mellett a biológiai igények kielégítésének mértéke határozza meg. A termesztett fajta egy potenciális termés (mennyiség, minőség) lehetőségét jelenti, a környezeti tényezők pedig meghatározzák, hogy ebből mennyi realizálódik.

2003-ban három eltérő termesztési módban végeztünk kísérleteket, amelyek az alábbiak voltak:

- Tavaszi hajtatás- üvegházban (3fajta)
- Szabadföldi támrendszeres termesztés (6 cseresznye típus és 4 un. normál bogyó-átlagtömegű fajta)
- Síkművelés, ipari fajták termesztése (5 fajta)

A **hajtatást** üvegházi körülmények között tavaszi időszakban végeztük. A vizsgált fajták a folyton növő fajtakörbe tartozó Mónika F_1, Vigorex F_1, Daniela F_1 voltak.

Vetés: január 20.

Kiültetés:március 27.

Az állománysűrűség 2,1 növény/m^2. A hibridek növényeit 4 ismétlésben randomizált blokk elrendezésben ültettük ki.

Szabadföldi támrendszeres termesztésben 4 „ún." hagyományos folyton növő hibridet vizsgáltunk (Fanny F_1, Thomas F_1, Delfine F_1, Daniela F_1) és 6 cseresznyeparadicsom fajtakörébe tartozó fajtát.

A támrendszeres kísérlet fontosabb paraméterei:

- Vetés: április 4.
- Kiültetés: május 8.
- Virágzás kezdete: május 25-28.
- Mintavételek napja: augusztus 14. és 29. valamint szeptember 13.
- Tenyészterület: 140+40 cm ikersor és 30 cm tőtávolság

A determinált fajtakörbe tartozó **ipari paradicsomokból** öt fajtát vizsgáltunk meg (Early Fire, Bónus, Falcorosso, Korall és Nívó) négy ismétlésben.

A kísérlet fontosabb adatai:

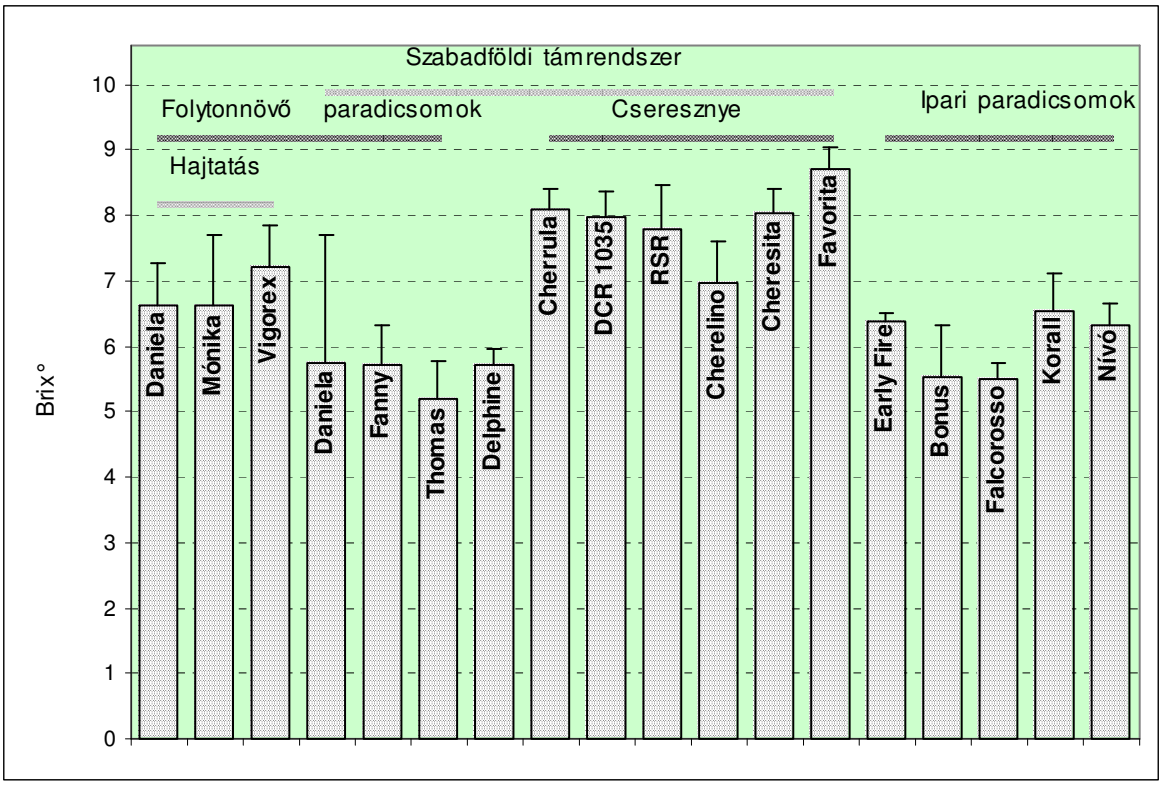
- Vetés időpontja: április 5.
- Kiültetés időpontja: május 11.
- Szedések: augusztus 22. és szeptember 5.
- Tenyészterület: 140+40 cm ikersor és 40 cm tőtávolság

A mintákból, amely fajtánként 1-1 kg mennyiségű volt, minden esetben 4 ismétlésben a következő paramétereket mértük meg: $Brix^0$, cukortartalom, savtartalom, illetve e kettő egymáshoz viszonyított arányát, valamint a likopin és C-vitamin tartalmat.

Oldható szárazanyag-tartalom (Brix°)

A vizsgálatban szereplő 18 fajta oldható szárazanyag tartalma széles határok között változott, a fajták átlagértékeit tekintve 5,2 és 8,7 között. A legalacsonyabb értéket a Thomas F_1 adta támrendszeren, míg a cseresznye típusba tartozó Favorita a legmagasabb 8,7–es Brix°-kal szerepelt. A közismerten magas oldható szárazanyag-tartalommal rendelkező „cseresznye" típusok átlagos $Brix^0$-a 7,9, a hajtatásban szereplő hibridek átlagosan 6,8, a támrendszeres termesztésben lévő ún. „normál" bogyó-átlagtömegű hibridek 5,6, míg a determinált növekedésű ipari fajták 6,1 %-os oldható szárazanyagot produkáltak. Érdekes megemlíteni, hogy a tavaszi hajtatásban és támrendszeres szabadföldi termesztésben is

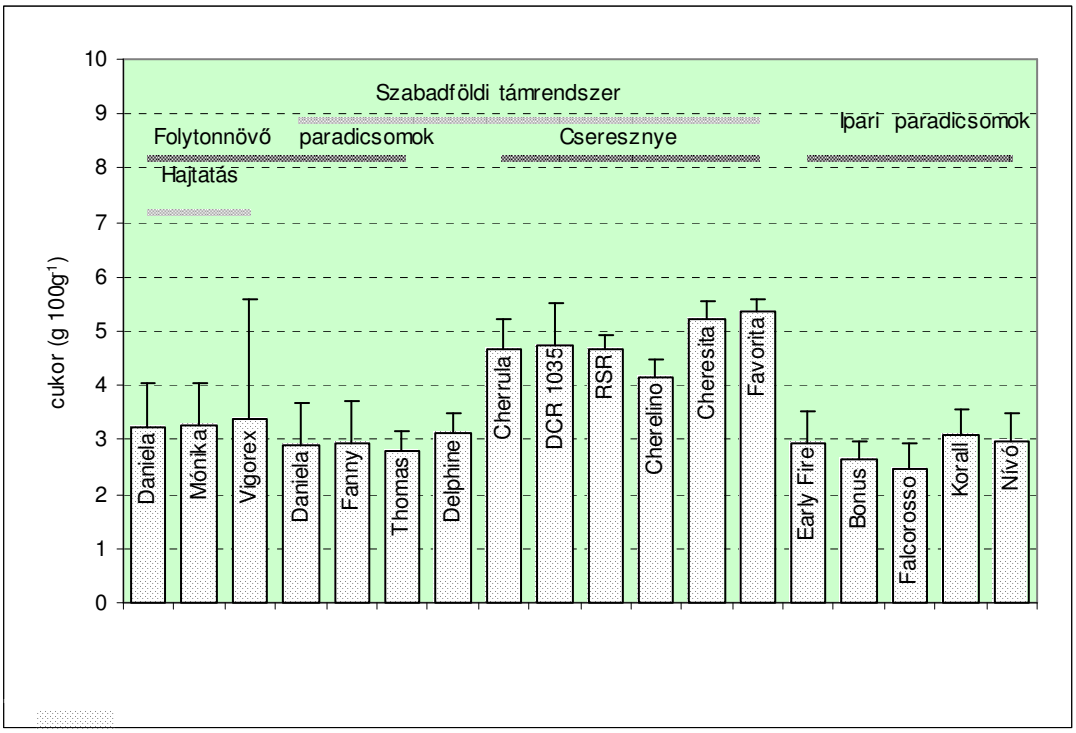
szereplő Daniella F_1 oldható szárazanyag-tartalma támrendszeren közel 13%-kal volt átlagosan alacsonyabb, mint hajtatásban. Ez is mutatja, hogy a fajta potenciális adottságai mellett a termesztés körülményeinek (módjának) is hatása van a Brix°-ra. A részletes eredményeket a 74. ábra mutatja be.



74. ábra A vizsgált fajták Brix° értékeinek alakulása

Cukortartalom

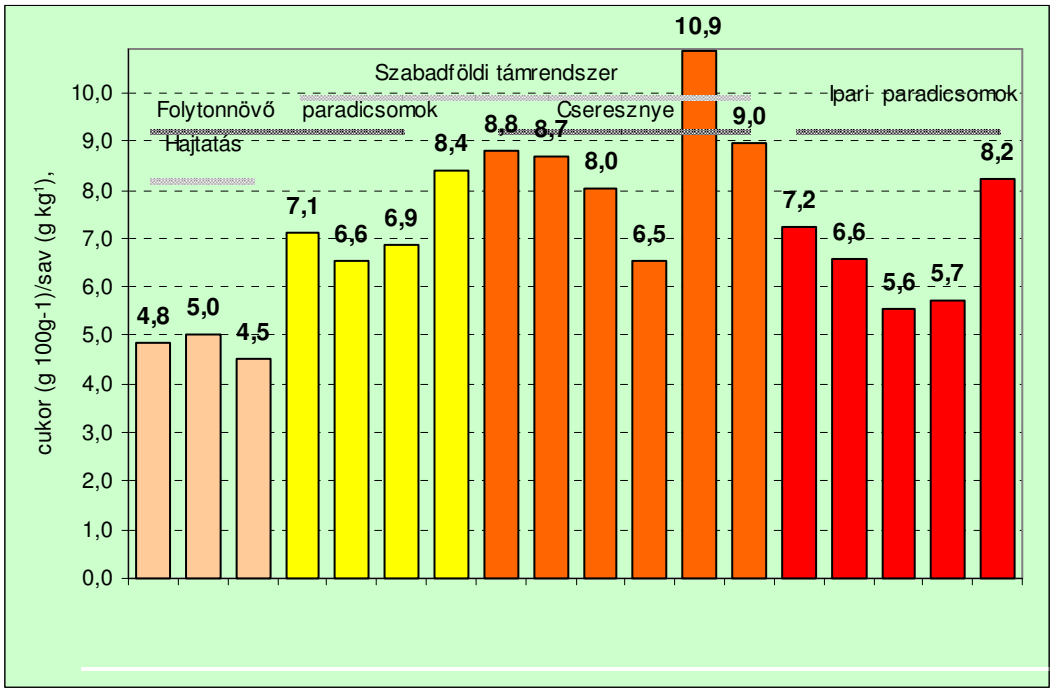
Az irodalmi adatoknak és az elvárásnak megfelelően a vízben oldható szárazanyag (Brix°) 52%-át az összes vizsgált fajta átlagában a redukáló cukrok adták. Viszont az egyes fajták illetve fajtacsoportok között lényeges eltéréseket tapasztaltunk. A várakozásoknak megfelelően a fogyasztók által is „édesnek" nevezett cseresznyeparadicsomok cukortartalma jelentősen meghaladta a többi fajtáét, átlagosan ez 4,8% volt. Ezen fajták esetében a cukrok adták az oldható szárazanyag-tartalom 62 %-át. Ezzel szemben a hajtatott és a támrendszeres szabadföldi hibridek cukortartalma 3 % körül alakult. Érdemes megemlíteni, hogy az ipari felhasználásra termesztett determinált fajták átlagos cukortartalma csupán 2,8 % volt és ez a Brix° 46 %-át jelentette (75. ábra).



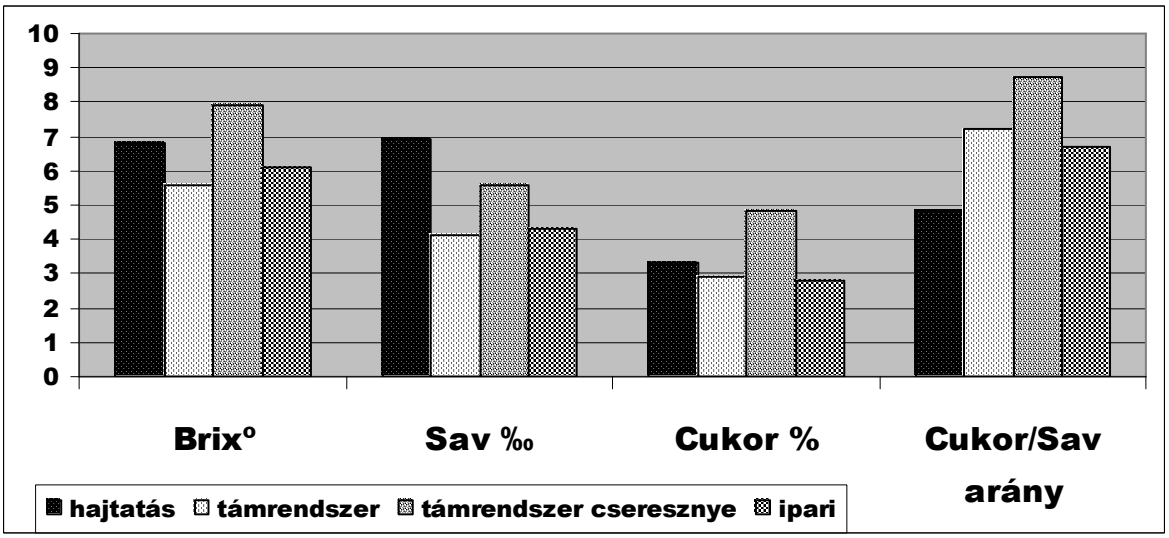
75. ábra A cukortartalom alakulása a vizsgált fajták esetében

Savtartalom

A harmadik fontos beltartalmi érték a savtartalom. Az előző beltartalmi összetevőkhöz hasonlóan itt is nagy eltéréseket tapasztaltunk a fajták között. A savtartalom a vizsgált fajták átlagában 5,2 ‰ volt, viszont az egyes fajták savtartalom értékei 3,6 és 7,5 ‰ között ingadoztak. A termesztési módok közül hajtatásban tapasztaltuk a legmagasabb értékeket (átlagosan 6,9 ‰), míg támrendszeren a legalacsonyabbat (átlagosan 4,1 ‰). Ez természetesen nem csak a fajtákkal magyarázható, hanem az alapvetően eltérő hőmérsékleti és fényviszonyokkal. A termesztés során ható környezeti tényezők jelentős hatását igazolja a hajtatásban és a támrendszeres termesztésben egyaránt szereplő Daniella F_1 savtartalmának alakulása. Tavaszi hajtatásban 6,7, míg támrendszeren csupán 4,1‰ volt a savtartalom. Tehát a támrendszeres szabadföldi termesztésben az eltérő hőmérséklet és fényviszonyok között kifejlődött és beérett bogyók savtartalma közel 40 %-al csökkent. Az együttes ízhatást alapvetően a cukor és a sav egymáshoz viszonyított aránya határozza meg, ezen eredményeket mutatja be a 76. ábra. A legalacsonyabb értéket a hajtatásban kaptuk átlagosan 4,8, viszont támrendszeren a cukor és a sav aránya lényegesen magasabb értékeket adott, de itt fontos megjegyezni, hogy ez egyértelműen az alacsony savtartalomnak köszönhető. Ez különösen igaz a Delphine F_1-re, ahol a kedvezőnek nevezhető cukor-sav arányt egyértelműen a rendkívül alacsony savtartalom (csupán 3,7 ‰) eredményezte. A cseresznye típusokra elmondható, hogy a magas arányszám jelentős sav- és cukortartalmat is takar. A 77. ábra az egyes termesztési módokat jellemző illetve módokban szereplő fajták átlagértékei alapján mutatja be a vizsgált paraméterek alakulását, amelynél már jóval markánsabb eltéréseket tapasztalunk.



76. ábra A cukor- és savtartalom aránya a vizsgált fajták esetében



77. ábra Beltartalmi értékek alakulása a termesztési módtól függően

A 37. táblázat összefoglalóan tartalmazza a kísérletben szereplő fajták vizsgált beltartalmi értékeit, valamint a szórás és a szignifikáns eltéréseket is. Az egyes oszlopokon belül eltérő nagybetűvel jelölt átlagértékek szignifikánsan (P< 0,05) eltérnek egymástól.

37. táblázat A vizsgált fajták beltartalmi értékei

Fajta	Termesztési mód	Brix^0	Sav g citromsav/kg	Cukor g/100g
Daniella F_1	hajtatás	6,63±1,09	6,72±0,80	3,25±0,45
Mónika F^1	hajtatás	6,62±0,65	6,55±0,75	3,29±0,26
Vigorex F_1	hajtatás	7,21±1,93	7,51±2,20	3,40±0,99
	Átlag	**6,82±1,22A**	**6,93±1,25A**	**3,31±0,57A**
Daniella F1	támrendszeres	5,75±0,62	4,09±0,76	2,91±0,54
Fanny F1	támrendszeres	5,70±0,59	4,47±0,77	2,93±0,56
Thomas F1	támrendszeres	5,18±0,28	4,05±0,38	2,78±0,43
Delphine F1	támrendszeres	5,70±0,32	3,73±0,38	3,13±0,24
	Átlag	**5,58±0,45B**	**4,08±0,57B**	**2,94±0,44A**
Cseresznye	támrendszeres	8,08±0,39	5,30±0,55	4,66±0,37
DCR 1035 (szilva)	támrendszeres	7,98±0,68	5,47±0,79	4,74±0,78
RSR (cseresznye)	támrendszeres	7,79±0,64	5,81±0,25	4,67±0,46
Cherelino (cseresznye)	támrendszeres	6,96±0,36	6,36±0,35	4,15±0,42
Cheresita (cseresznye)	támrendszeres	8,03±0,33	4,82±0,32	5,23±0,33
Favorita (cseresznye)	támrendszeres	8,70±0,12	6,00±0,22	5,38±0,39
	Átlag	**7,92±0,42C**	**5,63±0,41C**	**4,81±0,46B**
Early Fire	ipari	6,38±0,78	4,07±0,26	2,94±0,60
Bónus	ipari	5,54±0,25	4,04±0,43	2,66±0,31
Falcorosso	ipari	5,50±0,57	4,41±0,92	2,45±0,50
Korall	ipari	6,55±0,34	5,43±0,89	3,10±0,46
Nívó	ipari	6,31±0,51	3,62±0,33	2,98±0,52
	Átlag	**6,06±0,49A**	**4,31±0,57B**	**2,83±0,42A**

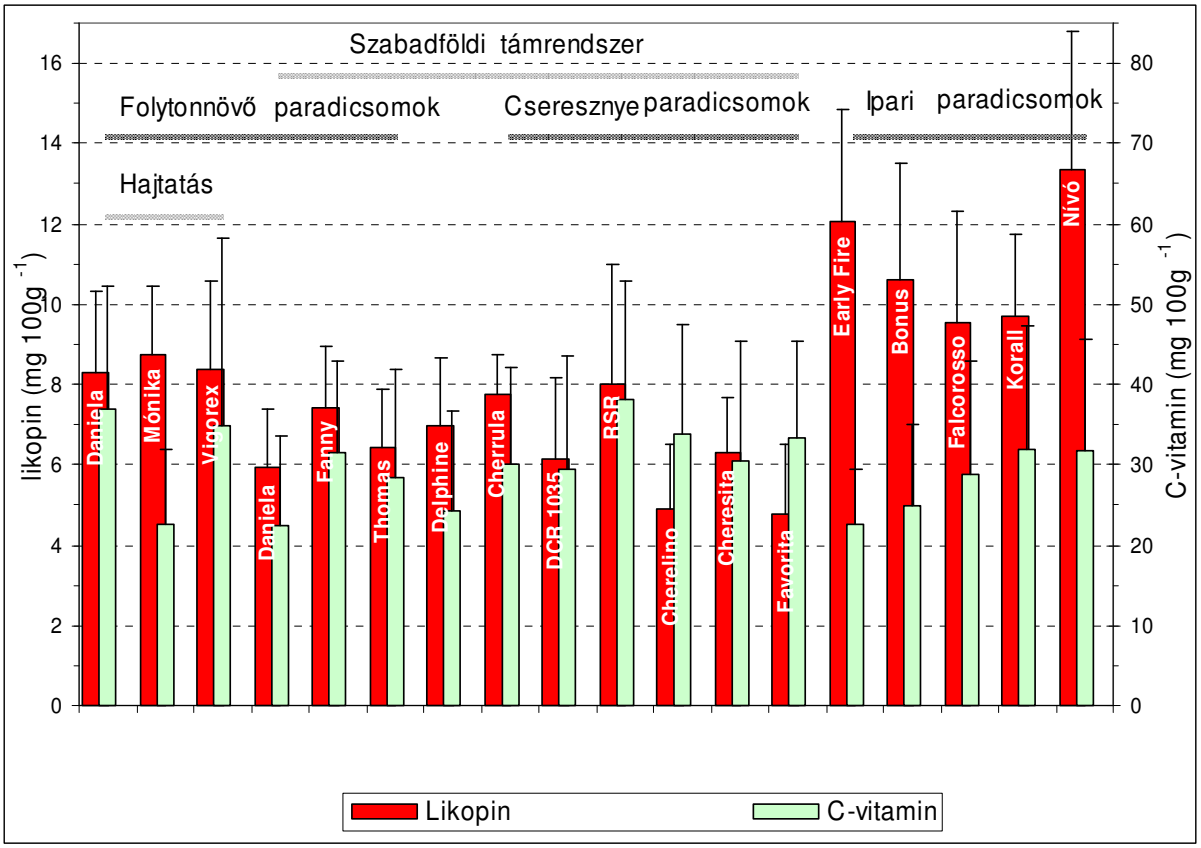
Az érzékszervi szempontból is fontos beltartalmi összetevők (Brix°, cukor sav) mellett vizsgálataink kiterjedtek a táplálkozás-élettani szempontból jelentős tulajdonságok meghatározására, elemzésére is, úgymint a likopin- és C-vitamin tartalomra.

Az 78. ábra a vizsgált fajták likopin- és a másik fontos antioxidáns, a C-vitamin tartalom alakulását mutatja be. Az összes vizsgált mintát (184 db) figyelembe véve a likopin értékek rendkívül széles határok között ingadoztak, a legalacsonyabb érték mindössze 2,8 mg/100 g a legmagasabb, pedig 17,1 mg/100g volt. Ez hatszoros eltérést jelentett! Abban az esetben, ha a vizsgált fajtákra vonatkozó átlagos (4 ismétlés) likopin értékeket hasonlítjuk össze, ami természetesen valamivel reálisabb képet ad, akkor a legalacsonyabb átlagos likopin tartalommal a Favorita 4,8 mg/100 g., a legmagasabbal, pedig a Nívó 13,4 mg/100g fajta rendelkezett. Ez is közel háromszoros különbséget jelent. Fontos megjegyezni azt, hogy a szabadföldi termesztésben szereplő fajták esetében az ökológiai körülmények (fény, hőmérséklet) közel megegyezők voltak. Tehát megállapítható, hogy az adott fajta genetikai adottsága jelentős mértékben befolyásolja, illetve meghatározza a bogyó likopin tartalmát. Az elvégzett összefüggés-vizsgálatok is szignifikáns különbséget mutattak a fajták között.

Néhány külföldi publikációban megjelent eredmény (Kuti és Konoru 2005) azt igazolta, hogy a cseresznye paradicsom hibridek likopin tartalma magasabb, mint az ún.

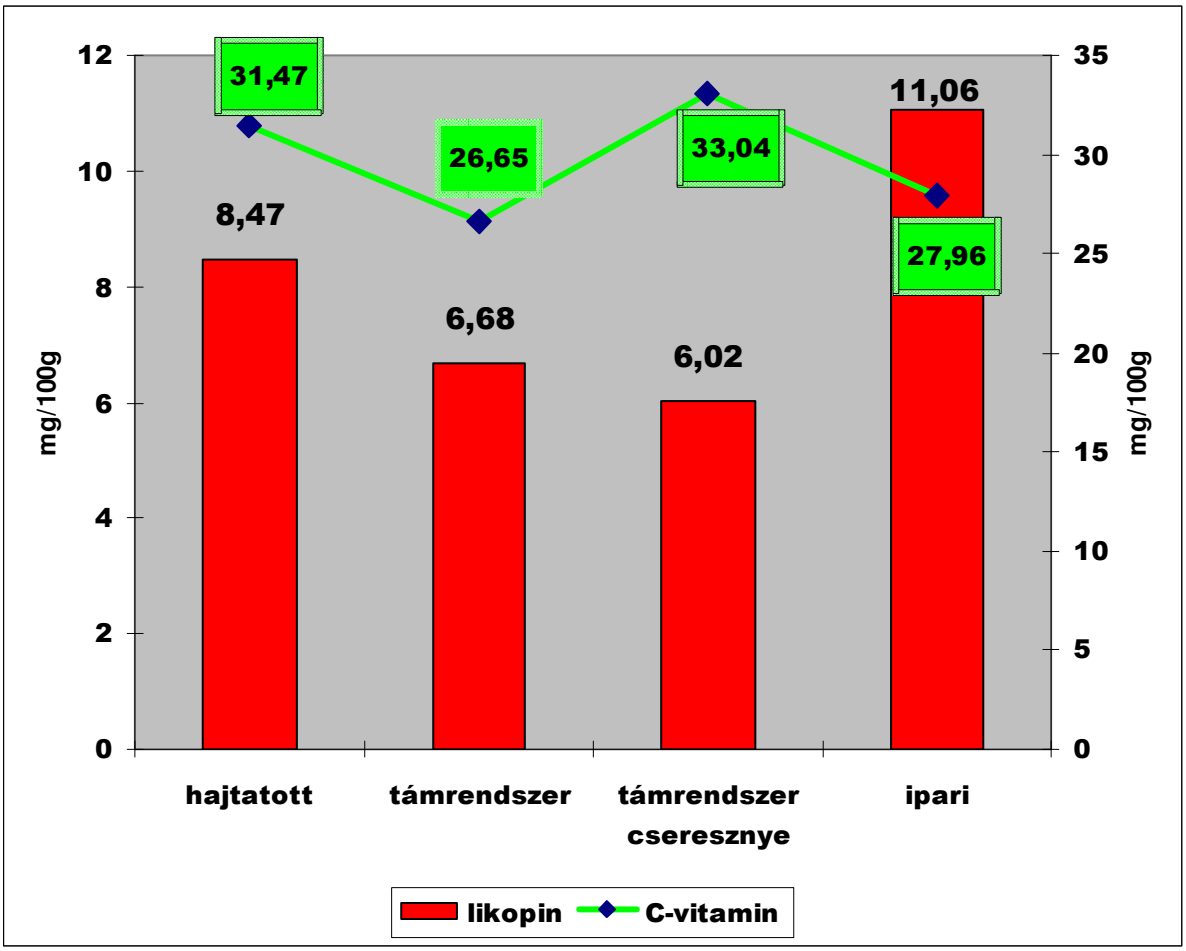
hagyományos bogyó-átlagtömegű fajtáké. Ez a megállapítás valószínűleg igaz hajtatási körülmények között, ahol a hőmérséklet (a korszerű klímaszabályozással ellátott házakban) nem korlátozza a likopin bioszintézisét. Kísérletünkben szabadföldi támrendszeres körülmények között általában a cseresznye típusok alacsony likopin tartalmat produkáltak. A vizsgált 18 fajta közül a két legalacsonyabb likopin értéket a Favorita (4,8 mg/100g) és a Cherelinó (4,9 mg/100g) adták. Valószínűsíthető, hogy a cseresznye típusok nagyon kicsi bogyó-átlagtömege (15-20 g) miatt a bogyó hőmérséklete a nap során gyorsan és jelentős mértékben meghaladja a likopin képződése szempontjából kritikus 32 °C-ot.

A C-vitamin esetében a fajták között nem tapasztaltunk olyan mértékű eltérést, mint a likopin tartalomban. A fajták átlagos C-vitamin tartalma 226 – 381 mg/kg között ingadozott. A támrendszeres és ipari fajták esetében viszont az egyes szedések C-vitamin tartalma között jelentősebb eltéréséket tapasztaltunk, mint a fajták között. Néhány kutató megfigyelései szerint (Winsor és Adams, 1976; Dumas et al; 2003) ha a betakarítást (mintavételt) megelőző időszakban (10-14 nap) kedvezőek a fényviszonyok, akkor ez közvetetten növeli a paradicsom C-vitamin tartalmát, mivel a C-vitamin szintézise alapvetően a glükózon keresztül történik.



78. ábra A vizsgált fajták likopin és C-vitamin tartalmának alakulása

Az egyes termesztési csoportok illetve fajtacsoportok átlagos antioxidáns (likopin, C-vitamin) tartalmát mutatja be a 79. ábra.



79. ábra A likopin- és a C-vitamin tartalom alakulása a termesztési mód illetve a fajtatípustól függően.

5.3.2. Oltás hatása

A zöldségnövények oltása már régóta ismert módszer, hisz már egy ötödik századbeli kínai könyvben is megemlítik (Lee és Oda, 2003). Az első publikációk az oltott növények használatának előnyeiről már az 1920-as évek végén megjelentek, ennek ellenére az 1960-as évekig mégsem voltak közkedveltek, még Japánban és Koreában sem, ahol ma igen nagy arányban használják ezt a módszert. A műanyag borítású termesztő - berendezések bevezetése váltotta ki a robbanásszerű növekedését az oltási technológiák elterjedésének a mérsékeltégövi ázsiai országokban.

A növekedés egyik oka a fóliasátrakban és az egyéb magas légterű termesztő berendezésekben az ún. stressz helyzetek kialakulása volt, ami késő ősztől kora tavaszig lép fel, ilyen az alacsony fényintenzitás, a magasabb páratartalom és az alacsony hőmérséklet. Ez számos élettani rendellenességet válthat ki és különböző élettani betegségekhez vezethet, ami terméscsökkenést okozhat. Ezen kívül változást jelentett a szabadföldi termesztéshez képest a folyamatos termesztés és a meghosszabbodott termesztési időszak (Lee, 2003).

Az oltás hatékonysága kezdetben még 50% alatt volt, egy ember csak 150 palántát tudott egy nap oltani. A mai technikával már 800-1200 palántát tud előállítani egy fő, az oltórobotok pedig több mint 10 000 palántát (Lee és Oda, 2003). Ma már a megfelelő oltási módot használva az eredés közel 100%-os is lehet.

Napjainkban, az ázsiai országokban használják legnagyobb arányban az oltást. A görögdinnye oltása Japánban és Koreában mind szabadföldön, mind üvegházban igen

jelentős, több mint 90%-os a részaránya. Az uborka oltása közel 95% üvegházban, de szabadföldön kevésbé jelentős, 40-50% körüli. Az oltott paradicsom használata még kisebb jelentőségű, Japánban 48%-os, Koreában csupán 5%-os arányú a használatuk (Lee, 2003).

Hollandiában hosszúkultúrás termesztésnél használnak oltott paradicsom palántákat talajnélküli termesztésnél is. Az oltott növények tenyészideje meghosszabbítható, így még további 5-6 fürtről tudnak termést betakarítani.

Oltás során az alany és a nemes tulajdonságai ötvöződnek a növényben, ezért fontos az alany megfelelő kiválasztása (Lee et al., 1998). Romano és Paratore (2001) vizsgálatai azt igazolták, hogy ugyanazt a fajtát más alanyra oltva más termésmennyiség, bogyótömeg, Brix° várható.

Az alanynak köszönhetően az oltott növények gyökérzete erőteljesebb. Ennek egyrészt a jobb tápanyag és vízfelhasználás köszönhető, másrészt a nagyobb citokinin tartalom. A citokinin a gyökérben szintetizálódik, majd ezután szállítódik a föld feletti részekbe, tehát a vegetatív részek citokininszintje a gyökérben lezajló citokininszintézistől függ. A citokinin a növények növekedésére hat, így a termésnövekedés szoros kapcsolatban van a citokinin mennyiséggel (Lee és Oda, 2003). Az alany használatával számos talajeredetű probléma kiküszöbölhető. Ezek a növények rezisztensek a talajból eredő gombás és fonálféreg fertőzésekre, így kiküszöbölhetők a talajfertőtlenítési eljárások (Izbék, 2001). Santa-Cruz-Cuartero (2001) és Santa-Cruz et al; (2001) szerint az oltott növények jobban tolerálják a magas sótartalmat, ilyen körülmények között képesek magasabb termésmennyiség előállítására. Jobban elviselik mind az alacsony, mind a magas hőmérséklet, így a növények korábban kiültethetők a fűtetlen termesztőberendezésekbe és ősszel is tovább folytatható a termesztés.

Zentai (1999) hazai hajtatási tapasztalatai alapján arra a következtetésre jutott, hogy a növények vegetatív növekedése sokkal erőteljesebb, ezért vigyázni kell, hogy ez ne okozzon minőségromlást. Lehetőség van a több szárra való nevelésre, így jobban kihasználhatjuk a nagyobb növekedési erély adta lehetőségeket és így palántaköltséget is lehet megtakarítani.

Természetesen az oltott növények beszerzése/előállítása nagyobb költséget jelent, de ezek a plusz kiadások megtérülhetnek, mivel csökken a talajfertőtlenítés költsége, és a nagyobb termésmennyiségnek köszönhetően több lesz a bevétel.

5.3.2.1. Oltás hatása a termésképzésre

Kísérletünket a folytonnövő fajtakörbe tartozó Daniela F_1 (2001) és Lemance F_1 (2002) hibridekkel állítottuk be, amelyhez alanyként mindkét esetben a Beaufort fajtát használtuk.

Vetés: 2001. január 20. és 2002. január 17. 21. (alanyfajta) és 25. alanyfajta és a Lemance F_1 vetése)

Kiültetés: 2001. március 27. és 2002. március 13. saját gyökerű Lemance F_1, míg március 25.-én az oltott Lemance F_1 tehát 11 nappal később kerültek kiültetésre. A kísérleti eredmények értékelésénél ezt természetesen figyelembe vettük.

Az állománysűrűség 2,1 növény/m^2 amelyet 120 cm-es sortávolság és 40 cm-es tőtávolság beállításával alakítottunk ki. A Daniela és a Lemance hibridek oltott és oltatlan növényeit 4 ismétlésben randomizált blokk elrendezésben ültettük ki.

<u>*A kísérlet során az alábbi paramétereket vizsgáltuk:*</u>

- virágzás kezdete, vége
- fürtönkénti virágszám
- kötődés kezdete, vége
- fürtönként kötött bogyók száma
- szedés kezdete

- érés dinamikája
- termés mennyisége

A 2001. évben végzett tavaszi hajtatási kísérletünk során az alábbi eredményeket kaptuk:

Virágzás

Az oltott és az oltatlan növények virágzását a nyolcadik fürtemeletig vizsgáltuk. Az adatok 10-10 növény átlagértékeit jelentik. A kiültetést követő 7-10 nap elteltével az oltott növények már erőteljesebb vegetatív növekedést mutattak. A valószínűleg dinamikusabb gyökértevékenység eredményeként vastagabb szárú és nagyobb levelű növényeket kaptunk. Ennek következményeként az oltott növények átlagosan 5 nappal később kezdtek el virágozni és ez a különbség a felsőbb fürtszinteken is megmaradt, sőt a 7.-8. fürtemeleteknél ez a „késés" már 7-8 nap volt. A fürtönkénti átlagos virágszám tekintetében a nyolc fürtszint átlagában nem tapasztaltunk szignifikáns különbséget. A fürtök virágzásának hosszát vizsgálva megállapíthatjuk, hogy az oltott növények átlagos virágzási időtartama, a nyolc fürtemeletre vonatkoztatva, szignifikánsan hosszabb volt (15%-al). A fürtönkénti virágszám és virágzási időtartam tekintetében az oltott növényeknél a különböző fürtszintek között jóval nagyobb szórást tapasztaltunk, mint az oltatlanoknál. Ez feltehetően az eltérő mértékű vegetatív és generatív növekedésből adódik, ami a két növényállomány között volt, tehát ez is indokolja, hogy az oltott növények tápanyag és vízellátottságának illetve annak mértékének eltérőnek kell lennie (38. táblázat).

38. táblázat Oltás hatása a virágzásra Fajta: Daniela F_1

Fürt szintek	Virágszám darab/fürt		Vetés - virágzás eltelt napok száma		Virágzás hossza (nap)	
	oltott	**oltatlan**	**oltott**	**oltatlan**	**oltott**	**oltatlan**
1.	8,8	8,2	82	77	15,4	15,4
2.	8,2	8,0	90	87	17,8	14,0
3.	13,6	8,4	96	94	19,8	15,4
4.	10,4	8,8	106	101	16,8	10,6
5.	8,0	8,0	116	108	12,4	12,6
6.	6,6	8,2	123	117	11,6	9,8
7.	6,8	9,0	131	124	10,4	12,6
8.	7,0	7,2	137	128	12,0	10,6
átlag	**8,7**	**8,2**	**110,1**	**104,5**	**14,5**	**12,6**

Kötődés

A kötött bogyók száma csak csekély mértékben (6%-al) volt magasabb az oltott növényeknél, mint az oltatlanoknál. A nyolc fürtemelet átlagában az oltott növényeken 8,4 db kötött bogyót, míg az oltatlanoknál 7,9 db kötött bogyót kaptunk fürtönként. A kötődés hossza tekintetében viszont jelentős eltérést tapasztaltunk, szinte majd minden fürtemelet esetében az oltott növények hosszabb ideig kötöttek. Átlagosan több mint 30%-al volt hosszabb az oltott növények kötődése (39. táblázat). Az eddig ismertetett eredményeknek megfelelően alakult a virágzás- és a kötődés dinamikája, amelynek fürtönkénti értékeit a 40. táblázat mutatja be.

39. táblázat Oltás hatása a kötődésére Fajta: Daniela F_1

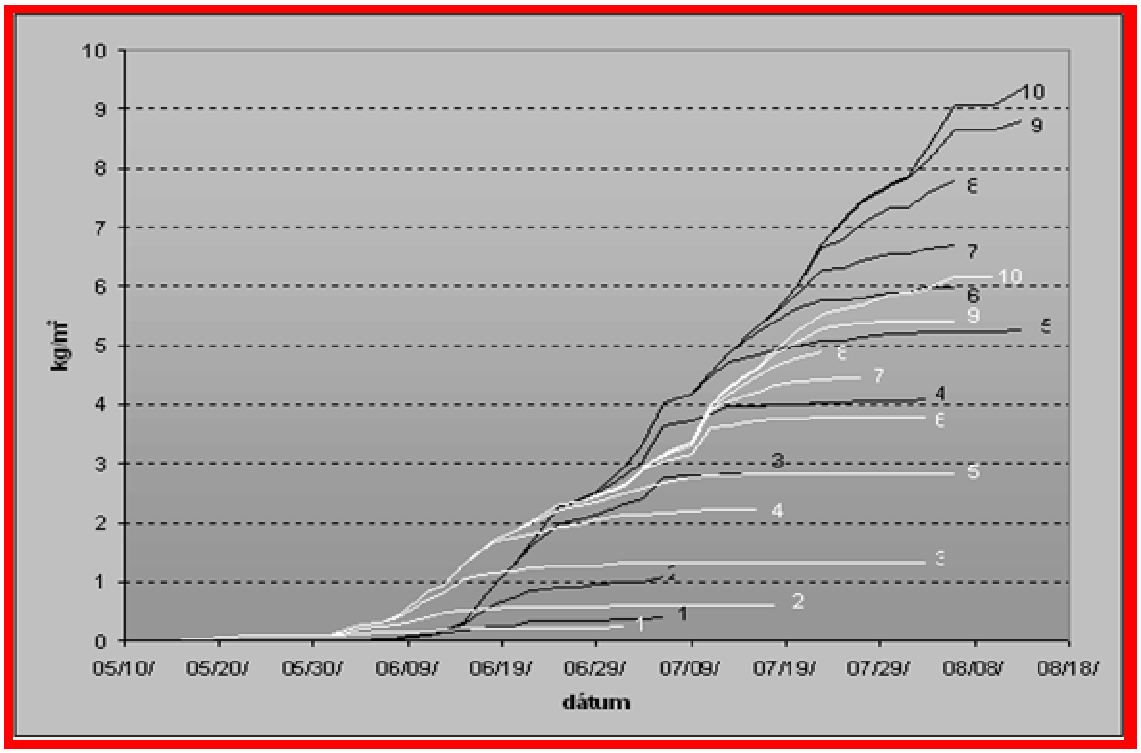
Fürt szintek	Kötött bogyók száma (db)		Vetéstől az első kötődésig eltelt napok száma		Kötődés hossza (nap)	
	oltott	**oltatlan**	**oltott**	**oltatlan**	**oltott**	**oltatlan**
1.	8,6	8,2	91	85	12,4	14,6
2.	8,0	7,8	98	97	13,6	8,0
3.	12,4	8,0	103	100	16,6	13,2
4.	10,6	7,8	111	107	20,0	9,0
5.	8,0	7,8	121	115	13,6	10,6
6.	6,6	7,8	129	122	9,8	10,6
7.	6,0	8,8	136	129	16,2	11,6
8.	6,8	6,8	142	134	11,6	9,0
átlag	**8,4**	**7,9**			**14,2**	**10,8**

40. táblázat Oltás hatása a virágzás- és kötődésdinamika alakulására Fajta: Daniela F_1

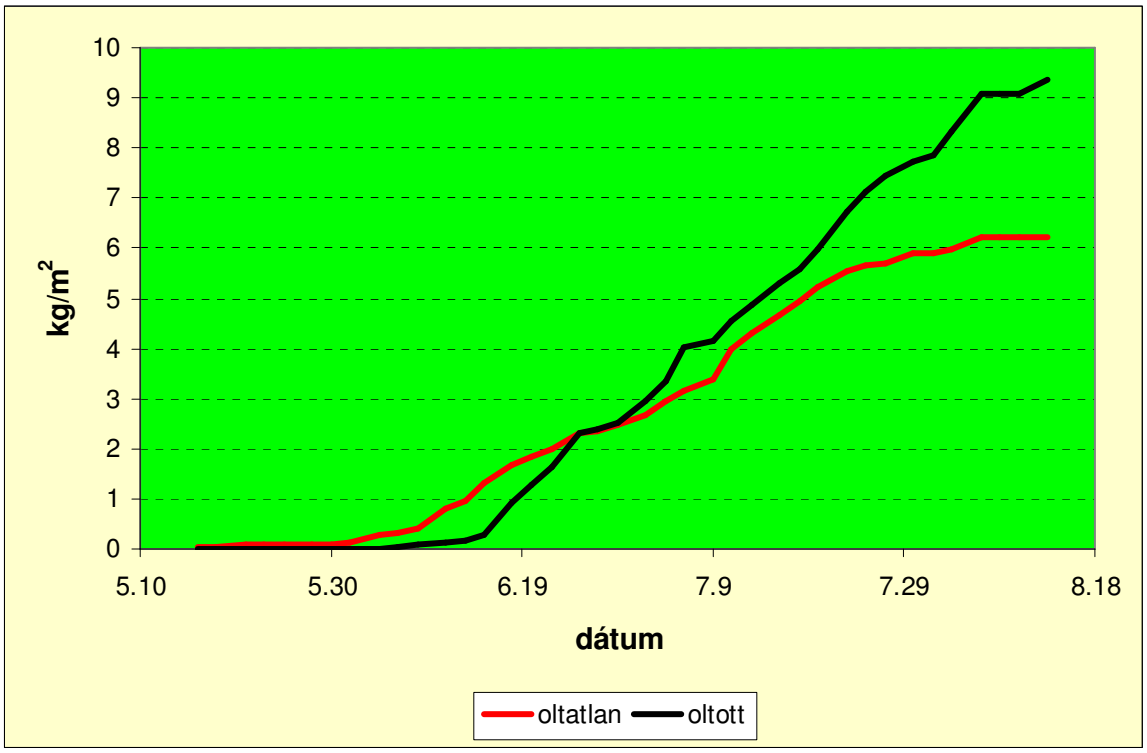
Fürt szintek	Virágzási index db/nap		Kötődési index db/nap	
	oltott	**oltatlan**	**oltott**	**Oltatlan**
1.	0,57	0,53	0,69	0,56
2.	0,46	0,57	0,59	0,98
3.	0,69	0,56	0,75	0,61
4.	0,62	0,83	0,53	0,87
5.	0,65	0,63	0,59	0,74
6.	0,57	0,84	0,67	0,74
7.	0,65	0,71	0,37	0,76
8.	0,58	0,68	0,58	0,76
átlag	**0,60**	**0,67**	**0,60**	**0,75**

Szedés – termésmennyiség

A növényállomány első szedésére 2001. május 16.-án került sor. Ekkor csak az oltatlan növények első fürtjéről takarítottunk be termést. Az oltott növények esetében az első szedésre 1 héttel később, május 23.-án került sor. Az első néhány szedést értékelve megállapíthatjuk, hogy a saját gyökerű növények éréskezdete korábbi, így itt a korai termésarány magasabb. Amikor az oltatlan növényeknél már az 5. fürtemeletet is betakarítottuk, akkor az oltott növényeknél még csak a 3. fürtszinteket szedtük. Szembetűnő volt, hogy az oltott növényeknél nagyobb volt a bogyók szedésenkénti átlagtömege, amely valószínűleg a nagyobb lombtömeg és az erőteljesebb gyökértevékenység eredménye. Az oltott növényeknél az első 3 fürtemelet termésmennyisége közel megegyezett a saját gyökerű növények első 5 fürtszintjének terméstömegével. Ezt követően az oltott növényekről betakarított termés mennyisége egyre nagyobb mértékben meghaladta az oltatlan állományét. A szedési időszak végére, ami egy rövid időtartalmú (4,0-4,5 hónap) hajtatásra vonatkozik, az oltatlan növényekről 6,2 kg/m^2 míg az oltottakról 9,4 kg/ m^2 termést takarítottunk be (80. és 81. ábra).



80. ábra Átlagtermés alakulása fürtszintenként Fajta: Daniela F_1 (fehér vonal: oltatlan; fekete vonal: oltott)



81. ábra Halmozott termésmennyiség alakulása Fajta: Daniela F_1

A 2001. évi kísérlet eredményeiből levonható következtetések az alábbiak szerint foglalhatók össze:

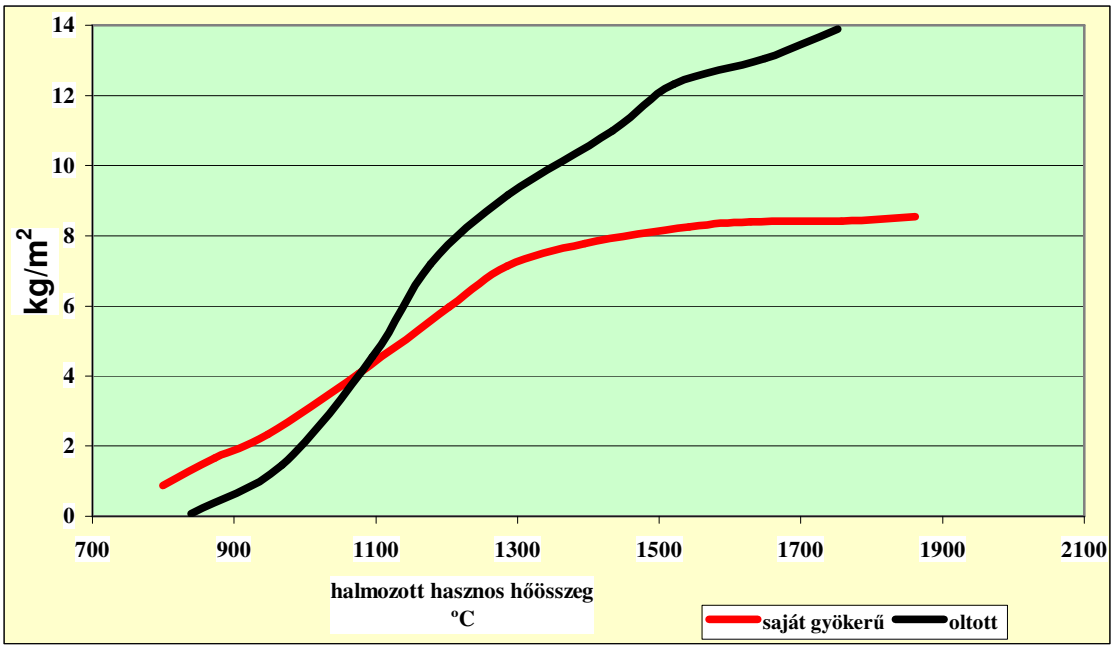
- Az oltott növények erőteljesebb vegetatív növekedésűek, nagyobb lombfelületet produkálnak.
- A virágzás és a kötődés kezdete az oltott növényeknél kb. 1 héttel későbbre tolódik.
- Az egyes fürtemeletek virágzása és kötődése hosszabb ideig tart.
- Az érés kezdete a saját gyökerű növényeknél korábban következik be.
- Az oltott és oltatlan növények eltérő tápanyag- és vízellátottságot igényelnek a vegetatív – generatív egyensúly fenntartásához.
- Az oltás hatására nagyobb bogyó átlagtömegre, kiegyenlítettebb termésre és magasabb terméseredményre számíthatunk.

Mivel természetszerűleg általános érvényű következtetések 1 éves kísérletből nem vonhatók le ezért 2002-ben szintén tavaszi hajtatási időszakban a vizsgálatokat tovább folytattuk. Az alanyfajta változatlanul a Beaufort volt, viszont nemesként a Lemance F_1 szerepelt.

Ebben a kísérleti évben a termésérés dinamikájának, mennyiségének és minőségi megoszlásának vizsgálata jelentette a fő vizsgálati célt.

Az eltérő kiültetési időpont miatt a halmozott termésmennyiség alakulását a kiültetéstől halmozott hasznos hőösszeggel (10 ºC feletti hőmérséklet) összefüggésében vizsgáltuk meg. A 82. ábra a kiültetéstől halmozott aktív hőmérséklet és a halmozott termésmennyiség közti kapcsolatot mutatja. Láthatjuk, hogy az oltott növények első betakarításáig több hőmérséklet felhalmozódásra volt szükség. Míg a saját gyökerű növényeknél a kiültetés és az első betakarítás közt 800 ºC halmozódott föl, addig az oltott növényeknél ez az érték 840 ºC volt. Ez körülbelül 4 nap különbséget jelentett ebben az időszakban.

Az oltott növények termésmennyisége 1076 ºC-nál érte utol a saját gyökerű növények termésmennyiségét. Tehát körülbelül 18 nap telt el a saját gyökerű növények első szedése és aközött, hogy az oltott növények termésmennyisége utolérte a saját gyökerű növényekét.

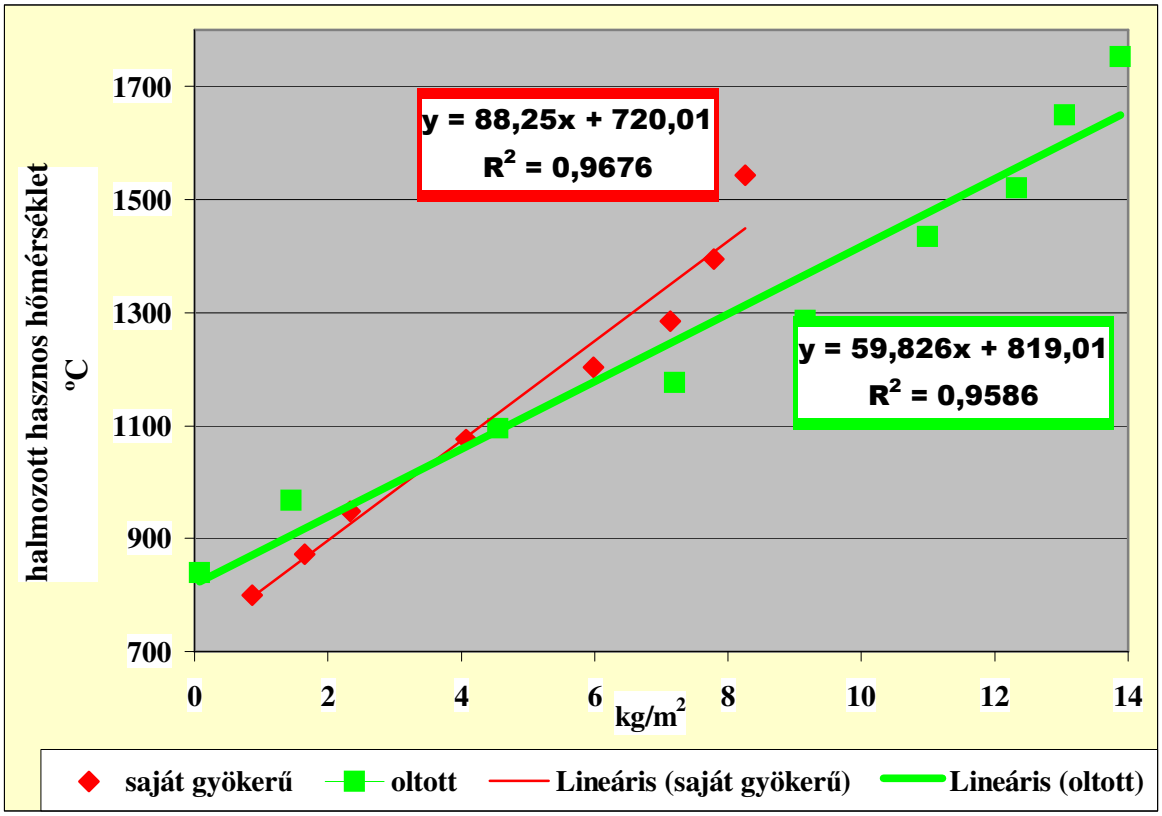


82. ábra A halmozott termésmennyiség alakulása a tenyészidő során

A 83. ábra mutatja a betakarítás ütemére felrajzolható trendvonalakat. A saját gyökerű növényeknél az utolsó szedések azért nem szerepelnek az ábrán, mert azokról, a korábbi kiültetés miatt, már nem takarítottunk be értékelhető mennyiségű termést.

Mindkét esetben a betakarítás menetére felrajzolható egy lineáris trendvonal. A két egyenesnek csak a meredeksége tér el, hisz az oltott növényekről azonos idő alatt nagyobb termésmennyiséget takarítottunk be. A trendvonalak egyenleteiről leolvashatjuk, hogy míg a saját gyökerű növényekről 88 ºC-ként takarítottunk be 1 kg termést, addig az oltott növényekről 60 ºC-ként, tehát azonos mennyiségű hőegységre több termés jutott ez esetben.

Szakmai körökben ismert, ha az érés során az optimálisnál magasabb a hőmérséklet, akkor magasabb lesz a korai termésarány, de csökken az összhozam. Az ábra alapján megállapítható, hogy a saját gyökerű növényekről a termést 744 ºC alatt takarítottuk be, az oltott növényekét, pedig 913 ºC alatt.



83. ábra A halmozott termésmennyiség és a halmozott hasznos hőösszeg közti összefüggés

A tenyészidő során a saját gyökerű növényeknél 20-szor fordult elő 10 ºC alatti hőmérséklet, az oltott növényeknél 15-ször (a későbbi kiültetés miatt), 32 ºC fölötti hőmérséklet 87-szer fordult elő a tenyészidő folyamán, ebből 27 olyan nap volt, amikor a léghőmérséklet 40 ºC fölé is emelkedett a növényházban.

Az oltott növények az alanynak köszönhetően jobban elviselték mind a magasabb, mind az alacsonyabb hőmérsékletet, így képesek voltak e feltételek mellet nagyobb termésmennyiség előállítására. A termésmennyiségek közti különbség adódhatott a bogyószámból és a bogyótömegből, ezért ezt a két paramétert külön-külön is megvizsgáltuk. A 41. táblázat fürtszintenként mutatja be a termésmennyiséget és az ezt meghatározó két paramétert.

Fürtszintenként megvizsgálva a termésmennyiséget egyértelműen megállapítható, hogy az oltott növények lényegesen nagyobb termést adtak mind a 8 fürtemeleten. Ez a különbség különösen az első három fürtszinten szembetűnő. Az oltott növények itt 120%-kal adtak több termést, mint a saját gyökerűek (a saját gyökerű növényekről 1,5 kg-ot, az oltott növényekről, pedig 3,3 kg-ot takarítottunk be). Ez a jelentős különbség a termésmennyiségben már a termesztés elején behozza az oltott palánták előállításával járó plusz költségeket. A felsőbb fürtszinteken az eltérés csökken, aminek az oka valószínűleg a klímaszabályozás hiánya volt.

A **bogyók számát** fürtszintenként megvizsgálva, láthatjuk, hogy a 4.-5. fürtszintet kivéve az oltott növényeknél ez az érték mindig magasabb volt. A saját gyökerű növényeknél az alsó fürtszinteken még viszonylag magas volt a bogyószám, a negyedik fürtszinten kaptuk a legmagasabb értéket (8,6 db). Viszont a felsőbb fürtökön jelentősen csökkent a bogyószám, különösen a 7.-8. fürtemeletnél, ahol ez az érték még az 5-öt sem érte el. Ezzel szemben az oltott növényeknél a 7. fürtszinten is még 6,3 db átlagos bogyószámot tapasztaltunk. Az oltott növényeknél a legmagasabb értéket, 9,1 db bogyót a 2. fürtemeleten kaptuk. A 8 fürtemelet átlagában a bogyószám közti különbség 14% volt. Statisztikailag megvizsgálva az adatokat szignifikáns különbség (P=0,05) viszont e tekintetben nem mutatható ki.

A **bogyók átlagtömegét** megvizsgálva még nagyobb eltérést tapasztaltunk a saját gyökerű és az oltott növényállomány között. Mindkét állományban megfigyelhető, hogy a felső fürtszinteken lévő bogyók tömege kisebb. De ez az elaprózódás a saját gyökerű növényeknél nagyobb mértékű volt, hisz míg a saját gyökerű növényeknél a 8. fürtökről átlagosan 57 g-os bogyókat takarítottunk be, addig az oltott növényekről 78 g-osakat. Ezek a 78 g-os bogyók is meghaladták a saját gyökerű növények 8 fürtemeletre vonatkozó átlagtömegét.

A saját gyökerű növények bogyótömege átlagban 76 g volt, az oltott növényeké, pedig 110 g ez a 45%-os szignifikáns különbség valószínűleg annak köszönhető, hogy ezek a növények a mélyebb és erőteljesebb gyökerezésnek köszönhetően jelentősebb tápanyag és vízforgalmat bonyolítottak le illetve, sokkal jobban tudták hasznosítani a kiadott vizet és tápanyagokat.

41. táblázat A vizsgált fürtszinteken a betakarított bogyók száma és tömege

	Saját gyökerű			**Oltott**		
Fürtszint	Bogyók száma (db)	Bogyók átlagtömege (g)	Fürtönkénti tömeg (kg)	Bogyók száma (db)	Bogyók átlagtömege (g)	Fürtönkénti tömeg (kg)
1.	6,1	69	0,42	8,9	113	1,00
2.	7,1	58	0,42	9,1	130	1,20
3.	7,9	85	0,66	8,4	132	1,11
4.	8,6	97	0,83	7,4	119	0,88
5.	7,4	86	0,64	6,9	107	0,74
6.	6	80	0,48	7	102	0,71
7.	4,6	74	0,34	6,3	97	0,61
8.	4,7	57	0,27	4,9	78	0,38
Átlag	**6,5**	**76**	**0,51**	**7,4**	**110**	**0,83**

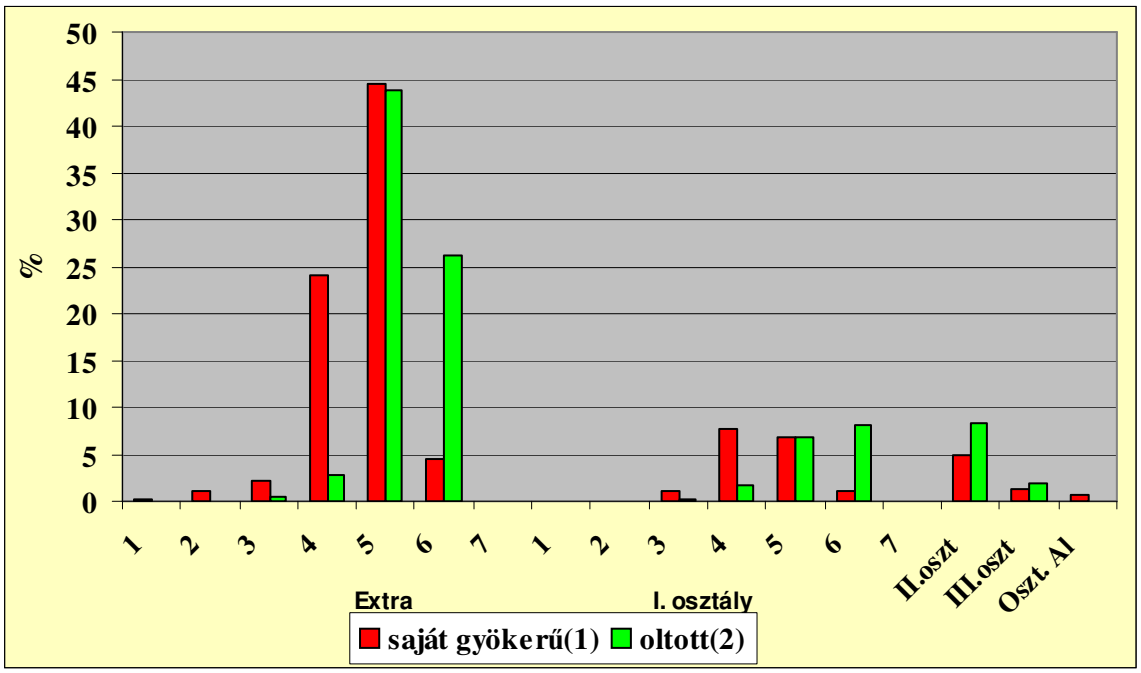
A termés minőség és méret szerinti megoszlása

A szedések alkalmával elvégeztük a termések minőség és méret szerinti osztályozását a Magyar Élelmiszerkönyv szabályai alapján. A 84. ábra a minőség és méretkategóriánkénti megoszlást mutatja az összes termés arányában.

A saját gyökerű növényeknél a bogyók 93%-a, az oltott növényeknél pedig a 90%-a volt extra és I. osztályú. Az oltott növényeknél annak ellenére ilyen magas ez az átlagérték, hogy a 8. fürtemeleten a bogyóknak csupán a 39%-a volt extra és I. osztályú. Ez annak tulajdonítható, hogy az utolsó szedés alkalmával, amikor sor került a kísérlet bontására az oltott növényeknél még csak a 8. fürtszintet takarítottuk be és ekkor leszedtük az összes kötött bogyót, tehát ez az alacsony érték nem az oltás negatív hatását mutatja.

Míg a minőségi kategóriák között nem volt jelentős a különbség, addig a méretkategóriák közti különbség igen számottevő volt. Az 5-ös méretkategóriába eső termések aránya a két növényállománynál körülbelül megegyezik (extra minőségi kategóriában 44,5% és 43,7%, az I. osztályú kategóriában 6,9% és 6,7%). Ezzel szemben a 4-es és 6-os méretkategóriába eső termések aránya megváltozott. A 6-os méretkategóriájú bogyók aránya megnőtt az oltott növényeknél, ezzel szemben a 4-es kategóriába esők száma csökkent.

Természetesen ez a változás azzal van kapcsolatban, hogy az oltott növények bogyótömege nagyobb volt, hiszen minél nagyobb volt egy bogyó tömege annál nagyobb méretkategóriába került.



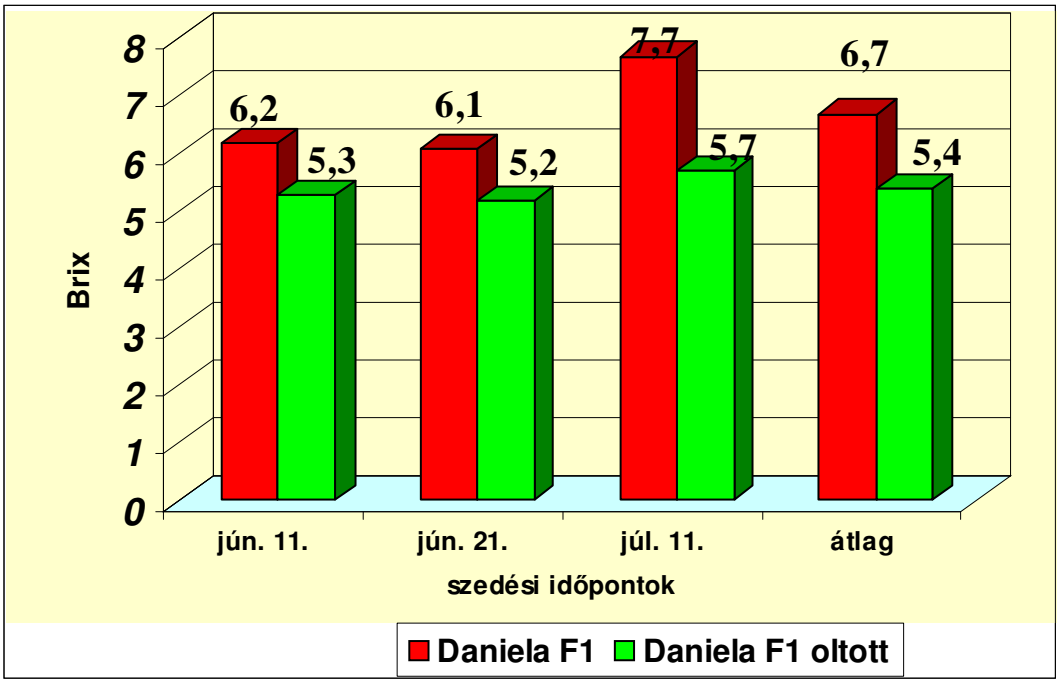
84. ábra A minőség és méret szerinti megoszlás

5.3.2.2. Oltás hatása a beltartalmi paraméterek alakulására

Néhány irodalmi eredmény utalt arra, hogy az oltás nem csupán a termés mennyiségére hat, hanem a beltartalmi összetevőkre is. Ezért a 2001. évi kísérletünkben vizsgáltuk az OÉTI közreműködésével az azonos tápanyag és vízellátottsági körülmények között hajtatott paradicsom beltartalmi paramétereinek alakulását. Az oltás mellett lehetőségünk volt még értékelni a szedési időpontok, illetve az ezzel szorosan összefüggő környezeti tényezők (különösen a fény) hatását is. A vizsgálataink kiterjedtek az oldható szárazanyag-tartalomra (Brix^0), a szénhidrát- és savtartalomra, valamint a paradicsom két legfontosabb antioxidáns összetevőjére a C-vitamin és likopin tartalomra.

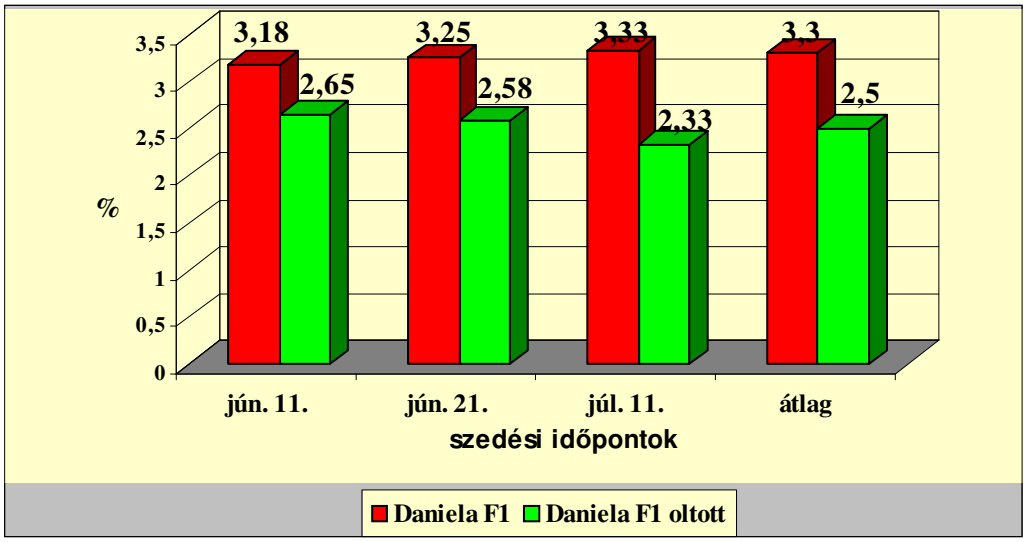
A Brix° mértékét alapvetően befolyásolják a termelési körülmények, különösen a fényviszonyok. Ezt a megállapítást támasztják alá a három különböző időpontban leszedett bogyók oldható szárazanyag értékei is. Mind az oltott, mind pedig az oltatlan növényeknél a kedvezőbb fényviszonyú körülmények között kifejlődött bogyók (a 3. szedés -július11.-én)

refrakció értéke szignifikánsan magasabb volt, mint az ezt megelőző szedéseké. Az oltott növények Brix° értékei minden esetben jelentősen alacsonyabbak voltak, mint a saját gyökerűeké, a három szedésre vonatkoztatva az oltott növények Brix°: 5,4 míg a sajátgyökerűeké: 6,7, ez több mint 20% különbséget jelent (85. ábra).

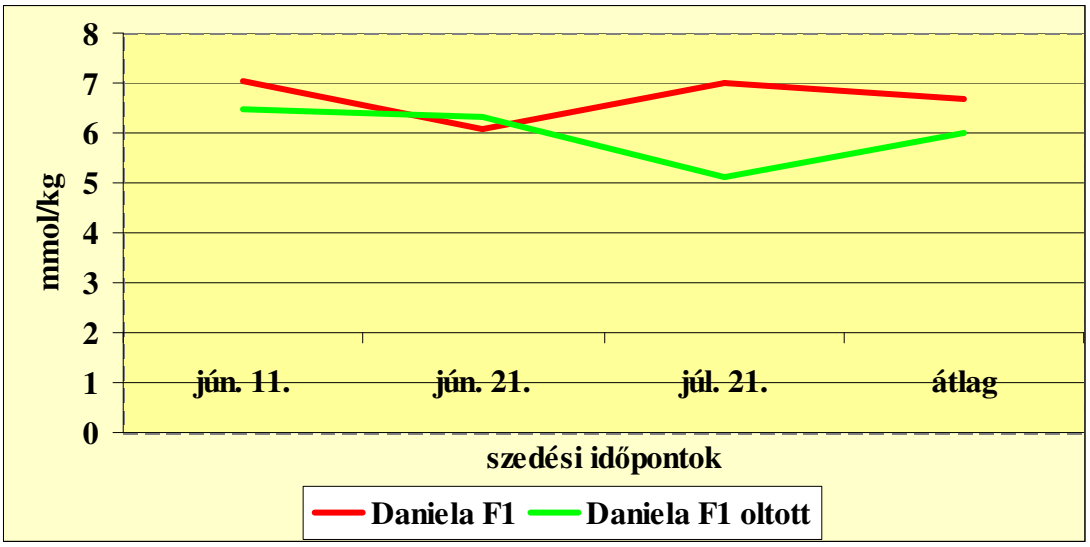


85. ábra Az oldható szárazanyag- tartalom alakulása

Az íz és aroma valamint zamatanyagokat nagyon nehéz definiálni. Mivel a paradicsom ízét elsősorban a cukor- és savtartalom egymáshoz viszonyított aránya határozza meg, ezért az érés fontos mozzanata ezen alkotórészek változása. Eredményeink szerint a szedési időpontnak nem volt számottevő hatása, viszont az oltás hatására szignifikánsan ($P< 0,05$) alacsonyabb szénhidrát értékeket kaptunk. Átlagosan az oltott növényeknél 2,5 %-ot, míg az oltatlanoknál 3,3 %-ot mértünk. A savtartalomra, a szedési időpontnak szintén nem volt kimutatható hatása, viszont az oltás szignifikánsan hatott a savra. Az oltott növények bogyóinak savtartalma átalagosan 10%-kal magasabb volt (86. és a 87. ábra).



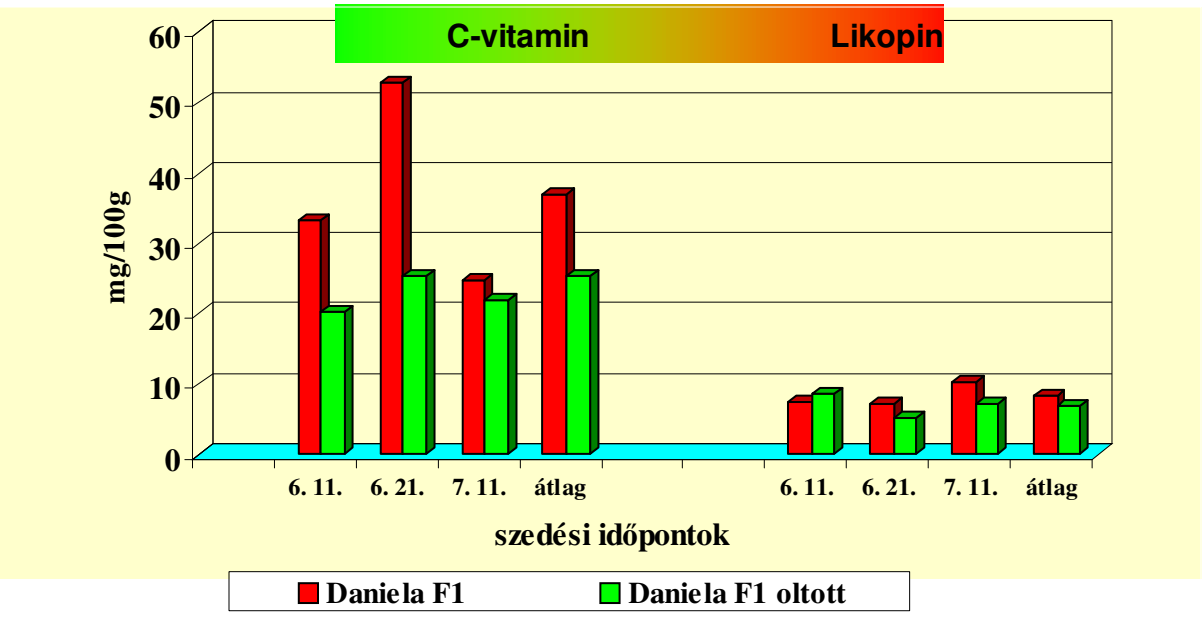
86. ábra A szénhidrát-tartalom alakulása



87. ábra A savtartalom alakulása

Az általunk vizsgált paradicsom minták C-vitamin értékei jelentősen eltértek egymástól (10-65 mg% között ingadoztak). A 88. ábra mutatja a C-vitamin szedésenkénti átlagértékeit, az oltott növényeknél kisebb szórást tapasztaltunk, mint az oltatlanoknál. A legmagasabb értéket a saját gyökerű növényeknél (52,8 mg %-ot) a második szedési időpont alkalmával mértünk. Az **oltott növények C-vitamin tartalma** a három szedés átlagára vonatkoztatva **31%-al volt alacsonyabb**, mint a saját gyökerűeké. Eredményeink alapján a C-vitamin mennyiségét figyelembe véve mind az oltás, mind pedig a szedési időpontok tekintetében szignifikáns eltérést tapasztaltunk.

A szedésenkénti átlagos likopin értékek 5,3 és 10,3 mg/100g között ingadoztak. Az első szedés kivételével az oltatlan növényeknél magasabb likopin értékeket mértünk. Mind a három szedési időpontra vonatkoztatva átlagosan az oltott növények termésében 7,0 mg/100g, míg a saját gyökerű növényekről leszedett termésben 8,3 mg/100g likopin tartalmat kaptunk. Az oltás hatására a likopin tartalom tekintetében nem tapasztaltunk szignifikáns eltérést, a szedési időpontok vonatkozásában viszont igen (88. ábra).



88. ábra C-vitamin és a likopin tartalom alakulása az oltás és a szedési időpont hatására

A 42. táblázat az oltásnak és a szedési időpontoknak a hatását foglalja össze a vizsgált beltartalmi paraméterekre. Eszerint oltás hatására a likopin tartalom kivételével a többi paraméter szignifikánsan csökkent, míg a szedési időpontok tekintetében a Brix^0, a likopin és a C-vitamin tartalom esetében kaptunk szignifikánsan alacsonyabb értékeket.

A vizsgálat során kapott eredményeink az irodalmi adatokkal szemben részben és látszólag ellentétesek, viszont fontos megjegyezni, hogy a jelen kísérletünkben az oltott és az oltatlan növényállományok között tápanyag- és vízellátás tekintetében nem tettünk különbséget. Valószínűleg az eltérő, okszerű tápanyag- és vízellátottsággal (pl. az oltott növények kevesebb vízadagot illetve magasabb EC értékű tápoldatot kapnak a tenyészidő bizonyos szakaszában) jelentős mértékben javítaná a beltartalmi értékeket. Ez is igazolja, hogy egy új technológiai elem gyakorlatba történő bevezetését körültekintően kell elvégezni.

42. táblázat Az oltás és a szedési időpontok hatása a beltartalmi értékekre

	Brix°	**Széhidrát**	**Likopin**	**Savtartalom**	**C-vitamin**
Oltás hatása	1	1	0	1	1
Szedési időpont	1	0	1	0	1

1= szignifikáns eltérés (P<0,05) 0= nincs szignifikáns különbség

6. Elért új tudományos eredmények

Az általam végzett kutatómunka alapján a kapott összefüggéseket, illetve új tudományos eredményeket az értekezés szerkesztésének sorrendjében ismertetem, tehát az 5. pont felépítésének megfelelően. Ezért az ismertetés sorrendje nem jelenti az elért eredmények fontossági sorrendjét.

- **A különböző érettségi fázisok és a fontosabb beltartalmi összetevők kapcsolata**

A paradicsom érése egy rendkívül összetett, genetikailag kódolt folyamat. Az egyes érési fázisok bekövetkezése során nagyon lényeges változások történnek, zajlanak le a bogyó szöveti szerkezetében, a szín változásában, valamint az íz és az aromaanyagok tekintetében. Ezen folyamatok egy részének számszerűsítését, összefüggésrendszerének kidolgozását végeztük el (Helyes- Lugasi 2006; Helyes et al, 2006)

1. a). A nyers bogyók összes polifenol tartalma szignifikánsan nem tért el az egyes érettségi fázisokban, illetve alapvetően nem az érettségi állapot befolyásolja, határozza meg a bogyók polifenol tartalmát.

   b). A likopin tartalom közel fele a 6. érettségi fázisban halmozódik fel. Tehát a bogyó érésének utolsó néhány napja, illetve ezen idő alatt ható környezeti tényezők (hőmérséklet, fény) határozzák meg alapvetően a termés likopin tartalmát.

   c). A friss bogyó is tartalmaz hidroximetil-furfuralt. A HMF tartalom nagyon szoros pozitív összefüggést mutat az érettségi fázisokkal. Eredményeink alapján igazolódott, hogy az érett zöld fázistól a sötét pirosig a hidroximetil-furfural mennyisége a duplájára nőtt.

2. a). Minden érettségi fok esetében meghatároztuk a beltartalmi paraméterek (Brix° szénhidrát, sav, likopin, összes polifenol és HMF), valamint a CIELab színrendszer szerint mért színértékek közötti összefüggéseket. A mért L* és a* értékek külön- külön is szoros kapcsolatot mutatnak az érettség mértékével, de legkifejezőbbnek, az a*/b* számított hányados bizonyult (R^2= 0,94).

   b). Számszerűsítettem a paradicsom bogyók színértékeinek és korrelációs együtthatóinak alakulását érettségi fázisonként

- **Abiotikus tényezők értékelése a terméskép zésre és a beltartalmi paraméterekre**

Az abiotikus tényezők közül vizsgálataim a hőmérséklet (léghőmérséklet és sugárzási felszínhőmérséklet), a fény, az emelt CO_2, a víz és az érésgyorsítás hatásának értékelésére terjedtek ki, különös tekintettel a termésképzés szempontjából kritikus fenológiai fázisokra (virágzás, kötődés, érés), valamint a beltartalmi paraméterek alakulására (Helyes et al. 1998; Helyes-Pék 2001; Pék et al, 2002; Pék-Helyes, 2002; Pék- Helyes, 2003; Brandt et al, 2003; Pék –Helyes, 2004; Helyes et al, 2006).

<u>Hőmérséklet</u>

1. a). Kidolgoztam, illetve számszerűsítettem hajtatási körülmények között a léghőmérséklet hatását a virágzásra, kötődésre és a bogyónövekedésre. Az eltérő

vetési időpontok (a hajtatás időzítése) esetében szignifikánsan különböző az első virágzásig eltelt napok száma is. Ezt az összefüggést egy lineáris regressziós függvénnyel is jól lehet jellemezni (**y=–0,312x+105,52; r^2=0,67**).

b). Az egyes fürtszintek (az első 9-10 fürtemeletre vonatkoztatva) virágzáskezdetének üteme szoros összefüggést mutat a napi átlaghőmérséklettel (**y=0,0149x-0,1617; r^2=0,58; P<0,01).** A három kísérleti év átlagában a fürtszintek virágzáskezdetének üteme 0,153 fürt nap^{-1} értéket adott.

c). Meghatároztam a bogyófejlődés ütemét. A három kísérleti évben a bogyófejlődés átlagos üteme 0,0147-0,0227 db nap^{-1} között változott. A bogyófejlődés átlagos üteme és a napi átlaghőmérsékletek között, P=0,02 szignifikancia szinten sikerült statisztikailag igazolható összefüggést találni (**y=0,0011x-0,0059; r^2=0,54).**

2. a). Ipari paradicsom fajták esetében meghatároztam a hőmérséklet, valamint a likopin és a HMF tartalom közötti kapcsolatot. A GDD értékek és a bogyók likopin-tartalma között nagyon szoros **negatív** szignifikáns (P=0,001) kapcsolatot mutattam ki. Ezzel szemben a bogyók hidroximetil-furfural tartalma és a GDD értékek között nagyon szoros **pozitív** (r^2= 0,9) összefüggést sikerült kimutatni.

b). Hajtatási körülmények és szabadföldi támrendszeres termesztésben az infravörös távhőmérővel meghatározott bogyófelszín-hőmérséklet és a likopin-tartalom közötti összefüggést határoztam meg. E tekintetben a halmozott bogyófelszín-hőmérséklet és a likopin tartalom között szignifikáns kapcsolat mutatható ki (**y= -0,0755x + 13,612; r^2= 0,9033).**

<u>Fény</u>

1. a). Számszerűsítettem hajtatási feltételek mellett a virágzás, kötődés menetének és dinamikájának alakulását a fényellátottság függvényében. Meghatároztam az eltérő fürtemeletek kötődésének hatékonyságát és az átlagos fényerősség közötti kapcsolatot. A legintenzívebben virágzó fürtemeleteken átlagosan 0,7-0,8 db virág alakult ki naponta és 0,8-0,9 db kötődés.

b). Az őszi hajtatásban átlagosan 30%-kal kevesebb virág alakul ki, mint tavaszi hajtatásban. Őszi hajtatásban a funkcióképesen (egészségesen) kialakult virágok 85%-a kötődött, míg tavaszi hajtatásban a 95%-a.

2. a). A fényellátottság hat a bogyók beltartalmi összetevőire is, különös tekintettel a savtartalomra és az antioxidánsokra. A kísérleteink jellegéből adódóan viszont nem volt lehetőségünk arra, hogy e tekintetben kizárólag a fény hatását értékeljük. Általában eredményeinkben a fény és a hőmérséklet hatása együtt jutott kifejezésre.

<u>CO_2</u>

1. a). Az emelt CO_2 szint (700 ppm) önmagában nem, de emelt nitrogénellátottsággal együtt már az oldható szárazanyag- és a szénhidráttartalmat szignifikánsan (P<0,05) növelte.

b). Az emelt CO_2 szint viszont önmagában is a bogyók likopin-tartalmát és összes polifenol-tartalmát szignifikánsan (P<0,05) csökkentette, a káros HMF tartalmat viszont szignifikánsan növelte. A C-vitamin mennyisége tekintetében viszont nem tapasztaltunk lényeges különbséget az emelt CO_2 szint hatására.

Érésgyorsítás

1. a). Az érettség mértéke tekintetében az adott ökológiai feltételek mellett nem volt kimutatható szignifikáns különbség a 3000 ppm és az 1500 ppm dózisú kezelések között.

   b). A beltartalmi összetevők (Brix°, cukor-, savtartalom, likopin, HMF) esetében nem tudtunk kimutatni szignifikáns különbséget sem a kontroll, sem pedig az eltérő koncentrációjú ethreles kezelések között.

- **Biotikus tényezők értékelése a terméskép zésre és a beltartalmi paraméterekre**

A fajtát és az oltást tekintettem, illetve vizsgáltam biotikus tényezőként és ezek hatását elemeztem a termésképzésre és a fontosabb beltartalmi összetevőkre (Helyes et al, 2005; Pogonyi et al, 2005; Helyes et al, 2006).

Fajta

1. a). Az egyes fajták virágzásának, kötődésének, érésének kezdetében kismértékű eltérést tapasztaltam. A virágzás kezdetét főként a hőmérséklet és az ezzel összefüggő fényellátottság befolyásolta.

2. a). Cseresznyeparadicsom fajták esetében a cukrok adták az oldható szárazanyag-tartalom 62 %-át, ezzel szemben az ipari felhasználásra termesztett determinált fajták átlagos cukortartalma a Brix° -nak csupán 46 %-át jelentette.

   b). A cukor - sav arány tekintetében a cseresznye típusok szignifikánsan magasabb értéket adtak.

   c). Igazoltam, hogy az adott fajta genetikai adottsága jelentős mértékben befolyásolja, illetve meghatározza a termés likopin tartalmát. Az ipari fajták likopin tartalma azonos ökológiai feltételek mellett is szignifikánsan (P<0,05) magasabb, mint a többi fajtáé. Az eddigi irodalmi adatokkal ellentétben, bizonyítottam, hogy a cseresznyeparadicsom fajták likopin tartalma szabadföldi körülmények között szignifikánsan alacsonyabb, mint a nagyobb bogyó-átlagtömegű fajtáké.

Oltás

1. a). Azonos termesztéstechnológia (víz- és tápanyag-ellátottság) mellett a saját gyökerű növényeknél a kiültetés és az első betakarítás közt 800 ºC aktív hőösszeg halmozódik föl, míg az oltott növényeknél ez az érték 840 ºC. Ez közel 4 nap különbséget jelent.

b). A saját gyökerű növényekről 88 ºC-ként takarítottunk be 1kg termést, addig az oltott növényekről 60 ºC-ként, tehát azonos mennyiségű hőegységre több termés jut. A halmozott termésmennyiség és a halmozott aktív hőösszeg között az alábbi összefüggést kaptam:

saját gyökerű növényállományokra vonatkoztatva, **$y=88,25x + 720,01$ $r^2= 0,9676$,**

az oltott növényeknél pedig, **$y= 59,826x + 819,01$ $r^2=0,9586$**

c). Az oltott növényállomány szignifikánsan (P=0,05) magasabb termésmennyiséget adott, ami alapvetően a lényegesen nagyobb bogyó-átlagtömegnek és kisebb mértékben a fürtönkénti magasabb bogyószámnak köszönhető, viszont ez utóbbi eltérés nem volt szignifikáns.

2. a). Oltás hatására szignifikánsan (P<0,05) alacsonyabb a Brix° és a szénhidrát tartalom azonos víz és tápanyagellátottság mellett. Ezzel szemben az oltott növények bogyóinak savtartalma átalagosan 10%-kal (P <0,05) magasabb volt.

b). Vizsgálataink szerint az oltás szignifikánsan nem csökkentette a bogyók likopin-tartalmát.

7. Összefoglalás

- A paradicsom a világ legjelentősebb zöldségfaja, hisz jelenleg közel 4,5 millió hektárról közel 125 millió tonna termést takarítanak be. Ez azt jelenti, hogy a zöldségtermesztéssel hasznosított termőterületnek 8,5 %-án termelnek paradicsomot. A termés mennyiségét vizsgálva még jelentősebb részarányt képvisel, mivel a világon évente előállított termésnek 14 %–át adja. A világon megtermelt paradicsom mennyiségének 25 %-a ipari célú feldolgozásra kerül, tehát ez 30,3 millió tonna nyersanyagmennyiséget jelent.
- Az elmúlt években a hazai paradicsomtermesztés komoly válságba került, ez hatványozottan igaz az ipari paradicsom termesztésére. Abban az esetben, ha ez a tendencia tovább tart, akkor félő, hogy a méltán nagy hagyományokkal rendelkező magyarországi ipari célú termesztés eltűnik az európai termesztésből. A zöldségnövények sorából az ipari paradicsom azon kivételek közé tartozik, amelyre az EU-ban úgynevezett nemzeti küszöbértékeket határoztak meg. Magyarországra vonatkozó nemzeti küszöb (magyar kvóta) 130 790 tonna.
- A friss fogyasztásra kerülő paradicsom egy jelentős részét hajtatásban állítjuk elő. Hajtatásban az étkezési paprika mögött a 2. legfontosabb faj, az utóbbi évek átlagában, több mint 1000 ha-on termesztik. Az ilyen módon előállított termés mennyisége is viszonylag állandó, 100 000 tonna körül mozog évente (MZGySzT, 2000; 2001; 2002; 2003; 2004; 2005). A termesztés időzítése főleg tavaszi hajtatást jelent, mivel ekkor lehet a legmagasabb árat elérni, az őszi hajtatás jelentősége lényegesen kisebb. A paradicsom hajtatása nagyobbrészt műanyag borítású, blokkosított termesztő-létesítményekben, folyik. A terméskép zés szempontjából fontos fenológiai fázisok (virágzás, kötődés, érés) illetve a beltartalmi értékekre ható biotikus és abiotikus tényezők vizsgálatát zömmel tavaszi hajtatásban végeztük.
- Az elmúlt évtized kutatási eredményeinek köszönhetően a paradicsom táplálkozás-élettani szerepe, jelentősége is felértékelődött. A paradicsom piros színét a karotinoidok családjába tartozó likopin adja. Az emberi szervezet számára a paradicsom a legfontosabb likopin forrás. Az utóbbi években előtérbe került a likopin egészségre gyakorolt hatásának vizsgálata, mivel szerkezetéből adódóan kiváló antioxidáns, így a fokozott szabadgyök-reakciók által eredményezett biokémiai elváltozások megelőzésében rendkívül fontos szerepe van. Epidemiológiai és laboratóriumi vizsgálatok is igazolják a likopin pozitív szerepét számos daganatos elváltozás prevenciójában. A magas likopintartalmú élelmiszerek rendszeres fogyasztása például a tüdőrák kockázatát akár 50%-kal is csökkentheti, de egyéb, a gyomorban, a gégében, a szájüregben, a nyelőcsőben, a hólyagban és a petefészekben kialakuló epiteliális daganatokkal szembeni védőhatása is feltételezhető. Komoly reményeket fűznek a kardiovaszkuláris betegségek megelőzésében is a likopinnak. A paradicsomban a karotinoidokon kívül számos egyéb humán táplálkozás-élettani szempontból jelentős molekula is megtalálható, mint például a C-vitamin, a tokoferolok és a polifenolos vegyületek stb.
- Az elmúlt két évtizedben a paradicsommal kapcsolatos kutatási tevékenységem a terméskép zésre és a beltartalmi összetevőkre ható fontosabb abiotikus és biotikus tényezők hatásmechanizmusának feltárására, számszerűsítésére irányult. Kísérleteinket alapvetően a Szent István Egyetem Kertészeti Technológiai Tanszékének Oktatási, Bemutató és Kísérleti Telepén végeztük, Gödöllőn. A beltartalmi paraméterek vizsgálatát 1999-től az OÉTI –vel együttműködve végeztem, illetve végeztük. Ez a kutatói tevékenység 2004-től tovább bővült és egy konzorciális GAK pályázat keretében az OÉTI mellett a KÉKI, a Glóbus Rt. és az Aranykorona Rt.

valamint a SZIE (Kertészeti Technológiai Tanszéke, Marketing Intézete és Állatélettani és Állategészségtani Tanszéke) együttműködésével dolgozunk jelenleg is a **„Paradicsom és likopintartalmú melléktermékének hasznosítása élelmiszerek és takarmányok beltartalmi értékeinek növelése céljából”** című projekten. Ezen pályázat munkájában mint projektvezető veszek részt.

- Kidolgoztam, illetve számszerűsítettük az érettségi fázisok és a fontosabb beltartalmi összetevők alakulását, különös tekintettel a likopin tartalomra. Kidolgozásra került a CIELab színrendszer szerint a bogyófelszín színértékei és a beltaltartalmi paraméterek közötti összefüggés érettségi fázisonként.
- A termésképzésre ható abiotikus tényezők közül a hőmérséklet és a fény értékelését végeztük el hajtatási körülmények között. Értékeltük a hőmérséklet és a fényellátottság hatását a virágzás- és a kötődés dinamikájára és az érésre. Ezen a területen végzett kutatói munkánk sikerét már igazolta, hogy témavezetésem mellett, 2004-ben Pék Zoltán „**Hajtatott paradicsom termésképzésének modellezése”** címmel sikeresen védte meg Ph.D értekezését.
- A beltartalmi paraméterekre ható abiotikus tényezők közül részletes vizsgálatokat végeztem a hőmérséklet (léghőmérséklet, bogyófelszín-hőmérséklet) és a fény tekintetében. Ezen kívül kutatómunkám kiterjedt még a CO_2, a víz, vízellátottság és az érésgyorsítás hatásának vizsgálatára is. E három tényező elemzése nem volt olyan részletes, illetve olyan mélységű, mint a hőmérséklet és a fény esetében.
- A biotikus tényezők közül a fajta és az oltás hatását, szerepét, jelentőségét vizsgáltam szintén a termésképzés fontosabb fenológiai fázisaira és a beltartalmi összetevőkre. A fajtákkal összefüggésben lehetőségem volt az egyes termesztési változatok (hajtatás, szabadföldi támrendszeres termesztés, szabadföldi ipari célú termesztés) beltartalmi paramétereinek és a környezeti tényezők (hő, fény, CO_2) közötti összefüggések feltárására. Az elmúlt évek során kísérleteinkben több mint 30 fajta vizsgálata, értékelése szerepelt. Az oltás hatásának vizsgálatát a termésképzésre és a beltartalmi összetevőkre több éven keresztül végeztük hajtatási körülmények mellett.

A témakörben megjelent fontosabb tudományos közlemények

Magyar nyelvű könyv

1. Helyes L. (1999): A paradicsom és termesztése. SYCA Szakkönyvszolgálat, Budapest, 233 p. +melléklet

Magyar nyelvű könyvrészlet

2. Helyes, L. (2000): A kertészeti termelés minőségszabályozása. Könyvrészlet. 152-173.p. in Sembery: Minőségbiztosítás az agrárgazdaságban. Műszaki Könyvkiadó. 383 p.
3. Dimény J. – Helyes L. – Pék Z. (2004): A főbb zöldségnövények biológiai sajátossága, termesztési feltételei és technológiai eljárásai. Könyvrészlet 5. fejezet 81-141. p. In Dimény I. - Fenyvesi L. – Hajdú J. Piactudatos zöldségtermelés. FVM MGI. 234 p.
4. Helyes L. (2005): Trópusi-szubtrópusi és mérsékelt égövek kertészeti termelése/termesztése. Könyvrészlet. 148-167 pp. In Szabó L. A mezőgazdaság földrajza Szaktudás Kiadó Ház Budapest 293 p.

Idegen nyelvű könyvrészlet

5. Tuba Z. - Raschi A. - Lanini G. M. - Nagy Z. - Helyes L.- Vodnik D.- Sanita di Toppi L. (2003): Plant response to elevated carbon dioxide. pp. 157-204 (7. Chapter) In Toppi L. S. – Pawlik-Skowronska: Abiotic stresses in plants KLUWER Academic Publishers. 233 p.

Lektorált folyóiratokban/kiadványokban megjelent publikációk

IF, SCI által referált folyóiratbeli cikkek és/vagy SCI által jegyzett fórumok/orgánumok által referált kiadványok

6. Cselőtei L. - Helyes L. (1988): The possibility of determining irrigation requirements by means of plant temperature. Acta Horticulturae 220, January, 353-358.p.
7. Helyes L. (1990): Relations among the water supply, foliage temperature and the yield of tomato. Acta Horticulturae 227, 115-121.p.
8. Helyes L. - Varga Gy. (1994): Irrigation demand of tomato according to the results of three decades. Acta Horticulturae 376, 323-328.p.
9. Varga Gy. - Helyes L. - Dimény J. - Somos A. - Csáky A. - Nyujtó S. (1995): Scheduling the irrigation of vegetable crops. Bulletin of the University of Agricultural Sciences. 75th Anniversary Edition. Vol. I. 173-182.p.
10. Helyes L. - Varga Gy. - Pék Z. - Dimény J. (1999): The simultaneous effect of variety, irrigation and weather on tomato yield. Acta Horticulturae 487, 499-505.p.
11. Varga Gy. - Dimény J. -Helyes L. (2000): Effect of irrigation and weather on tomato yield. Bulletin of the Szent István University 140-152.p.
12. Helyes L. - Szerdahelyi R. - Pék Z. (2000): Appreciation of fruit set dynamics in autumn tomato forcing. Acta Agronomica Óváriensis Vol. 42. No.2. 225-232.p.
13. Varga Gy. - Barta L. - Dimény J. - Helyes L. (2000): The effect of temperature and water supply on tomato yield. Acta Horticulturae 533. 461-466.p.
14. Helyes L. - Pék Z. (2001): The simultaneous effect of water supply and radiation on tomato flowering and setting. Acta Horticulturae. 542. 227-233. p.
15. Pék Z. – Helyes L. (2002): Simultaneous appreciation of flowering and fruit setting dynamics in spring and autumn tomato forcing. Bulletin of the Szent István Univ. 21-27.
16. Helyes L. – Brandt S. – Réti K. – Barna É. – Lugasi A. (2003): Appreciation and analysis of lycopene content of tomato. Acta Horticulturae. 604. 531-537. p.
17. Pék Z.- Helyes L. (2003): Relationship between flowering, fruit setting and environmental factors on consecutive clusters in greenhouse tomato (Lycopersicon lycopersicum (L) Karsten) Int. Journal of Horticultural . Science. 9, (3-4): 111-116.
18. Brandt S. – Lugasi A. – Barna É. – Hóvári J. – Pék Z. – Helyes L. (2003): Effects of the growing methods and conditions on the lycopene content of tomato fruits. Acta Alimentaria 32, (3), pp. 269-278. IF: 0,299
19. 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 613. 213-216. p.
20. Salem S. F. - Dobolyi Cs. –. Helyes L. - Pék Z. – Dimény J. (2003): Side-effect of benomyl and captan on arbuscular mycorrhiza formation in tomato plant. Acta Horticulturae 613. 243-246. p.

21. Pék Z. – Helyes L. (2004): The effect of daily temperature on truss flowering rate of tomato. Journal of the Science Food and Agriculture 84: (13) pp. 1671-1674. IF: 0,871
22. Pogonyi Á. – Pék Z. – Helyes L. – Lugasi A. (2005): Effect of grafting on tomato's yield quality and main fruit components in spring forcing. Acta Alimentaria 34, (4), pp. 453-462. IF: 0.274
23. 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 Food and Agriculture 86: (4) pp. 568-572. IF: ?
24. Helyes L. – Lugasi A. (2006): Formation of certain compounds having technological and nutritional importance in tomato fruits during maturation. Acta Alimentaria 35, (2), pp. 183-193. IF:?
25. Helyes L. - Dimény J. - Pék Z.- Lugasi A. (2006): Effect of maturity stage on content, color and quality of tomato *(Lycopersicon lycopersicum (L.) Karsten)* fruit. Int. Journal of Horticultural Science 12, (1): pp. 41-44.
26. Helyes L. – Lugasi A. – Pék Z. (2006): Tomato fruit quality and content depend on stage of maturity. HortScience 41, (6): pp. 1400-1401 IF: ?
27. Helyes L.– Dimény J. – Pék Z. .- Lugasi A. (2006): Effect of the variety and growing methods as well as cultivation conditions on ingredient of tomato (*LYCOPERSICON LYCOPERSICUM (L.) KARSTEN*) fruit. Acta Horticulturae 712. 511-516. p.
28. Helyes L.- Lugasi A.- Pék Z.- Brandt S. (2006): Analysis of antioxidant compounds and hydroxymethylfurfural in processing tomato cultivars. Horttechnology 16. (4): pp. 615-619. IF: ?
29. Helyes L. – Dimény J. – Lugasi A. – Schober Gy. – Pék Z. (2006): Appreciation of ethrel on ripening dynamic and ingredients content in case of processing tomato (*Lycopersicon lycopersicum (L.) Karsten)* varieties. Int. Journal of Horticultural Science in press
30. Helyes L. – Lugasi A. – Schober Gy. – Pék Z. ( ): Effect of ethrel on ripening dynamic and lycopene content in case of two processing varieties. Acta Hoticulturae in press

Lektorált magyar folyóiratbeli cikk

31. Helyes L. - Varró A. (1987): Infravörös távhőmérők felhasználása a növényhőmérséklet meghatározásában. Légkör, 32.évf. 4.sz. 17-19.p.
32. Helyes L. (1989): A zöldségnövények vízellátottságának jellemzése a lombhőmérséklettel. Kertgazdaság, 21.évf. 1.sz. 46-52.p.
33. Helyes L. - Szerdahelyi R. - Pék Z. (1998): A kötődésdinamika értékelése a paradicsom őszi hajtatásában. Új Kertgazdaság, 30.évf. 2.sz. 21-26.p.
34. Helyes L. - Pék Z. - Dimény J. (1998): A hajtatott paradicsom pultontarthatóságának vizsgálata. Új Kertgazdaság, 30.évf. 1.sz. 8-12.p.
35. Helyes L. - Szerdahelyi R. - Pék Z. (1998): Virágzásdinamika értékelése a paradicsom őszi hajtatásában. Hajtatás, korai termesztés XXIX. évf. 3.sz. 17-20.p.
36. Helyes L. - Pék Z. - Dimény J. (1998): A hajtatott paradicsom átmeneti tárolhatóságának lehetőségei. Hajtatás, korai termesztés XXIX. évf. 3. sz. 19-22 p.
37. Helyes L. - Pék Z. (2000) Virágzásdinamika értékelése a paradicsom tavaszi hajtatásában. Hajtatás, korai termesztés. XXXI.évf. 4.sz. 20-23.p.
38. Helyes L. (2000) A paradicsom termelésének fejlődési irányai. Gazdálkodás. XLIV.évf. 3.sz. 57-66.p.
39. Lugasi A.- Hóvári J.- Helyes L.- Barna É.- Bíró L. (2001): Növényi élelmiszereink likopintartalma és néhány lakossági csoport likopinbevitele. Táplálkozás, Allergia, Diéta, 6. 5. 17.

40. Helyes L. – Réti K. – Tornyai T. – Pék Z. (2002): Az oltás hatása a paradicsom termésképzésére tavaszi hajtatásban. Kertgazdaság, 34. évf. 1 sz. 3-8. p.
41. Pék Z. – Réti K. – Helyes L. (2002): A környezeti tényezők hatása tavaszi hajtatott paradicsom fürtönkénti virágzására és termésképzésére. Kertgazdaság, 34. évf. 2.sz. 9-16.
42. Helyes L. – Lugasi A. – Brandt S. – Varga Gy. – Hóvári J. – Barna É. (2002): A paradicsom likopin tartalmát befolyásoló tényezők értékelése elemzése. Kertgazdaság, 34. évf. 2. sz. 1-8.
43. Helyes L – Brannt S. – Pék Z. – Barna É. – Hóvári J. – Lugasi A. (2002): Az oltás és a szedési időpont hatása a hajtatott paradicsom beltartalmi összetevőire. Kertgazdaság, 34. évf. 4. sz. 30-35.
44. Pogonyi Á. – Pék Z. – Helyes L. (2004): Oltás hatása a paradicsom termésmennyiségére és minőségére tavaszi hajtatásban. Kertgazdaság 36. évf. 1. sz. 7-13.
45. Lugasi A. – Hóvári J. – Bíró L. – Brandt S. – Helyes L.(2004): Élelmiszereink likopin-tartalmát befolyásoló tényezők és a hazai lakosság likopinbevitele. Magyar onkológia 48. évf. 2.sz.131-136 p.
46. Helyes L. – Schober Gy. – Pék Z. – Lugasi A.(2005): A bogyófelszín-hőmérséklet hatása a szabadföldi támrendszeres paradicsom (Lycopersicon lycopersicum (L) Karsten) likopin tartalmára. Hajtatás, korai termesztés XXXVI. Évf. 1 sz. 23-27.p.
47. Pogonyi Á.- Pék Z.- Helyes L (2005): Paradicsomalanyok termesztéstechnológiai hatásainak vizsgálata. Kertgazdaság, 37. évf. 1.sz. 3-8.
48. Brandt S.- Lugasi A.- Pék Z.- Helyes L. (2005): A friss paradicsom antioxidáns tulajdonságú vegyületeinek és hidroximetil-furfurol tartalmának értékelése. Kertgazdaság, 37. évf. 1. sz. 9-15.
49. Helyes L. – Schober Gy. – Pék Z. – Lugasi A.(2005): A hőmérséklet hatása a támrendszeren termesztett paradicsom (*Lycopersicon esculentum Mill.*) likopintartalmára. Kertgazdaság 37. évf. 2.sz. 5-11.
50. Helyes L. – Lugasi A.(2005): A paradicsom beltartalmi paramétereinek alakulása, értékelése az érettség fokától függően. Kertgazdaság. 37. évf. 3.sz. 9-13.
51. Helyes L. – Varga Gy. – Lugasi A (2005): A fajta szerepe a paradicsom (*Lycopersicon lycoprsicum (L.) Karsten*) fontosabb beltartalmi összetevőinek alakulására különböző termesztési módok esetén. Hajtatás Korai Termesztés XXXVI. Évf. 4. sz. 27-31.
52. Helyes L.- Dimény J.- Varga Gy. (2005): Az öntözés tervezése a lombfelszín-hőmérséklet alapján. Növénytermelés, 54. évf. 4.sz. 341-350.

Konferencia kiadvány (proceeding)

Nemzetközi (idegen nyelvű)

53. Varga Gy. - Helyes L. (1992): Water shortage causing drought with vegetables - on the basis of generated data. 16th European Conference Vol.1. Drought Phenomena, 21-27. June, 543-553.p.
54. Varga Gy. - Helyes L. - Dimény J. (1995): The signs of drought on different vegetable crops. Drought in the Carpathians` region. International Workshop. 289-296.p.
55. Varga Gy. - Helyes L. - Dimény J. - Somos A. (1996): The marks of drought on different vegetable crops under the Hungarian conditions. Proceeding of The First Egyptian-Hungarian Horticultural Conference, Kafr El-Sheikh, Vol.II. 34-41.p.
56. Helyes L. - Varga Gy. (1998): The marks of drought on tomato and root crops under Hungarian ecological condition Man-Agriculture-Heath, Gödöllő, 56-63.p.

57. Brandt S.-Barna É.-Helyes L.-Hóvári J.-Lugasi A.-Pék Z. (2003): Evaluation of the factors effecting on the lycopene content of tomato fruit. 4th Intertnational Conference of Ph.D. Student, University of Miskolc, Hungary, 11-17 August 19-24 p.

Magyar (magyar nyelvű)

58. Helyes L. (1991): Az infravörös távhőmérők felhasználásának lehetőségei az öntözés irányításában. Öntözési Kutatások 1986-1990. Tanulmányok. ÖKI Szarvas, 143-151.p.
59. Helyes L. - Dimény J. (2000): A paradicsom termesztéstechnológiájának minőségbiztosítása. SzI. Egyetemi Napok. A nemzetközi agrártermelés minőségbiztosítása. Proceeding. 87-96.p.
60. Dimény J. – Varga Gy. – Kassai T. – Helyes L. – Tornyai T. (2002): A támrendszeres paradicsomtermés minősége. Innováció, a tudomány és a gyakorlat egysége az ezredforduló agráriumában. Tudományos értekezlet Debrecen Proceeding 74-79.
61. Pék Z. – Helyes L. – Varga Gy. – Kassai T. – Tornyai T. – Dimény J.(2003): A paradicsom virágzási sebességének modellezése a hőmérséklet függvényében. EU. Konform Mezőgazdaság és Élelmiszerbiztonság. Tudományos szimpózium. Gödöllő. Proceeding 229-234.p.
62. Helyes L. - Pék Z. - Varga Gy. - Tornyai T. – Dimény J.(2003): Az oltás indokainak és a terméskép zésre gyakorolt hatásainak értékelése a paradicsom hajtatásában. SZAB Kertészeti Munkabizottságának Tudományos ülése: „Integrált kertészeti termesztés" Szarvas Proceeding 23-27.p.
63. Lugasi A. – Hóvári J. – Brandt S. – Blázovics A. – Kontraszti M. – Barna É. – Helyes L.(2003): Az oltás, az érettségi állapot és a szedési időpont hatása a paradicsom antioxidáns tulajdonságaira. SZAB Kertészeti Munkabizottságának Tudományos ülése: „Integrált kertészeti termesztés" Szarvas Proceeding 29-34.p.
64. Lugasi A. – Hóvári J. – Bíró L. – Brandt S. – Helyes L.(2004): Élelmiszereink likopin-tartalmát befolyásoló tényezők és a hazai lakosság likopin-bevitele. Széchenyi Szimpózium Budapest Proceeding 1-6.p.

Irodalomjegyzék

1. Abad, M. and Guardiola, J.L. (1986): Fruit-set and development in the tomato (Lycopersicon esculentum Mill.) grown under protected conditions during the cool season in the south-eastern coast region of Spain. The response to exogenous growth regulators. *Acta Horticalturae* 191, 123-132.
2. Abdelhafeez, A.T. and Verkerk, K. (1969): Effects of temperature and water regime on the emergence and yield of tomatoes. *Netherlands Journal of Agricultural Science* 17, 50-59.
3. Abreu, P., Meneses, J.F., and Gary, C. (2000): Tompousse, a model of yield prediction for tomato crops: calibration study for unheated plastic greenhouses. *Acta Horticulturae*, 519: 141-150.
4. Adams P. (1986): Mineral nutrition In: Atherton, J.G. and Rudich, J. (eds) The Tomato Crop. A scientific Basis for Improvement. Chapman and Hall, London, pp. 281-334.
5. Adams, P. and Winsor, G.W. (1979): Nutrient uptake. Annual Report Glasshouse Crops Research Institute, Littlehampton, United Kingdom. 84-85.
6. Agarwal, S., and Rao A.V. (1998): Tomato lycopene and low-density lipoprotein oxidation: a human dietary intervention study. Lipids, 33, 981-984.
7. Agarwal, S., Rao, A.V. (2000): Tomato lycopene and its role in human health and chronic diseases. *CMAJ*, 163, 739-744. p.
8. Alexander, L. and Grierson, D. (2002): Ethylene biosynthesis and action in tomato: a model for climacteric fruit ripening. Journal of Experimental Botany, Vol. 53, No. 377, pp. 2039-2055
9. Association of Official Analytical Chemists (AOAC) (1990): Official Method of Analysis, 15th ed. AOAC, Arlington, VA.
10. Archbold, D.D., Dennis, F.G. Jr, and Fiore, J.A. (1982): Accumulation of ^{14}C-labelled material from foliar-applied ^{14}C sucrose by tomato ovaries during fruit set and initial development. *Journal of the American Society for Horticultural Science* 107, 19-23.
11. Arnao, M. B., Cano, A., Acosta, M. (2001): The hydrophilic and lipophilic contribution to total antioxidant activity. *Food Chemistry*, 73, 239-244. p.
12. Atherton, J.G. and Harris, G.P. (1986): Flowering In: Atherton, J.G. and Rudich, J. (eds) The Tomato Crop. A scientific Basis for Improvement. Chapman and Hall, London, pp. 165-200.
13. Atherton, J.G. and Rudich, J. (eds) (1986): The Tomato Crop. A scientific Basis for Improvement. Chapman and Hall, London, New York,
14. Aung, L.H. (1979): Temperature regulation of growth and development of tomato during ontogeny. In: Cowell, R. (ed.) Proceedings of the 1st International Symposium on Tropical Tomato. Asian Vegetable Research and Development Center Publication no. 78-59, Shanhua, Taiwan, Republic of China, 79-93.
15. Ayub R, Guis M, BenAmor M, Gillot L, Roustan JP, Latche A, Bouzayen M, Pech JC. (1996): Expression of ACC oxidase antisense gene inhibits ripening of cantaloupe melon fruits. *Nature Biotechnology* 14**,** 862–866.
16. Bangerth, F. and Ho, L.C. (1984): Fruit position and fruit set sequence in a truss as factors determining final size of tomato fruits. *Annals of Botany* 53, 315-319.
17. Barrett, D. M.; Anton, G.(2001): Lycopene content of California-grown tomato varieties. Acta Horticulturae 542 165-174. p.

18. Bennett A.B., Chetelat R.T., Klann E. (1995): Exotic germplasm or engineered genes: Comparison of genetic strategies to improve fruit quality. In: K-H Engel, G. Takeoka, R. Teranishi (eds), Amer. Chem. Soc. Symposium Series, Genetically Modified Foods; Safety Aspects 605:88-99.
19. Berry, S.Z. (1969): Germination response of the tomato at high temperature. *HortScience*, 4, 218-219.
20. Biale, J.B. and Young, R.E. (1981): Respiration and ripening in fruits - retrospect and prospect. In: Friend, J. and Rhodes, M.J.C. (eds) *Recent Advances in the Biochemistry of Fruits and Vegetables*. Academic Press, London, pp. 1-39.
21. Binchy, A. and Morgan, J.V. (1970): Influence of light intensity and photoperiod on inflorescence initiation in tomatoes. *Irish Journal of Agricultural Research*, 9, 261-9.
22. Bíró Gy. (2002): Funkcionális élelmiszerek, természetes antioxidánsok szerepe az egészségmegörzésben. www.kfki.hu
23. Bohner, J., Hedden, P., Bora-Haber, E. and Bangerth, F. (1988): Identification and quantification of gibberellins in fruits of *Lycopersicon esculentum*, and their relationship to fruit size in *L. esculentum* and *L. pimpinellifolium*. *Physiologia Plantarum* 73, 348-353.
24. Böhm F, Edge R, Burke M, et al. (2001): Dietary uptake of lycopene protects human cells from singlet oxygen and nitrogen dioxide-ROS components from cigarette smoke. J Photochem Photobiol 64: 176-178.
25. Bramley PM. (2000): Is lycopene beneficial to human health? Phytochemistry 54: 233-236.
26. Buttery, R. G., Takeoka, G. R., Ling, L. C. (1995): Fuaneol: odor threshold and importance to tomato aroma. *Journal of Agricultural Food Chemistry*, 43, 1638-1640. p.
27. Calvert, A. (1957): Effect of the early environment on the development of flowering in the tomato. I. Temperature. *Journal of Horticultural Science,* 32, 9-17.
28. Calvert, A. (1959): Effect of the early environment on the development of flowering in tomato. II. Light and temperature interactions. *Journal of Horticultural Science*, 34, 154-62.
29. Calvert, A. (1962): Critical phases of tomato plants. *The Grower*, 58, 787-8.
30. Calvert, A. (1964a): The effects of air temperature on growth of young tomato plants in natural light conditions. *Journal of Horticultural Science*, 39, 194-211.
31. Calvert, A. (1964b): Growth and flowering of the tomato in relation to natural light conditions. *Journal of Horticultural Science*, 39, 182-193.
32. Calvert, A. (1965): Flower initiation and development in the tomato. *National Agricultural Advisory Service Quarterly Review* 70, 79-88.
33. Calvert, A. (1972): Effects of day and night temperatures and carbon dioxide enrichment on yield of glasshouse tomatoes. J. Hort. Sci. 47:231-247.p.
34. Calvert, A. Slack, G. (1975): Effect of carbon dioxide enrichment on growth, development and yield of glasshouse tomatoes. I. Responses to controlled concentrations. J. Hort. Sci. 51:401-409.p.
35. Carpita, N. C. and Gibeaut, D. M. (1993): Structural models of primary-cell walls in flowering plants -consistency of molecular-structure with the physical-properties of the walls during growth. *The Plant Journal* 3 (1), 1-30.
36. Cámara, M., M.C. Matallana, M. C. Sánchez-Mata, R. Lillo Ayué and E. Labra. (2003): Lycopene and hydroxymethylfurfural (HMF) evaluation in tomato products. Acta Hort. 613:365-371.

37. Cano, A., Acosta, M., Arnao, M. B. (2003): Hydrophilic and lipophilic antioxidant activity changes during on-vine ripening of tomatoes (*Lycopersicon esculentum* Mill.). *Postharvest Biology and Technology*, 28, 59-65. p.
38. Charles, W.B. and Harris, R.E. (1972): Tomato fruit-set at high and low temperatures. *Canadian Journal of Plant Science* 52, 497-506.
39. Chetelat R., Yelle S., DeVerna J., Klann, E., Bennett A.B. (1993): Inheritance and genetic mapping of fruit sucrose accumulation in *Lycopersicon chmielewskii*. Plant J. 4:643-650.
40. Clinton SK. Lycopene (1998): Chemistry, biology and implications for human health and disease. Nutr Rev 56: 35-51.
41. Cockshull, K.E., Graves, C.J. and Cave, C.R.J. (1992): The influence of shading on yield of glasshouse tomatoes. *Journal of Horticultural Science* 67,11-24.
42. Codex Alimentarius Hungaricus 1-4-778/83 (1995): Magyar Élelmiszerkönyv Bizottság 10 p.
43. Colla, G., R. Casa, B. Lo Cascio, F. Saccardo, C. Leoni, and O. Temperini. (1999): Responses of processing tomato to water regime and fertilization in central Italy. Acta Hortic. 487: 531–535.
44. Colla, G. Batistelli, A., Moscatello, S., Proietti, S., Casa, R., Cascio, B., Lo., Leoni, C (2001): Effects of reduced irrigation and nitrogen fertigation rate on yield, carbohydrate accumulation, and quality of processing tomatoes. Acta Hortic. 542: 187-196.
45. Cooper, A.J. (1960): The effects of the size, position and maturation period of inflorescences and fruits on abnormal pigmentation in the tomato variety Potentate. *Annals of Applied Biology* 48, 230-235.
46. Cooper, A.J. (1964): The seasonal pattern of flowering glasshouse tomatoes. *Journal of Horticultural Science*, 39, 111-119.
47. Cselőtei, L. (1964): A zöldségnövények vízhasznosítása. ATE Mg. Tud. Karának Közleményei, Gödöllő, 203-226. p.
48. Cselőtei L. /1965/: Az öntözés rendszerének tényezői a zöldségnövényeknél. /Akadémiai doktori értekezés/ Gödöllő, 332 p.
49. Cselőtei, L. (1968): A zöldségnövények öntözése - Az öntözés kézikönyve. (Kovács G. szerk.) Mg. Kiadó, Bpest, 367 p.
50. Cuartero, J., Costa, J. and Nuez, F. (1987): Problems of determining parthenocarpy in tomato plants. Scientia Horticulturae 32, 9-15.
51. Davies, J.N. and Hobson, G.E. (1981): The constituents of tomato fruit - the influence of environment, nutrition, and genotype. CRC *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* 15, 205-280.
52. Davies, J.N. and Winsor, G.W. (1969): Tomato fruit quality. The composition of 'hollow' or 'boxy' tomato fruit. Annual Report of the Glasshouse Crops Research Institute for 1968. Littlehampton, UK, pp. 66-67.
53. de Koning, A.N.M. (1994): Development and dry matter distribution in glasshouse tomato: a quantitative approach. *PhD Thesis* Wageningen Agricultural University, Wageningen, (1994.)
54. de Koning, A.N.M. (1996): Quantifying the responses to temperature of different plant processes involved in growth and development of glasshouse tomato. *Acta Horticulturae* 406**,** 99-104.
55. de Koning, A.N.M. (2001): The effect of temperature, fruit load and salinity on development rate of tomato fruit. *Acta Horticulturae* 519, 85-94.
56. de Zeeuw, D. (1954): The influence of the leaf on flowering. *Mededelingen van de Landbouwhogeschool to Wageningen* No. 54, 1-44.

57. De Ruiter Seeds (2004): http.//www.deruiterseeds.hu
58. De Ruiter Seeds (2005): http.//www.deruiterseeds.hu
59. Dempsey, W.H. (1970): Effects of temperature on pollen germination and tube growth. Report of the Tomato Genetics Cooperative 20, 15-16.
60. Descomps, S. and Deroche, M.E. (1973): Action de l'eclairement continu sur l'appareil photosynthetique de la tomate. *Physiologie végétale* 11, 615-631.
61. Dieleman, J.A. and Heuvelink, E. 1992. Factors affecting the number of leaves preceding the first inflorescence in the tomato. *Journal of Horticultural Science*, 67, 1-10.
62. Di Mascio P, Kaiser S, Sies H. (1989): Lycopene as the most efficient biological carotenoid singlet oxygen quencher. Arch Biochem Biophys 274: 532-538.
63. Djuric, Z., Powell, L. C. (2001): Antioxidant capacity of lycopene-containing foods. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, 52, 143-149. p.
64. Dominguez, E., Cuartero, J. and Fernandez-Munoz, R. (2002): Reduced container volume increases tomato pollen fertility at low ambient temperatures. *Journal of the American Society for Horticultural Science*. 127, 32-37.
65. Dumas, Y., M. Dadomo, G. Di Lucca, and P. Grolier. (2003): Effects of environmental factors and agricultural techniques on antioxidant content of tomatoes. J. Sci. Food Agric. 83:369-382.
66. Egles, D. and Rollin, P. (1968): La photosensibilité des graines de tomate var. St. Pierre. *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences - Series III - Sciences de la Vie*, 266, 1017-20.
67. Edwards, R. A, Reuter, F. H. (1967): Pigment changes during the maturation of tomato fruit. *Food Technology Aust*., 19, 352-357. p.
68. Emery G.C. and Munger, H.M. (1970): Alteration of growth and flowering in tomatoes by the jointless genotype. *Journal of Heredity* 61, 51-53.
69. Enoch, H. Z. Carmi, I. Rounick, J. S. Magaritz, M. (1984): Use of carbon isotopes to estimate incorporation of added CO_2 by greenhouse-grown tomato plants. Plant Physiol. 76: 1083-1085.p.
70. Escher, H. H. (1928). Helv. chim. Acta, 11, 752.
71. Grierson, D. and Schuch, W. (1993): Control of ripening. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London Series B-Biological Sciences 342*(1301), 241-50.
72. FAO (2005): http://faostat.fao.org/faostat/
73. Farine, J. P., Le Quere, J. L., Duffy, J., Semon, E., Brossut, R. (1993): 4-Hysroxy-5-methyl-3(2H)-furanone, two components of the male sex pheromone of *Eurycotis floridana* (Walker) (Insecta Blattidae, Polyzosteriinae). *Bioscience Biotechnology and Biochemistry*, 57, 2026-2030. p.
74. Farkas J. (1990): Milyen károkat okoz a hőingadozás, illetve a kedvezőtlenül magas vagy alacsony hőmérséklet? *Hajtatás, korai termesztés*, 2, 3-5.
75. Farkas J. (1992): Étkezési és Ipari paradicsom fajták nemesítése. MTA doktori értekezés, Budapest, 128 p.
76. Farkas J. (1994): Az étkezési paradicsom tárolásra nemesítése. Hajtatás korai termesztés 4.sz. 19-23 p.
77. Farkas J. (1994): Paradicsom. In: Balázs S. (szerk.) Zöldségtermesztők kézikönyve. Mezőgazda kiadó, Budapest. 195-225.
78. Farquhar, G. H. and T. D. Sharkey (1982). Stomatal conductance and photosynthesis. *Ann. Rev. Plant Physiol.* 33: 317-345
79. Fehér B. (1998): Zöldségtermesztők zsebkönyve. Budapest: Mezőgazda Kiadó, 540. p.

80. Feller C., Bleiholder H., Buhr L., Hack H., Hess M., Klose R., Meier U., Stauss R., van den Boom T. und WeberR E. (1995): Phänologische Entwicklungsstadien von Gemüsepflanzen: II. Fruchtgemüse und Hülsenfrüchte. *Nachrichtenblatt des Deutschen Pflanzenschutzdienstes* 47, 217-232.
81. Filius I. (1982): A hő- és fényenergia hatékonysága a zöldséghajtatásban. MTA doktori értekezés.
82. Filius I. (1989): A zöldségtermesztés élettani alapjai. In: Balázs S. (szerk.) Zöldségtermesztők kézikönyve. Mezőgazda kiadó, Budapest. 36-92.
83. Filius I. (1994): A zöldségtermesztés élettani alapjai. In: Balázs S. (szerk.) Zöldségtermesztők kézikönyve. Mezőgazda kiadó, Budapest. 36-94.
84. Fernandez-Munoz, R. and Cuartero, J. (1991): Effects of temperature and irradiance on stigma exsertion, ovule viability and embryo development in tomato. *Journal of Horticultural Science* 66, 395-401.
85. Fernandez-Munoz, R., Gonzalez-Fernandez, J.J. and Cuartero, J. (1995): Variability of pollen tolerance to low temperatures in tomato and related wild species. *Journal of Horticultural Science*, 70, 41-49.
86. Franceschi S, Bidoli E, La Veccia C, et al. (1994): Tomatoes and risk of digestive-tract cancer. Int J Cancer 59:181-184.
87. Frenz, F.W. (1968a): Die `sensitive Phase' für die generative Entwicklung bei drei Tomatensorten (`Allround', 'Haubners Vollendung' and `Hellfrücht Z1280'). *Gartenbauwissenschaft*, 33; 247-71.
88. Frenz, F.W. (1968b): Einflus einer 18-tagigen Anzucht mit verschiedenen Tag- and Nachttemperaturen auf die vegetative and generative Entwicklung von 7 Tomatensorten. *Gartenbauwissenschaft*, 33; 1-33.
89. Fryxell, P.A. (1954): Genetics of locule number. *Report of the Tomato Genetics Cooperative* 4, 10-11.
90. Fuhramn B, Elis A, Aviram M. (1997): Hypercholesterolemic effect of lycopene and ß- carotene is related to suppression of cholesterol synthesis and augmentation of LDL receptor activity in macrophage. Biochem Biophys Res Commun 233: 658-662.
91. Fukumoto Y., Yokoyama K. and Kojima K. (1992): Effects of phosphate fertilizer application and water stress on yield and quality of fully ripe tomatoes. Bulletin of Research Institute of System Horticulture, Faculty of Agriculture, Kochi University, 25-31.
92. Fukushima Y. and Masui M. (1962): Effect of early environment on the flower formation in tomato. I. On night temperature and soil moisture. *Journal of the Japanese Society for Horticultural Science*, 31, 207-212.
93. Gahler, S., Otto, K., Böhm, V. (2003): Alterations of vitamin C, total phenolics, and antioxidant capacity as affected by processing tomatoes to different prodcts. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 51, 7962-7968. p.
94. Gragera Facundo, J.; Rodríguez del Rincón, A.; Cuartero Zueco, J. (1999): Genotypic and environmental variation in a bc_2 of *l. esculentum* x *l. cheesmanii* for soluble solids and for yield characters. Acta Hortic. 487: 307-312.p.
95. George, W.L. Jr, Scott, J.W. and Splittstoesser, W.E. (1984): Parthenocarpy in tomato. *Horticultural Reviews* 6, 65-84.
96. George, B., Ch. Kaur, D.S. Khurdiya, and H.C. Kapoor. (2004): Antioxidants in tomato (Lycopersicum esculentum) as a function of genotype. Food Chem. 84:45-51.

97. Georghiou, K. and Kendrick, R.E. (1991): The germination characteristics of phytochrome-deficient aurea mutant tomato seeds. *Physiologia Plantarum*, 82, 127-133.
98. Giovannucci E. (1999). Tomatoes, tomato-based products, lycopene and cancer: review of the epidemiologic literature. J Natl Cancer Inst 91: 317-331.
99. Giovannucci E, Ascherio A, Rimm EB, et al. (1995): Intake of carotenoids and retinol in relation to risk of prostate cancer. J Natl Cancer Inst 87: 1767-1776.
100. Goodall, D.W. (1973): Some preliminary observations on the position of the inflorescence in the tomato plant. *Annual Report of the Experimental Research Station Cheshunt*, 87-92.
101. Goodall, D.W. (1983): Further observations on factors affecting the position of the first inflorescence in the tomato. *Annual Report of the Experimental Research Station Cheshunt*, 73-8.
102. Gorter, C.J. (1949): The influence of 2,3,5-triiodobenzoic acid on the growing points of tomatoes. *Koninklijke Nederlandse Akademie voor Wetenschappen to Amsterdam*, 52, 1185-93.
103. Gould, W.A. (1983): Tomato production, processing quality evaluation. AVI Publishing Company, Westport, Connecticut, 550 pp.
104. Gray, J., Picton, S., Giovannoni, J.J. and Grierson, D. (1994): The use of transgenic and naturally occurring mutants to understand and manipulate tomato fruit ripening. *Plant, Cell and Envirornnent* 17, 557-571.
105. Grierson, D. and Fray, R. (1994): Control of ripening in transgenic tomatoes. *Euphytica* 79, 251-263.
106. Grierson, D. and Kader, A.A. (1986): Fruit ripening and quality. In: Atherton, J.G. and Rudich, J. (eds) The Tomato Crop. A Scientific Basis for Improvement. Chapman & Hall, London, pp. 241-280.
107. Groot, S.P.C., Bruinsma J. and Karssen, C.M. (1987): The role of endogenous gibberellin in seed and fruit development of tomato: studies with a gibberellin-deficient mutant. *Physiologia Plantarum* 71, 184-190.
108. Guan, H.P. and Janes, H.W. (1991): Light regulation of sink metabolism in tomato fruit. II. Carbohydrate metabolizing enzymes. *Plant Physiology* 96, 922-927.
109. Hack H., Bleiholder H., Buhr L., Meier U., Schnock-Fricke U., Weber E. und Witzenberger A. (1992): Einheitliche Codierung der phänologischen Entwicklungsstadien mono- und dikotyler Pflanzen - Erweiterte BBCH-Skala, Allgemein -. *Nachrichtenblatt des Deutschen Pflanzenschutzdienstes* **44**, 265-270.
110. Harker M, Hirschberg J. (1998): Molecular biology of carotenoid biosynthesis in photosynthetic organisms. Methods Enzymol 297: 244-263,
111. Hayman, G. (1987): The hair-like cracking of last season. *Grower* 107, pp. 3-5.
112. Helyes L. (1991): A zöldségnövények vízellátottságának és öntözési igényének meghatározása a lombhőmérséklettel. Doktori értekezés (Ph. D), Gödöllő, 123 p.
113. Helyes L.(1999): A paradicsom és termesztése. SYCA Szakkönyvszolgálat, Budapest, 233 pp.
114. Helyes L. (2000): A paradicsom termelésének fejlődési irányai. *Gazdálkodás*, 3, 57-66.
115. Helyes L. and Pék Z. (2001): The simultaneous effect of water supply and radiation on tomato flowering and setting. *Acta Horticulturae*, 542, 227-233.
116. Helyes L. - Varga Gy. (1994): Irrigation demand of tomato according to the results of three decades. Acta Horticulturae 376, 323-328.p.
117. Helyes L. - Varga Gy. - Pék Z. - Dimény J. (1999): The simultaneous effect of variety, irrigation and weather on tomato yield. Acta Horticulturae 487, 499-505.p.

118. Helyes L., Pék Z. (2000): Virágzásdinamika értékelése a paradicsom tavaszi hajtatásában. *Hajtatás, korai termesztés*, XXXI. évf. 4. sz. 20-23.
119. Helyes L., Pék Z. (1998): Hogyan virágzik a paradicsom ősszel? *Kertészet és Szőlészet*, 30, 6-7.
120. Helyes L., Szerdahelyi R., Pék Z. (2000): Appreciation of fruit set dynamics in autumn tomato forcing. *Acta Agronomica Óváriensis*, 2, 225-232.
121. Helyes L., Pék Z., Szerdahelyi R. (1998): Mikor köt a paradicsom? *Kertészet és Szőlészet*, 31, 6-7.
122. Helyes L., Szerdahelyi R., Pék Z. (1998): A kötődésdinamika értékelése a paradicsom őszi hajtatásában. *Kertgazdaság*, 2, 21-26.
123. Helyes L., Szerdahelyi R., Pék Z. (1998): Virágzásdinamika értékelése a paradicsom őszi hajtatásában. *Hajtatás, korai termesztés*, XXIX. évf. 3.sz. 17-20.
124. Helyes L., Varga Gy. (1994): A hajtatás helytelen időzítésének hatása a paradicsomra. *Hajtatás, korai termesztés*, XXV. évf. 4.sz. 24-27.p.
125. Helyes L. – Varga Gy. – Lugasi A (2005): A fajta szerepe a paradicsom (*Lycopersicon lycoprsicum (L.) Karsten*) fontosabb beltartalmi összetevőinek alakulására különböző termesztési módok esetén. Hajtatás Korai Termesztés XXXVI. Évf. 4. sz. 27-31.
126. Helyes L– Dimény J. – Pék Z. .- Lugasi A. (2006): Effect of the variety and growing methods as well as cultivation conditions on ingredient of tomato (*LYCOPERSICON LYCOPERSICUM (L.) KARSTEN*) fruit. Acta Horticulturae 712. 511-516. p.
127. Heszky L. (2006): Transzgénikus növények-Az emberiség diadala vagy félelme. Mindentudás Egyeteme okt. 30. előadás.
128. Hertog, 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. p.
129. Heuvelink, E. (1995): Dry matter production in a tomato crop: measurements and simulation. *Annals of Botany*. 4, 369-379.
130. Heuvelink E. (1996): Tomato growth and yield: quantitative analysis and synthesis. *PhD Thesis* Wageningen Agricultural University, Wageningen.
131. Heuvelink, E., and Bertin, N. (1994): Dry matter partitioning in a tomato crop: comparison of two simulation models. *Journal of Horticultural Science*, 69, 885-903.
132. Heuvelink, E., Bakker, M., and Stanghellini, C. (2003): Salinity effects on fruit yield in vegetable crops: a simulation study. *Acta Horticulturae* 609, 133-140.
133. Ho, L. C. (1999): The physiological basis for improving tomato fruit quality. Acta Hort. 487, 33-40.
134. Ho, L. C. Grange, R.J. and Picken, A.J. (1987): An Analysis of the accumulation of water, dry matter in tomato fruit. Pl. Cell Environ. 10, 157-162.
135. Ho, L. C. and Hewitt, J. D. (1986): Fruit development. In: Atherton, J.G. and Rudich, J. (eds) The Tomato Crop. A Scientific Basis for Improvement. Chapman and Hall, London, pp. 201-239.
136. Ho, L.C., Sjut, V. and Hoad, G.V. (1982): The effect of assimilate supply on fruit growth and hormone levels in tomato plants. *Plant Growth Regulation* 1, 155-171.
137. Hobson, G. E. Davies, J. N. and Winsor, G. W. (1977): Ripening disorders of tomato fruit. Growers' Bulletin, no. 4. Glasshouse Crops Research Institute. Littlehampton, England.

138. Hodossi S.- Kovács A.-Terbe I.(2004): Zöldségtermesztés szabadföldön Mezőgazdasági Kiadó Bp. 355 p.
139. Honkanen, E., Pyysalo, T., Hirvi, T. (1980): The aroma of finnish wild raspberries. Z. Lebensm. Unters. Forsch., 171, 180-182. p.
140. Honma, S., Wittwer, S.H. and Phatak, S.C. (1963): Flowering and earliness in the tomato. Inheritance of associated characteristics. *Journal of Heredity*, 54, 212-8.
141. Howlett, F.S. (1939): The modification of flower structure by environment in varieties of Lycopersicon esculentum. *Journal of Agricultural Research* 58, 79-117.
142. Hurd, R.G. (1973): Long-day effects on growth and flower initiation of tomato plants in low light:, *Annals of Applied Biology*, 73, 221-8.
143. Hurd, R.G. and Cooper, A.J. (1967): Increasing flower number in single-truss tomatoes. *Journal of Horticultural Science*, 42, 181-8.
144. Hurd, R.G. and Cooper, A.J. (1970): The effect of early low temperature treatment on the yield of single-inflorescence tomatoes. *Journal of Horticultural Science*, 45, 19-27.
145. Hurd, R.G. and Thornley, J.H.M. (1974): An analysis of the growth of young tomato plants in water culture at different light integrals and CO_2 concentrations. I. Physiological aspects. *Annals of Botany* 38, 375-388.
146. Hurd, R.G., Gay A.P. and Mountifield, A.C. (1979): The effect of partial flower removal on the relation between root, shoot and fruit growth in the indeterminate tomato. *Annals of Applied Biology* 93, 77-89.
147. Husain, S.E.; Harrison, J.; Foyer, C.H.; ap Rees, T.; Shields, R. (1999): The role of invertase in carbohydrate metabolism of tomato fruit. Acta Hortic. 487: 77-84.p.
148. Hussey, G. (1963a): Growth and development in the young tomato. I. The effect of temperature and light intensity on growth of the shoot apex and leaf primordia. *Journal of Experimental Botany*, 14, 316-25.
149. Hussey, G. (1963b): Growth and development in the young tomato. II. The effect of defoliation on the development of the shoot apex. *Journal of Experimental Botany* 14,326-333.
150. Ishida, B. K. (1999): Activated lycopene biosynthesis in tomato fruit in vitro. Acta Hortic. 487: 445-452.
151. Iwahori, S. (1965): High temperature injuries in tomato. IV. Development of normal flower buds and morphological abnormalities of flower buds treated with high temperature. *Journal of the Japanese Society for Horticultural Science* 34, 33-41.
152. Iwahori, S. (1966): High temperature injuries in tomato. V. Fertilization and development of embryo with special reference to the abnormalities caused by high temperature. *Journal of the Japanese Society for Horticultural Science* 35, 379-386.
153. Iwahori, S. (1967): Auxin of tomato fruit at different stages of its development with a special reference to high temperature injuries. *Plant and Cell Physiology* 8, 15-22.
154. Izbéki, A. (2001): Oltott növények hajtatása sziciliában. Délalföldi zöldségkertész, 3. évf. 8. sz. 1-3p.
155. Janes, H.W. and McAvoy, R.J. (1991): Environmental control of a single-cluster greenhouse tomato crop. *HortTechnology* 1, 110-114.
156. Janse, J. (1984): Internal year report 1983. Glasshouse Crop Res. Exp. Stn. Naaldwijk, the Netherlands.
157. Janzowski C., Glabb V,. Samimi E., Schlatter J., Eisenbrand G. (2000): 5-Hydroxymethylfurfural: assessment of mutagenicity DNA-damaging potential and reactivity towards cellular glutathione Food and Chemical Toxicology (38) 801-809.

158. Jauregui, J.I.; Lumbreras, M.; Chavarri, M.J.; Macua, J.I. (1999): Dry weight and brix degree correlation in different varieties of tomatoes intended for industrial processing. Acta Hortic. 487: 425-430. p.
159. Jaworski, C.A. and Valli, V.J. (1965): tomato seed germination and plant growth in relation to soil temperatures and phosphorus levels. *Proceedings of Florida State Horticultural Society 1964,* 77, 177-183.
160. Jones, R. A. and Scott, S. S. (1983): Improvement of tomato flavour by genetically increasing sugar and acid content. Euphytica 32: 845-855.
161. Jones, J.W., Dayan, E., Keulen, H. van and Challa, H. (1989): Modeling tomato growth for optimizing greenhouse temperatures and carbon dioxide concentrations. *Acta-Horticulturae*. 248, 285-294.
162. Karrer, P. & Widmer, R. (1928). Helv. chim. Acta, 11, 751.
163. Kataoka K., Date S., Goto T. and Asahira T (1994): Reducing of tomato puffiness in auxin-induced parthenocarpic fruits by forchlorfenuron (1-(2-chloro-4-pyridyl)-3-phenylurea). *Journal of the Japanese Society for Horticultural Science*. 1, 61-66.
164. Kaul, M.L.H. (1991): Reproductive biology in tomato. In: Kalloo, G. (ed.) Genetic Improvement of Tomato. *Monographs on Theoretical and Applied Genetics*, Vol. 14. Springer-Verlag, Berlin, pp. 39-50.
165. Kedar, N. and Palevitch, D. (1968): Seed number, specific gravity and external appearance of hollow tomato fruits. *Journal of Horticultural Science* 43, 401-407.
166. Kedar, N. and Palevitch, D. (1970): Structural changes in hollow tomato fruits. *Israel Journal of Agricultural Research* 20, 87-90.
167. Kim, I.S. and Jeong, C.S. (1996): Effect of growth regulators on puffy-fruit, content of sugar and organic acid in tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.). *Journal of the Korean Society for Horticultural Science*. 2, 187-192.
168. Kimball, B. A. Mitchell, S.T.(1979): Tomato yields from CO_2 enrichment in unventilated and conventionally ventilated greenhouses. J. Am. Soc. Hort. Sci. 4:515-520.p.
169. Kinet, J.M. (1977a): Effect of light conditions on the development of the inflorescence in tomato. *Scientia Horticulturae* 6, 15-26.
170. Kinet, J.M. (1977b): Effect of defoliation and growth substances on the development of the inflorescence in tomato. *Scientia Horticulturae* 6, 27-35.
171. Kinet, J.M. (1989): Environmental and chemical controls of flower development. In: Lord, E. and Bernier, G. (eds) Plant Reproduction: from Floral Induction to Pollination. American Society of Plant Physiologists Symposium Series, Vol. 1, Rockville, MD, pp. 95-105.
172. Kinet, J.M. and Peet, M.M. (1997): Tomato In: Wien, H.C. (ed.) The Physiology of Vegetable Crops CAB International 207-258 pp.
173. Klann E., Chetelat R., Bennett A.B. (1993): Expression of acid invertase gene controls sugar composition in tomato fruit. Plant Physiol 103:863-870.
174. Klapwijk, D. (1977): Waarnemingen inzake de positie van de eerste en tweede tros bij tomaten 1974-1977. *Proefstation voor de Groenten- en Fruitteelt onder Glas to Naaldwijk*. Intern verslag No. 41.
175. Klapwijk, D. (1986): Troshoogte in discussie: hogere eerste tros gelijkmatiger gewas. *De Tuinderij*, 66, 34-6.
176. Klapwijk, D. (1988): De software van tomaat: sturing van het groeipunt. *De Tuinderij*, 68, 14-7.
177. Kohlmeier L, Kark JD, Gomez-Gracia E, et al. (1997): Lycopene and myocardial infarction risk in the EURAMIC Study. Am J Epidemiol 146:618-626.

178. Koródi L. (2000): Paradicsom In: Balázs S. (szerk.) A zöldséghajtatás kézikönyve. Mezőgazda Kiadó, Budapest, 244-285.
179. Koshioka M., Nishijima T., Yamazaki I.T., Liu Y., Nonaka M. and Mander, L.N. (1994): Analysis of gibberellins in growing fruits of *Lycopersicon esculentum* after pollination or treatment with 4-chlorophenoxyacetic acid. *Journal of Horticultural Science* 69, 171-179.
180. Kotowski, F. (1926): Chemical stimulants and germination of seed. *Proceedings of the American Society for Horticultural Science,* 23, 173-176.
181. Kovács F. (2000): Paradicsom In: Kristóf L.-né (szerk.) Leíró fajtajegyzék. Országos Mezőgazdasági Minősítő Intézet, Budapest, 55-89.
182. Kovács F. (2002): Paradicsom In: Füstös Zs. (szerk.) Leíró fajtajegyzék. Országos Mezőgazdasági Minősítő Intézet, Budapest, 53-114.
183. Kuo, C. G., Chen, H.M., Shen, B.J. and Chen, H. C. (1989): Relationship between hormonal levels in pistils and tomato fruit-set in hot and cool seasons. In: Green, S. K., Griggs, T.D. and McLean, B.T. (eds): Tomato and Pepper Production in the Tropics. Asian Vegetable Research Development Center Publication no. 89-317. Shanhua, Tainan, 138-149.
184. Kuti, J.O., Konoru, H.B. (2005): Effects of genotype and cultivation environment on lycopene content in red-ripe tomatoes. J. Sci. Food Agric. *85:* 2021-2026.
185. Lapushner, D.; Bar, M.; Gilboa, N.; Frankel, R.(1990): Positive heterotic effects for °brix in high solid f_1 hybrid cherry tomatoes. Acta Hortic. 277: 207-212.
186. Lawrence, W.J.C. (1956): Growth and development of tomato. *Annual Report, John Innes Institute*, 32-37.
187. LC-GC. (1996): Vol. 14, 9, 794-803. p.
188. Lee, J. M. (2003): Advances in vegetable grafting. Chronica Horticulturae 43. évf 2. sz. 13-19. p.
189. Lee, J. M. Oda, M. (2003): Grafting of herbaceous vegetable and ornamental crops Horticultural Reviews 28. évf. 61-124. p.
190. Lee, J. M. Bang, H. J. Ham, H. S. (1998): Grafting of vegetables. J. Japan. Soc. Hort. Sci. 67 (6): 1098-1104
191. Levy, A., Rabinowitch, H.D. and Kedar, N. (1978): Morphological and physiological characters affecting flower drop and fruit set of tomatoes at high temperatures. *Euphytica* 27, 211-218.
192. Lewis, D. (1953): Some factors affecting flower production in the tomato. *Journal of Horticultural Science*, 28, 207-20.
193. Liu QY, Hung JC, Heber D, et al. (2001): Inverse associations between plasma lycopene and other carotenoids and prostate cancer. Cancer Epidemiol Biomarkers Prev 10: 749-756,
194. Lóczi, J. (2001): Ajánlások az oltott paradicsom hajtatásához. Gyakorlati Agrofórum 12. évf. 13. sz. 31-33. p.
195. Lopez-Andreu, F.J., A. Lamela, R.M. Esterban and J.G. Collando, (1986): Evolution of quality parameters in the maturation stage of tomato fruits. Acta Hort. 191:387-394.
196. López, J.; Ballesteros, R.; Ruiz, R.; Ciruelos, A. (2001): Influence on tomato yield and brix of an irrigation cut-off fifteen days before the predicted harvest date in southwestern spain. Acta Hortic. 542: 117- 126.
197. Lu Y, Ethoh H, Watanabe N, et al. (1995): A new carotenoid hydrogen peroxide oxidation product from lycopene. Biosci Biotech Biochem 59: 2153-2155.

198. Lugasi, A.-Hóvári, J. (2000): Flavonoid aglycons in foods of plant origin I. vegetables. Acta Alimentaria, 29. 345-352.
199. Lugasi, A.-Takács, M. (2002): Flavonoid aglycons in foods of plant origin II. fresh and dried fruits. Acta Alimentaria, 31. 1. 63-71.
200. Lugasi A. – Hóvári J. – Bíró L. – Brandt S. – Helyes L.(2004): Élelmiszereink likopin-tartalmát befolyásoló tényezők és a hazai lakosság likopinbevitele. Magyar onkológia 48. évf. 2.sz.131-136 p.
201. Magyar Zöldség-Gyümölcs Terméktanács (2000): A zöldség és gyümölcs ágazat helyzete Magyarországon. MZGySzT, Budapest, 23-24.
202. Magyar Zöldség-Gyümölcs Terméktanács (2001): A zöldség és gyümölcs ágazat helyzete Magyarországon. MZGySzT, Budapest, 22-23.
203. Magyar Zöldség-Gyümölcs Szakmaközi Szervezet és Terméktanács (2002): A kertészeti ágazat helyzete Magyarországon. MZGySzT, Budapest, 24-25.
204. Magyar Zöldség-Gyümölcs Szakmaközi Szervezet és Terméktanács (2003): A zöldség-gyümölcs ágazat helyzete Magyarországon. MZGySzT, Budapest, 23-24.
205. Maher, M. J. (1976) Growth and nutrient content of a glasshouse tomato crop grown in peat. Scientia Hortic. 4, 23-6. p.
206. Mancinelli, A.L., Borthwick, H.A. and Hendricks, S.B. (1966): Phytochrome action in tomato seed germination. *Botanical Gazette*, 127, 1-5.
207. Manning, K., Maw, G. A. (1975): Distribution of acid invertase in tomato fruit. Phytochemistry 14: 1965-1969.
208. Mapelli, S., Frova, C., Torti, G. and Soressi, G.P. (1978): Relationship between set, development and activities of growth regulators in tomato fruits. *Plant and Cell Physiology* 19, 1281-1288.
209. Mapelli, S., Torti, G., Badino, M. and Soressi, G.P. (1979): Effects of GA, on flowering and fruit-set in a mutant of tomato. *HortScience* 14, 736-737.
210. Markov V. M., Haev M.K. (1953): Ovosevodsztvo. Szel'hozgiz. Moszkva, 567p.
211. McAvoy R.J., Janes, H.W., Godfriaux, B.L., Secks, M., Duchai, D. and Wittman, W.K. (1989): The effect of total available photosynthetic photon flux on single truss tomato growth and production. *Journal of Horticultural Science* 64, 331-338.
212. McAvoy, R.J. and Janes, H.W. (1991): Tomato plant photosynthetic activity as related to canopy age and tomato development. *Journal of the American Society for Horticultural Science* 114, 478-482.
213. McCollum, J.P. and Skok, J. (1960): Radiocarbon studies on the translocation of organic constituents into ripening tomato fruits. *Proceedings of the American Society for Horticultural Science* 75, 611-616.
214. Meidner, H. and T. A. Mansfield (1965). *Physiology of Stomat.* McGraw-Hill, London, pp. 179
215. MERCK, & CO. (1989): Merck index, 11th edition, Rahway, NJ.
216. Meredith, F. I., Purcel, A. E. (1966): Changes in the concentration of carotenes of ripening Homestead tomatoes. *Proceeding of the American Society for Horticultural Science*, 89, 544. p.
217. Mertens, T.R. and Burdick, A.B. (1954): The morphology, anatomy and genetics of a stem fasciation in *Lycopersicon esculentum*. *American Journal of Botany*, 41, 726-732.
218. Minor,D., Schaffer, A.A. (1991): Sucrose phosphate synthase, sucrose synthase and invertase activities in developing fruit of Licopersicon esculentum Mill. And the

sucrose accumulating Licopersicon hirsutum Humb. And Bonpl. Plant Physiology 95: 623-627.
219. Mitchell, J. P., C. Shennan, S. R. Grattan, and D. M. May. 1991. Tomato fruit yields and quality under water deficit and salinity. J. Amer. Soc. Hortic. Sci. 116: 215–221.
220. Miller, N. J., Rice-Evans, C., Davies, M. J., Gopinathan, V., Milner, A. (1993): A novel method for measuring antioxidant capacity and its application to monitoring the antioxidant status in premature neonates. *Clinical Science,* 84**,** 407-412. p.
221. Milotay P. (1996): A paradicsomnemesítés útjai. Kertgazdaság, 2, 85-87.
222. Micozzi, M. S., Becheer, G. R., Taylor, P. R., Kahchik, F. (1990): Carotenoid analyses of selected raw and cooked foods associated with a lower risk for cancer. *Journal of the National Cancer Institute*, 82, 282-288. p.
223. Moe, R. (1984): CO_2 enrichment in Scandinavia. Acta Horticulturae 162: 217-225.p.
224. Mobayen, R.G. (1980): Germination of citrus and tomato seeds in relation to temperature. *Journal of Horticultural Science*, 55, 291-297.
225. Molyneux, S. L. (2001): The influence of cultivar and storage on the antioxidant capacity, and the antioxidant content, of locally grown toamtoes. Bachelor of Science (Honours) Dissertation, Lincoln University, Lincoln, NZ.
226. Monselise, S.P., Varga, A. and Bruinsma, J. (1978): Growth analysis of the tomato fruit, *Lycopersicon esculentum* Mill. *Annals of Botany* 42, 1245-1247.
227. Moore, E.L. and Thomas, W.O. (1952): Some effects of shading and para-chlorophenoxy acetic acid on fruitfulness of tomatoes. *Proceedings of the American Society for Horticultural Science* 60, 289-294.
228. Morgan, J.V., Dempsey, P.J. and Binchy, A. (1969): The influence of light, temperature, CO_2 concentration and compost on the development of tomato plants in growing rooms. *Acta Horticulturae*, 22, 164-80.
229. MSZ ISO 750. Gyümölcs- és zöldségtermékek titrálható savtartalmának meghatározása.
230. MSZ EN 12143. Gyümölcs- és zöldséglevek. Az oldható szárazanyagtartalom becslése. Refraktometriás módszer.
231. MSZ ISO 7466. Tartósított élelmiszerek 5-hidroxi-metil-furfurol tartalmának meghatározása.
232. Mutton, L., Patterson, B.D. and Nguyen, V.O. (1987): Two stages of pollen development are particularly sensitive to low temperatures. Report of the Tomato Genetics Cooperative 37, 56-57.
233. Nahum A, Hirsch K, Danielko M, et al. (2001). Lycopene inhibition of cell cycle progression in breast and endometrial cancer cells is associated with reduction in cyclin D1 and D3 levelsand retention of p27-Kip1 n the cyclin E-cdk2 complex. Oncogene 20: 3428-3436.
234. Nawata, E., Inden, H. and Asahira, T. (1985): Effects of CCC on the occurrence of tomato puffy fruits and the endogenous cytokinin activities. *Scientia Horticulturae* 26,119-127.
235. Nguyen, M. L.; Schwartz S. J.(1998): Lycopene:Chemical and biological properties. Food Technol. 53 (2):38-44. p.
236. Nickell, L. G. (1982): Plant Growth Regulators. Agricultural Uses. Springer-Verlag, New York. Heidelberg, Berlin 173 p.
237. Nunomura, N., Sasaki, M., Yokotsuka, T. (1979): Studies on flavour components in shoyu: Part V. Isolation of 4-hydroxy-5-methyl-3 (2H)-furanone, a flavour component in shoyu (soy sauce). Agric. Biol. Chem. 43, 1361-1363. p.

238. Noto, G. and Malfa, G. La, (1986): Flowering of tomato in relation to pre-planting low temperatures. *Acta Horticulturae*, 191, 275-80.
239. Offord, E. A.(1998): Nutritional and health benefits of tomato products Proceedings of the tomato and health. seminar Pamplona 5-10. p.
240. Ohta K., Toyota K. and Hosoki T. (2002): Differences in flower-bud differentiation of malformed fruit in two tomato cultivars. *Horticultural Research Japan*, 2, 107-110.
241. Oeller PW, Wong LM, Taylor LP, Pike DA, Theologis A. (1991): Reversible inhibition of tomato fruit senescence by antisense RNA. *Science* 254**,** 437–439
242. Ong SSH, Tee ES. (1992): Natural sources of carotenoids from plants and oils. Methods Enzymol 213: 142-167.
243. Palevitch, D. and Kedar, N. (1968): Effect of fertilizer treatments and manure on hollowness of winter tomatoes. *Israel Journal of Agricultural Research* 18, 113-116.
244. Passwater, R. A. (1999): Fókuszban az antioxidánsok. Alexandra Kiadó, Pécs, 94.
245. Peet, M. M. Willits, D. H. (1984): Source/sink factors affecting response of greenhouse tomato to CO2 enrichment. Acta Horticulturae, 162: 121-127. p.
246. Pék Z. (2004): A hajtatott paradicsom termésképzésének modellezése Doktori (PhD) értekezés Gödöllő, 131 p.
247. Pék Z. and Helyes L. (2003): Relationship between flowering, fruit setting and environmental factors on consecutive clusters in greenhouse tomato (*Lycopersicon lycopersicum* (L) Karsten) *International Journal of Horticulture Science*, 3-4, 111-116.
248. Pék Z., Réti K., Helyes L. (2002): A környezeti tényezők hatása tavaszi hajtatott paradicsom fürtönkénti virágzására és termésképzésére. *Kertgazdaság*, 2, 9-16.
249. Pék Z. and Helyes L. (2002): Simultaneous appreciation of flowering and fruit setting dynamics in spring and autumn tomato forcing. *Bulletin of the Szent István University*, 21-27.
250. Pék Z. and Helyes L. (2004): Effect of temperature to truss flowering rate of tomato *Journal of the Science of Food and Agriculture* 84, 1671-1674.
251. Perry, K.B., Wehner, T.C. and Johnson, G.L., (1986) Comparison nique for this entire region, of 14 methods to determine heat unit requirements for cucumber harvest. HortScience, 21: 419-423.
252. Perry, K.B., Wu, Y., Sanders, D.C., Garrett, J.T., Decoteau, D.R., Nagata R.T., Dufault, R.J., Batal, K.D., Granberry, D.M. and Mclaurin, W.J. (1997): Heat units to predict tomato harvest in southeast USA. *Agriculture and Forest Meteorology*, 84, 249-254
253. Petro- Turza, M. (1986): Flavor of tomato and tomato products. *Food Reviews International*, 2, 309-351. p.
254. Peschel, W., Sánchez-Rabaneda, F., Diekmann, W., Plescher, A., Gartzia, I., Jiménez, D., Lamuela-Raventós, R., Buxaderas, S., Codina, C. (2006): An industrial approach in the search of natural antioxidants from vegetabele and fruit wastes. *Food Chemistry*, 97, 137-150. p.
255. Phatak, S. C., Wittwer, S. H. and Teubner, F. G. (1966): Top and root temperature effects on tomato flowering. *Proceedings of the American Society for Horticultural Science,* 88, 527-31.
256. Philouze, J. (1978): Comparaison des effets des génes j et j-2 conditionnant Ie caractére jointless' chez la tornate et relations d' epistasie entre j et j-2 Bans les lignees de meme type varietal. *Annales de l'Amélioration des Plantes*, 28, 431-445.

257. Picken, A. J. F. (1984): A review of pollination and fruit set in the tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.). *Journal of Horticultural Science,* 59, 1-13.
258. Picken, A.J.F., Hurd, R.G. and Vince-Prue, D. (1985): Lycopersicon esculentum. In: Halevy, A.H. (ed.) CRC Handbook of Flowering, Vol. 3. CRC Press, Boca Raton, FL, pp. 330-346.
259. Picken, A.J.F., Stewart, K. and Klapwijk, D. (1986) Germination and vegetative development. In: Atherton, J.G. and Rudich, J. (eds) The Tomato Crop. A Scientific Basis for Improvement. Chapman and Hall, London, pp. 111-166.
260. Picton S, Barton SL, Bouzayen M, Hamilton A.J, Grierson D. (1993): Altered fruit ripening and leaf senescence in tomatoes expressing an antisense ethylene-forming enzyme transgene. *The Plant Journal* **3,** 469–481
261. Picton, S.; Gray, J. E. and Grierson, D. (1995): The manipulation and modification of tomato fruit ripening by expression of antisense RNA in transgenic plants. *Euphytica* 85 (1-3), 193-202.
262. Pogonyi Á., Pék Z. és Helyes L. (2004): Oltás hatása a paradicsom termésmennyiségére és minőségére tavaszi hajtatásban. *Kertgazdaság*, 1, 7-13.
263. Pogonyi Á. – Pék Z. – Helyes L. – Lugasi A. (2005): Effect of grafting on tomato's yield quality and main fruit components in spring forcing. Acta Alimentaria 34, (4), pp. 453-462.
264. Porretta, S., Sandei, L. (1991): Determination of 5- (Hydroxymethyl)-2-Furfural (HMF) in tomato products: proposal of a rapid HPLC method. *Food Chemistry*, 39, 51-57 p.
265. Porrini M, Risso P. (2000): Lymphocyte lycopene concentration and DNA protection from oxidative damage is increased in women after a short period of tomato consumption. J Nutr 130: 189-192.
266. Pressman, E., Peet, M.M. and Pharr, D.M. (2002): The effect of heat stress on tomato pollen characteristics is associated with changes in carbohydrate concentration in the developing anthers. *Annals of Botany*, 5, 631-636.
267. Rabinowitch, H. D., Budowski, P., Kedar, N. (1975): Carotenoids and epoxide cycles in mature green tomatoes. *Planta*, 122, 91. p.
268. Rao AV, Waseem Z, Agarwal S. (1998): Lycopene content of tomatoes and tomato products and their contribution to dietary lycopene. Food Res Int 31:737-741.
269. Rick, C.M. (1976): Tomato (family Solanaceae), In: Simmonds, N.W. (ed.) Evolution of Crop Plants, Longman Publications, 268-273.
270. Rick, C.M. and Butler, L. (1956): Cytogenetics of the tomato. *Advances in Genetics* 8, 267-382.
271. Rick, C.M. and Dempsey, W.H. (1969): Position of the stigma in relation to fruit setting of the tomato. *Botanical Gazette* 130,180-186.
272. Rivero, R.M., J.M. Ruiz, P.C. Garcia, L.R. López-Lefebre, E. Sánchez and L. Romero. (2001): Resistance to cold and heat stress: accumulation of phenol compounds in tomato and watermelon plants. Plant Sci. 160:315-321.
273. Romano, D. Paratore, A. (2001): Effects of grafting on tomato and eggplant. Acta Horticulturae, 559. sz. 149-153. p.
274. Royal Sluis (1999): Fajtajegyzék, Seminis Hungária Kft.
275. Rudich, J., Zamski, E. and Regev, Y. (1977): Genotypic variation for sensitivity to high temperature in the tomato: pollination and fruit set. *Botanical Gazette* 138, 448-452.
276. Rudich, J., D. Kalmar, C. Geizenberg, and S. Harel. (1977): Low water tensions in defined growth stages of processing tomato plants and their effect on yield and quality. J. Hortic. Sci., 52:391–399.

277. Rylski, I., Aloni, B., Karni, L. and Zaidman, Z. (1994): Flowering, fruit set, fruit development and fruit quality under different environmental conditions in tomato and pepper crops. *Acta-Horticulturae*, 366, 45-55.
278. Rylski, I., (1979): Fruit set and development of seeded and seedless tomato fruits under diverse regimes of temperature and pollination. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 104: 835-838.
279. Sadler, G., Davies, J., Dezman, D. (1990): Rapid extraction of lycopene and β-carotene from reconstituted tomato paste and pink grapefruit homogenates. *Journal of Food Science*, 55, 1460-1461. p.
280. Sage, R. F. and T. D. Sharkey (1987). The effect of temperature on the occurence of O_2 and CO_2insensitive photosynthesis in field grown plants. *Plant Physiol.* 84: 658-664
281. Sahlin, E., Savag, G. P., Lister, C. E. (2004): Investigation of the antioxidant properties of tomatoes after processing. *Journal of Food Composition and Analysis*, 17, 635-647. p.
282. Saito, T., Konno, Y. and Ito, H. (1963): Studies on the growth and fruiting of tomato. IV. Effect of the early environment on the growth and fruiting 4. Fertility of bed soil, watering and spacing. *Journal of the Japanese Society for Horticultural Science*, 32, 186-96.
283. Salter, P.J. (1958): The effects of different water-regimes on the growth of plants under glass. IV. Vegetative growth and fruit development in the tomato. *Journal of Horticultural Science* 33, 1-12.
284. Saltveit, M. E. (2003): A summary of CA requirements and recommendations for vegetables. *Acta Horticulturae*, 600, 723-727. p.
285. Sanders, D.C., T.A. Howell, M. M. S. Hile, L. Hodges, D. Meek, and C.J. Phene. (1989): Yield and quality of processing tomatoes in response to irrigation rate and schedule. J. Amer. Soc. Hortic. Sci. 114: 904–908.
286. Sandoz Seeds (1996): Zöldségmag katalógus 1996-97, S&G Vetőmag Kft. 7.
287. Santa-Cruz, A. Cuartero, J. (2001): Response of plant yield and leaf ion contents to salinity in grafted tomato plants. Acta. Horticulturae,. 571. sz. 413-417. p.
288. Santa-Cruz, A. Martinez-Rodriguez, M.M., Bolarin, M.C., Cuartero, J. and Castilla, N. (2001): Response of plant yield and leaf ion contents to salinity in grafted tomato plants. *Acta Horticulturae*, 551, 413-417.
289. Sarudi I. (1961): Szénhidrátanalitikai módszerek. Mérnöki továbbképző jegyzet, Budapest.
290. Sauser, B.J., Giacomelli, G.A., Janes, H.W. and Marcelis, L.F.M. (1998): Modelling the effects of air temperature perturbations for control of tomato plant development. *Acta-Horticulturae*, 456, 87-92.
291. Sawamura, M., Knegt, E., Bruinsma, J. (1978): Levels of endogenous ethylene, carbon dioxide and soluble pectin and activities of pectin methylesterase and polygalacturonase in ripening tomatoes. *Plant and Cell Physiology*, 19, 1061-1069. p.
292. Sawhney, V.K. (1983): The role of temperature and its relationship with gibberellic acid in the development of floral organs of tomato (*Lycopersicon esculentum*). *Canadian Journal of Botany* 61, 1258-1265.
293. Sawhney, V.K. and Dabbs, D. H. (1978): Gibberellic acid induced multilocular fruits in tomato and the role of Iocule number and seed number in fruit size. *Canadian Journal of Botany* 56, 2831-2835.
294. Schoorl N. - Regenbogen A. (1917): Zeitschrift für Analytische Chemie, 56. 191 p.

295. Siebel K, Fahrettin G, Sami E.(2005): Hydroxymethyl Furfural Content of Concentrated Food Products. Int. Journal of Food Properties 8: 367-375.
296. Sies, H.; Stahl, W.(1999): Bioavailability of lycopene. Acta Horticulturae 487 389-394.
297. Smith, P.G. and Millet, A.H. (1964): Germinating and sprouting responses of the tomato at low temperature. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 84, 480-484.
298. Somos, A. (1971): A paradicsom. Akadémiai Kiadó, Budapest 408 p.
299. Stahl W, von Laar J, Martin HD, et al. (2000): Stimulation of gap junctional communication: comparison of acyclo-retinoic acid and lycopene. Arch Biochem Biophys 373: 271-274.
300. Stahl, W. and Sies, H. (1992): Uptake of lycopene and its geometrical isomers is greater from heat –processed than from unprocessed tomato juice in humans. J. Nutr. 122:2161-2166. p.
301. Stahl, W, and Seis, H. (1996): Perspectives in biochemistry and biophysics. Lycopene: A biologically important carotenoid for humans? Arch Biochem Biophys 336:1-9.
302. Stenvers, N. (1976): Growth, ripening and storage of tomato fruits. Sprenger Inst. Wageningen, Meded. 32, 2. p.
303. Stevens, M. A. Kader, A. A. Albright- Holton, M. and Algazi, M. (1977): Genotipic variation for flavor and composition in fresh market tomatoes. J. Am. Soc. Hort. Sci. 102: 680-689.
304. Stevens, M. A. and Rick, C. M. (1986): Genetics and breeding In: Atherton, J.G. and Rudich, J. (eds) The Tomato Crop. A scientific Basis for Improvement. Chapman and Hall, London, pp. 35-109.
305. Sugiyama, T., Iwahori, S. and Takahashi, K. (1966): Effect of high temperature on fruit setting of tomato under cover. *Acta Horticulturae* 4, 63-69.
306. Szabó Cs. (2005): Kamikáze molekulák: A szabadgyökök befolyásolása a C-vitamintól a Viagráig. Mindentudás Egyeteme szept. 26. előadás.
307. Szalai I. (1974): Növényélettan, I. Tankönykiadó Bp. 392 p.
308. Takácsné H. M.-Szőllősiné V. I.-Lugasi A.-Fehér M.-Stefánovitsné B. É. (2003): Színanyag tartalom és a szabadgyökfogó képesség összefüggése a céklánál. IX. Növénynemesítési Tudományos Napok, 2003. március 5-7. Budapest
309. Tanaka, A., Fujita, K. and Kikushi, K. (1974): Nutriophysiological studies on the tomato plant. III. Photosynthetic rate of in relation to the dry matter production of plant. Soil Sci. Pl. Nutri. 20: 173-183.
310. Thaker, B. R., Singh, R. K., Nelson, P. E. (1996): Quality attributes of processed tomato products: a review. *Food Reviews International*, 12, 375-401. p.
311. Theologis A, Oeller P.W, Wong L.M, Rottmann WH, Gantz D.M. (1993): Use of a tomato mutant constructed with reverse genetics to study fruit ripening, a complex developmental process. *Developmental Genetics* 14**,** 282–295
312. Thimann, K. V. and Bonner, W. D.(1950): Organic acid metabolism. Ann.
313. Rev. Plant Physiol. 1: 75-108.
314. Thompson, P.A. (1974): Characterisation of the germination response to temperature of vegetable seeds. 1. Tomatoes. *Scientia Horticulturae*, 2, 35-54.
315. Torre, de la R, Ruiz, R, M, Lattor, A, (1999): Contribution of the non-tomatoingredients to the final Brix value of two tomato sauces. Acta Hortic. 487: 77-84. p.
316. Toole, E.H. (1961): The effect of light and other variables on the control of seed germination. *Proceedings of International Seed Testing Association*, 26, 659-673.

317. Toor, R. K., Savage, G. P. (2006): Effect of semi-drying on the antioxidant components of tomatoes. *Food Chemistry*, 94, 90-97. p.
318. Toor, R. K., Savage, G. P., Heeb, A. (2006): Influence of different types of fertiliser on the major antioxidant components of tomatoes. *Journal of Food Composition and Analysis*, 19, 1, 20-27. p.
319. Toor, R. K., Savage, G. P., Lister, C. E. (2006): Seasonal variations in the antioxidant composition of greenhouse grown tomatoes. *Journal of Food Composition and Analysis*, 19, 1-10. p.
320. Tripp, K.E., Peet, M.M., Pharr, D.M., Willits, D.H. and Nelson, P.V. (1991): CO_2 enhanced yield and foliar deformation among tomato genotypes in elevated CO_2 environments. *Plant Physiology* 96, 713-719.
321. Túri, I. (1993): Zöldséghajtatás. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest 220 p.
322. Tsugane S, Tsuda N, Gey F, Watanabe S. (1992): Cross-sectional study with multiple measurements of biological markers for assessing stomach cancer risks at the population level. Environ Health Perspect 98: 207-210.
323. Ulbricht R. J., Northup S. J., Thomas J. A. (1984): A review of 5-hydroxymethylfurfural (HMF) in parenteral solutions. Fundamental and Applied Toxicology (4) 843-853.
324. Varga Gy. /1983/: A vízellátás hatása a paradicsom termésére. Kertgazdaság, 15. évf. 1. sz. 11-20. p.
325. Varga Gy. / 1994/: A zöldségnövények öntözése. Szaktanácsadói kiadványok GATE Gödöllő, 10. füzet 19 p.
326. Varga, Gy. (2002): Az öntözés hatása egyes zöldségnövények termésének minőségére. Gödöllő 99 p.
327. Varga Gy. – Dimény J. (2002): Termesztési és időjárási tényezők hatása a paradicsom termésének minőségére. SzIE Gödöllő 102 p.
328. Varga Gy.- Dimény J.- Pék Z.- Kassai T. (2005): A fajta és az évjárat hatása a támrenszeres paradicsom terméskép zésére. Kertgazdaság-Különkiadás, A fajtaválaszték fejlesztése a kertészetben. 145-154 p.
329. Varga, Gy. - Helyes, L. - Dimény, J. (1995): The signs of drouhgt on different vegetable crops. Drought in the Carpathians `region. International Workshop. 289-296.p.
330. Veres, Zs.- Holb, I.- Nyéki J.- Szabó Z.- Remenyik J.-Fári, M.G. (2006): High antioxidant-andanthocyanin contents of sour cherry cultivars may benefit the human health: international and Hungarian achievements on phyzochemicals. Int. J. Of Hort. Sci. 12 (3). 45-47.
331. Verkerk, K. (1957): The pollination of tomatoes. *Netherlands Journal of Agricultural Science* 5, 37-54.
332. Verkerk, K. (1964): Additional illumination before and temperature after planting of early tomatoes. *Netherlands Journal of Agricultural Science*, 12, 57-68.
333. Vizi E. Sz. (2003): Egy életem egy halálom? www.origo.hu/mindentudasegyetem/vizi-eakep 42. html
334. Wada T., Ikeda H., Morimoto K., Furukawa H, and Abe K. (2001): Effects of minimum air temperatures at seedling stage on plant growth, yield, and fruit quality of tomatoes grown on a single-truss system. *Journal of the Japanese Society for Horticultural Science*, 2001, 6, 733-739.
335. Wagenvoort, W.A. and Bierhuizen, J.F. (1977): Some aspects of seed germination in vegetables. II. The effects of temperature fluctuation, depth of sowing, seed size and cultivar on heat sum and minimum temperature for germination. *Scientia Horticulturae*, 5, 259-270.

336. Walker,A. J., Ho. L. C., baker, D.A. (1978): Carbon translocation in the tomato : pathways of carbon metabolism in the fruit. Annals of Botany 42: 901-909.
337. Walkof, C., Hyde, R. B. (1963): Inheritance of acidity in tomatoes. *Canadian Journal of Plant Science*, 48, 528-533. p.
338. Watada, A. E., Noris, K. H., Worthington, J. T., Massie, D. R. (1976): Estimation of chlorophyll and carotenoid content of whole tomato by light absorbance technique. *Journal of Food Science*, 41, 329-332. p.
339. Watanabe, A., Beck, J., Rosebrock, H., Huang, J., Busse, U., Luib, M. and Schott, P. (1989): Biological activities of BAS 112W and BAS 113W on fruit-setting and fruit development in tomatoes. In: Green, S. K., Griggs, T.D. and McLean, B.T. (eds): Tomato and Pepper Production in the Tropics. Asian Vegetable Research Development Center Publication no. 89-317. Shanhua, Tainan, 174-183.
340. Weisburger, J. H. (1998): Evaluation of the evidence on the role of tomato products in disease prevention. *Proc Soc Exp Biol Med*, 218, 140-143. p.
341. Winsor, G. W. (1966) A note on the rapid assessment of 'boxiness' in studies of fruit quality. Annual Report of the Glasshouse Crops Research Institute for 1965. Littlehampton, UK, pp. 124-127.
342. Winsor, G. W. (1968) Potassium and the quality of glasshouse crops. Potassium and the Quality of Agricultural Products. Proceedings of the 8th Congress of the International Potash Institute, Brussels, 1966, International Potash Institute, Berne, Switzerland, pp. 303-312.
343. Winsor, G. W. (1970) A long-term factorial study of the nutrition of greenhouse tomatoes. Fertilization of Protected Crops. Proceedings of the 6th Colloquium of the International Potash Institute, Florence 1968, International Potash Institute, Berne, Switzerland, pp. 269-281.
344. Winsor, G. W., Adams, P. (1976): Changes in the composition and quality of tomato fruit throughout the season. *Annual Report of Glasshouse Crops Research*. Inst., 1975, 134-42. p.
345. Wittwer S. H. and Aung, L.H. (1969): *Lycopersicon esculentum* Mill. In: Evans, L.T. (ed.) *The induction of flowering. Some case histories.* Macmillan, 409-423. pp.
346. Wittwer, S. H. (1963): Photoperiod and flowering in the tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.). *Proceedings of the American Society for Horticultural Science*, 83, 688-94.
347. Wittwer, S. H. and Teubner, F. G. (1956): Cold exposure of tomato seedlings and flower formation. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 67, 369-76.
348. Wittwer, S. H. and Teubner, F. G. (1957): The effects of temperature and nitrogen nutrition flower formation in the tomato. *American Journal of Botany*, 44, 125-8.
349. Wittwer, S. H. and Bukovac, M.J. (1962): Exogenous plant growth substances affecting floral initiation and fruit set. Proceedings Plant Science Symposium Camden 1962. Campbell Soup Co., Camden, New Jersey, pp. 65-83.
350. Yang, S. F. (1981): Biosynthesis of ethylene and its regulation. In: Friend, J.-Rhodes, M. J. C. (eds): *Recent advances in the biochemistry of fruit and vegetables*. Academic Press, London and New York.
351. Yamaguchi M. (1983): World Vegetables AVI. Publishing Company 382 p.
352. Yelle, S. Hewitt, J. D., Robinson, N. L. Damon, S. Benett, A. B. (1988): Sink metabolism in tomato fruit 3: analysis of carbohydrate assimilation in a wild species. Plant Physiology 87: 737-740.

353. Yeum, K. J., Russel, R. M. (2002): Carotenoid bioavailability and bioconversion. *Annual Review of Nutrition*, 22, 483-504. p.
354. Zanoni, B.; Peri, C.; Giovanelli, G.; Nani, R.(1999): Study of oxidative heat damage during tomato drying. Acta Horticulturae 487 395-400. p.
355. Zatykó L. (1994): Paprika. In: Balázs S. (szerk.) Zöldségtermesztők kézikönyve. Mezőgazda kiadó, Budapest. 226-255.
356. Zhang LX, Cooney RV, Bertram JS. (1991): Carotenoids enhance gap junctional communication and inhibit lipid peroxidation in C3H/10T1/2 cells: relationship to their cancer preventive action. Carcinogenesis 12: 2109-2114.
357. Zentai Á. (1999): Tapasztalatok oltott növényekkel. Délalföldi Zöldségkertész I. évf. november 8. p.

Táblázatok és ábrák jegyzéke