

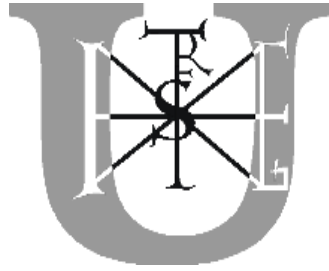
**Szent István Egyetem**

**Doktori (PhD) értekezés**

**Ambrózy Zsuzsanna**

**Gödöllő**

**2020**



**SZENT ISTVÁN EGYETEM**

**FOTOSZELEKTÍV ÁRNYÉKOLÓ HÁLÓK HATÁSÁNAK  
VIZSGÁLATA KÉT ELTÉRŐ PAPRIKA FAJTA  
TERMÉSMENNYISÉGÉRE ÉS MINŐSÉGI  
PARAMÉTEREIRE**

DOI: 10.54598/000240

**Ambrózy Zsuzsanna**

**Gödöllő**

**2020**



**A doktori iskola**

**Megnevezése:** Növénytudományi Doktori Iskola

**Tudományága:** Növénytermesztési és kertészeti tudományok

**Vezetője:** **Dr. Helyes Lajos**  
egyetemi tanár, intézetigazgató, tudományos rektor helyettes  
Szent István Egyetem, Mezőgazdasági- és Környezettudományi Kar  
Növénytermesztés-tudományi Intézet

**Témavezető:** **Dr. Helyes Lajos**  
egyetemi tanár, intézetigazgató, tudományos rektor helyettes  
Szent István Egyetem, Mezőgazdasági- és Környezettudományi Kar  
Növénytermesztés-tudományi Intézet

**Dr. Daood Hussein**  
címzetes egyetemi tanár, CSc.  
Szent István Egyetem  
Regionális Egyetemi Tudásközpont

.....  
Az iskolavezető jóváhagyása

.....  
A témavezető jóváhagyása

.....  
A témavezető jóváhagyása

## Tartalomjegyzék

1.	BEVEZETÉS .....	3
1.1.	CÉLKITŰZÉSEK .....	4
2.	IRODALMI ÁTTEKINTÉS.....	5
2.1.	A PAPRIKA RENDSZERTANI ÉS MORFOLÓGIAI JELLEMZÉSE, ELTERJEDÉSE .....	5
2.1.1.	Rendszertana.....	5
2.1.2.	Származása és elterjedése .....	6
2.1.3	A paprika morfológiai jellemzői.....	7
2.2.	A PAPRIKA ÖKOLÓGIAI IGÉNYEI .....	9
2.2.1.	Hőigénye .....	9
2.2.2.	Fényigénye .....	10
2.3	A PAPRIKA GAZDASÁGI JELENTŐSÉGE .....	11
2.4.	FAJTATÍPUSOK ÉS A FAJTAVÁLASZTÁS .....	15
2.4.1	A kápia fajtakör jellemzése.....	16
2.5.	A PAPRIKA TÁPLÁLKOZÁS-ÉLETTANI JELENTŐSÉGE.....	16
2.5.1.	C-vitamin .....	17
2.5.2.	Karotinoidok.....	19
2.6.	AZ ÁRNYÉKOLÓ HÁLÓK ALKALMAZÁSA.....	23
3.	ANYAG ÉS MÓDSZER .....	29
3.1.	KÍSÉRLETI TÉR BEMUTATÁSA.....	29
3.2	KÍSÉRLETI MÓDSZEREK ISMERTETÉSE.....	30
3.2.1.	Kísérleti helyszín.....	30
3.2.2.	Kísérletekben szerepelő fajták.....	32
3.2.3.	Termesztéstechnológia.....	32
3.2.4.	Kísérletek beállítása, mintavételezés.....	33
3.2.5.	Kísérletek során végzett mérések .....	37
3.3.	BELTARTALMI ÖSSZETEVŐK MEGHATÁROZÁSA.....	40
3.3.1.	Minták előkészítése.....	41

3.3.2.	Mérésekhez használt műszerek és vegyszerek .....	41
3.3.3.	C-vitamin tartalom meghatározása .....	42
3.3.4.	Karotinoid tartalom meghatározása .....	43
3.3.5	Érésdinamikai mérések .....	45
3.4.	KÍSÉRLETI EREDMÉNYEK KIÉRTÉKELÉSE .....	45
4.	EREDMÉNYEK.....	46
4.1	KÖRNYEZETI TÉNYEZŐK.....	46
4.2	RELATÍV KLOROFILL TARTALOM .....	55
4.3	A TERMÉS MENNYISÉGE ÉS A KÜLSŐ MINŐSÉGI PARAMÉTEREK ÉRTÉKELÉSE .....	59
4.3.1	Termésmennyiség.....	59
4.3.2	Termésminőség.....	68
4.4	BELTARTALMI MÉRÉSEK.....	75
4.4.1	C-vitamin tartalom.....	75
4.4.2	A karotinoid tartalom alakulása az érés során .....	85
4.4.3	Karotinoid tartalom .....	87
4.5	ÚJ TUDOMÁNYOS EREDMÉNYEK.....	97
5.	KÖVETKEZTETÉSEK ÉS JAVASLATOK.....	98
6.	ÖSSZEFOGLALÁS .....	101
6.1	ÖSSZEFOGLALÁS ANGOL NYELVEN.....	103
7.	MELLÉKLETEK.....	106
7.1	M1. IRODALOMJEGYZÉK.....	106
7.2	M2. TOVÁBBI MELLÉKLETEK.....	118
8.	KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS.....	132

# 1. BEVEZETÉS

Az étkezési paprika jelentősége hazánkban vitathatatlan, az egyik legnagyobb mennyiségben termelt zöldségfajunk. A paprika hazai fogyasztása is jelentős, évi 14 kg/fő felett van. A paprika gazdag forrása a vitaminoknak és az ásványi anyagoknak, mindenképp helye van az egészséges étrendben. Emellett a paprika hungarikum, kultúránk, a magyar gasztronómia és az élelmiszeripar szerves részét képezi a török hódoltság óta. Számos családnak jelent megélhetést a paprika termesztése, főként a dél-alföldi régióban. Bevételük nagyságát a termésmennyiség, és a minőség határozza meg.

Azonban napjaink szélsőséges időjárási viszonyai között egyre nagyobb problémát jelent a növényeket érő hőstressz és az intenzív besugárzás, mely napégést, és ezáltal termésmennyiség és termésminőség csökkenést eredményezhet. Ezekre a problémákra megoldást jelenthet a fotoszelektív árnyékoló hálók használata. A mediterrán és a szubtrópusi vidékeken az árnyékoló hálók használata napjainkra már elterjedt technológiának számít a hő- és fénystressz elleni védekezésben (LEGARREA et al, 2010). Emellett számos kutatás bizonyítja, hogy az árnyékoló hálókkal kialakított kedvező mikroklíma a mediterrán régióban növeli a piacképes termés mennyiségét, és csökkenti a napégés kockázatát (SHAHAK 2008; RIGAKIS et al. 2014; FERREIRA et al. 2014). A klímaváltozás hatására hazánkban is megkezdődtek a kutatások, LEDÓNÉ és munkatársai (2011) valamint OMBÓDI és munkatársai (2015, 2016) is értékes eredményeket publikáltak.

Azonban a hazai klimatikus viszonyok között ez a téma még nem eléggé kutatott. Ezért kulcsfontosságúnak számít egy olyan tanulmány, amely a fotoszelektív árnyékoló hálók alkalmazásának előnyeit és hátrányait egyaránt bemutatja hazai körülmények között, kitérve a legfontosabb értékmérő tulajdonságokra, mint a termésmennyiség, minőség és a beltartalmi tulajdonságok. Ám ezek alakulása nem csak a fényviszonyoktól és a hőmérséklettől függ, más tényezők, mint a fajta, a vízellátottság, a tápanyagtartalom, a termesztési technológia, az érettségi állapot stb. is befolyásolják.

Ezért kísérleteink során a termesztésben egyre nagyobb teret hódító kápia típusú paprika legfontosabb értékmérő tulajdonságait, a termésmennyiséget, a termés minőséget és beltartalmi paraméterei közül a C-vitamin tartalmat és a piros színért felelős színyanyagok, a karotinoidok mennyiségét vizsgáltuk. 2013-ban szabadföldön, 2014-ben szabadföldön és hajtásban, 2015-ben pedig csak hajtásban állítottuk be kísérleteinket. Az első évben öt fotoszelektív háló, a második és harmadik évben 3-3 háló hatását hasonlítottuk össze egymással és a kontroll állománnyal a fellebb említett értékmérő tulajdonságok vizsgálatára.

## 1.1. Célkitűzések

### A doktori munkám során célul tűztem ki:

- a kápia fajtakörhöz tartozó 'Kárpia' és 'Karpex' fajták termesztését, a környezeti tényezők monitorozását a tenyészidőszak során, és az egyes fajták szedési idejének optimalizálását,
- a különböző színű fotoszelektív árnyékoló hálók hatásának vizsgálatát a 'Kárpia' és a 'Karpex' fajták termésmennyiségére, a termékek minőségére, a C-vitamin tartalomra, az összes karotinoid tartalomra és a karotinoid összetételre,
- annak értékelését, hogy hazánk klimatikus viszonyai között érdemes-e a napégés elleni védekezéshez különböző színű fotoszelektív árnyékoló hálókat alkalmazni a kápia fajtakörhöz tartozó paprikák termesztése során,
- a pirosra érő 'Kárpia' és 'Karpex' fajták érésdinamikai feltérképezését az érési stádiumok megadásával és az azokhoz tartozó karotinoid összetétellel, a komponensek mennyiségi és minőségi meghatározásával HPLC (High Performance Liquid Chromatography - Magas nyomású folyadék kromatográfiás) készülékkel mérve,
- a két termesztési technológia, (hajtás és a szabadföldi termesztés) valamint a két fajta ('Kárpia' és 'Karpex') összehasonlítását a termésmennyiség, a minőség, a C-vitamin tartalom, és a karotinoid tartalom alapján.



## 2. IRODALMI ÁTTEKINTÉS

### 2.1. A paprika rendszertani és morfológiai jellemzése, elterjedése

#### 2.1.1. Rendszertana

TURCSÁNYI és SILLER (2005), valamint CZÓBEL és munkatársai (2007) az alábbiak szerint helyezik el a paprikát a növényvilágban:

- Ország: *Plante* (növények)
- Alkírályság: *Tracheobionta* (szövetes növények)
- Törzs: *Magnoliophyta* (zárvatermők)
- Klád: *Asterid* (öszirózsavirágúak)
- Rend: *Solanales* (burgonyavirágúak)
- Család: *Solanaceae* (burgonyafélék)
- Nemzetség: *Capsicum* (paprika nemzetség)
- Faj: *Capsicum spp.* (paprika faj)

A paprika a burgonyafélék családjába tartozik, ezen belül is a *Capsicum* nemzetségbe. A *Capsicum* elnevezés a görög „capso” szóból származik, mely azt jelenti harapni, csípni. A taxonómusok a XX. századig a *Capsicum* nemzetségbe tartozó fajokat színük, formájuk méretük alapján sorolták be, méretes listát létrehozva (RUSSO, 2012). A genetikai vizsgálatoknak köszönhetően kiderült, hogy 25 vad és 5 domesztikált fajból áll a nemzetség, melyek a *Capsicum annuum*, a *Capsicum chinense*, a *Capsicum frutescens*, a *Capsicum pubescens* és a *Capsicum baccatum* (BOSLAND, 1994). A legelterjedtebb faj a *Capsicum annuum*. Legjelentősebb képviselőik napjainkban a 'Bell', a 'Cayenne', a 'Cherry', a 'Jalapeno', a 'Paprika', a 'Pasilla', a 'Pimento', a 'Serrano', és a 'Wax' típusok. Az *annuum* jelentése egynyári. Azért kaphatta ezt az elnevezést annak ellenére, hogy évelő növényről beszélünk, mert egynyári növényként termesztjük (ANDREWS, 1995).

Magyarországon is a *Capsicum annuum* termesztése jellemző, a többi fajhoz tartozó paprika fajtákat hazánkban korábban csak hobbiként, különleges zöldségnövényként és díszítő értéke miatt ültették (OMBÓDI, 2007). A többi 4 fajhoz tartozó paprika fajták leginkább Amerikában és Ázsiában terjedtek el (BOSLAND & VOTAVA, 2000), csípősségük miatt csili paprikaként emlegetjük őket hazánkban. Ám az utóbbi időkben egyre nagyobb teret hódítanak nálunk is, így ezek a fajták kezdenek megjelenni a vetőmag piacon és a kisebb gazdaságokban, sőt házikertekben is.

## 2.1.2. Származása és elterjedése

A vad chiltepín (*C. annuum* var. *aviculare* vagy *Capsicum annuum* var. *glabrisculum*), a *Capsicum annuum* var. *annuum* őse 10-12 ezer évvel ezelőtt fejlődött ki Dél-Brazíliában és Bolíviában. Dél-Amerikától Közép-Amerikán át, Mexikó északi határáig terjedt el. (DEWITT & BOSLAND 1996).

Közép-Amerika, feltehetően Mexikó volt az első terület, ahol először termesztésbe vették a paprikát. Amerika felfedezésekor már több tucat *Capsicum annuum* típust termesztettek az aztékok (ANDREWS, 1995). Viszont a legrégebbi tárgyi emlékek a mai Peru területéről származnak, melyek több mint 3000 éves múltra tekintenek vissza. Az inka sírokban egy paprika motívumokkal díszített ruhát, paprikabogyókat és paprikával díszített kerámiákat találtak (1. ábra), amikben bizonyítottan paprikával készült ételeket is készítettek. Az Újvilágot és ennek részeként a perui és mexikói paprikatermesztést bemutató első írásos emlékünkhöz (1642) beszámol arról, hogy az indiánok több mint 40 féle változatos alakú, formájú és színű paprikát termesztettek, melyek mind csípősek voltak. Az „aji” volt a kukorica után a legbecsültebb termésük (SOMOS, 1981).



1. ábra. Peruból származó agyagedények paprikamotívumokkal kr. u. 1-800 évvel (HTTP 1. és HTTP 2.)

1493-ban adták hírül, hogy Kolumbusz a kaukázusinál is csípősebb borsot hozott haza magával az Újvilágból, ami valójában a paprika volt. Ez az oka annak, hogy a paprika szavunk a borsot jelentő latin *piper* szóból származtatható. Kolumbusz hozta először Európába a paprikát, innen jutott el a spanyol és portugál gyarmatokra, Afrikába, Indiába és Keletre (MORRIS & MACKLEY 2001; MÓZSIK et al. 2009). Az általa behozott új kultúrnövények közül a paprika terjedt el a legnagyobb sebességgel a világon (OMBÓDI, 2007).

Hiteles források szerint hazánkban először 1570-ben jelent meg a paprika, avagy a „vörös

törökboros”. Széchy Margit, a különleges növények nagy gyűjtője termesztette kertjében, bár bizonyos források szerint már a XV. század végén jelen volt Magyarországon. Kezdetben dísznövényként termesztették, terméséért házikertekben a török hódoltság után vették csak rendszeres termesztésbe. Az 1700-as évek közepén alakult ki a szegedi termesztő körzet, és ezzel közel egy időben a kalocsai is (FODOR, 2016). A paprika terjedését a napóleoni háborúk idején elrendelt tengerzár miatti borshiány gyorsította fel. Akkori értékét az is mutatja, hogy az 1800-as évek végén a paprika mázsájáért több mint tízszer annyit fizettek, mint a búza mázsájáért, és a magyar paprika megjelent a külföldi piacokon is. Erre az időszakra tehető az étkezési paprika megjelenése is. A Szentés környékén élő bolgár kertészek termesztették elsőként az étkezési paprikát. Termesztési módja a fűszerpaprikáétól jelentősen eltért, az étkezési paprikát ágyásokba ültették, és barázdás módszerrel öntözték. Így termesztő körzetei a nagyobb folyóink mentén alakultak ki. A két világháború között az étkezési paprika is export cikkünké vált. Mind az első, mind a második világháború kedvező hatást gyakorolt a paprikatermesztés elterjedésére hazánkban (SOMOS, 1981).

### **2.1.3 A paprika morfológiai jellemzői**

A helyrevetett paprikát orsógyökér, és az abból egyenletesen kifejlődött oldalgyökerek jellemzik. A fejlett gyökérzet 30, akár 60 cm-es mélységig is lehatol, és 30-50 cm-es sugarú körben hálózza át a talajt. Ezzel szemben palántanevelés során tűzdeléskor a főgyökér megsérül és egyenrangú oldalgyökerek fejlődnek a főtengely két oldalán, bojtszerűen. Ez a gyökérzet viszonylag sekélyen, akár 15-20 cm-rel sekélyebben helyezkedik el, mint a helyrevetett paprika gyökérzete (OMBÓDI, 2007). Az étkezési paprika gyökérzetének tömege az egész növény tömegéhez képest 7-17% (CSELŐTEI, 1955).

Hajtásrendszer alapján determinált, csokros, féldeterminált és folytonos növekedésű típusokat különböztetünk meg (KAPELLER, 1994). Mindegyik alak az első 7-10 levélnóduszig elágazás nélkül fejlődik. A determinált növekedési típusnál a főtengely csokros virágképzéssel fejezi be hosszanti növekedését. Az, hogy ez mikor következik be, függ a környezeti tényezőktől is. A növény hamarabb befejezi hosszirányú növekedését, ha a környezeti tényezők generatív és nem vegetatív irányba tolódnak el. A folytonos növekedésű típusnál a főhajtás 20-25 cm magasságban két ágat fejleszt (első villa) és ezzel együtt az első virág- vagy bimbókezdemény is megjelenik. Az oldalágak majd ismét elágaznak, ezzel kialakítva a második „villát”. A villák általában kettős bog elágazásúak, de előfordulhat többes bogas elágazás is. Az első villa alatti szárrész oldalhajtásokat abban az esetben hoz, hogyha a felsőbb szinteken a növény további fejlődése gátolt (zárt térállás, nem megfelelő időjárási körülmények). Az első és főként a

második villán lévő virágokból fejlődnek ki a koraiság szempontjából legértékesebb bogyók (ZATYKÓ, 1994).

A szár állománya kezdetben lágy, azonban az egyre gyarapodó tömeg alatt később megfásodik. Felülete sima, esetenként bordázott, nádusokkal tagolt (KAPELLER, 1994).

A paprika levelének felülete sima, ép szélű. Levélnyéllel csatlakozik a szárhoz. Alakja lehet kerekded, nyújtott tojásdad vagy éppen széles tojásdad alakú. A levelek vége általában hegyes. Szórtan vagy átellenesen fejlődnek (ANGELI, 1968). Színük középzöld, de a tápanyag-hiány hatására kifakulhatnak. Fonáruk halványabb színű. Méretük fajtától függ, az idősebb levelek nagyobbak. A levelek felszíni epidermisze szögletes sejteket és kisebb mennyiségben szómákat tartalmaz. A fonáki rész kisebb szabálytalan alakú sejteket és több sztómát tartalmaz, mint a levél felszíni része. A sztóma komplex két babszem alakú zárósejt által közrefogott légrés, mely a növény fotoszintetikus gázcseréjéért és a párologtatásért felelős. A zárósejtek zöld szintesteket, azaz kloroplasztiszokat tartalmaznak, és a csúcsi részük felé vastagabbak. Ha a zárósejtek víztartalma magas, a sejten belüli turgornyomás megnő, így a kifli alakban meggömbült zárósejtek kinyílnak. *Capsicum annuum var. annuum* esetében a felszíni sztómák száma mm<sup>2</sup>-ként 17, míg a fonákon 3 (ZHIGILA et al. 2015).

A virágok kétivarúak és egylakiak, húsos kocsánnyal csatlakoznak a hajtáshoz. 5-8 szirmuk van, melyek a tövüknél összeforrtak. 10-15 mm átmérőjűek, minden egyes náduszon (ágvillákban) egyedül állnak, de alkalmanként kettő vagy több is lehet. A szirmok fehérek vagy vajsárgák. A porzók száma 5-7, szabadon állnak. A portok színe a sárgától a liláskékig terjedhet. A portokban 11-18000 pollenszem fejlődik. A termékenyülési viszonyok nagyban függenek a bibe és a porzó helyzetétől. Nagy bogyójú fajtáknál az önmegtermékenyülés a jellemző, míg kisebb bogyójú fajtáknál, ahol a bibeszál a portok felett áll, az idegen megporzás nagyobb arányban fordul elő (SOMOS, 1981). Általában több mint 100 virága van egy növénynek. A főhajtásokon kötődnek előbb a bogyók, később az oldalhajtásokon. A termőszakasz folyamatában a virágzás és a virágkötődés csökken, sok bogyó fejlődése esetén akár 10%-ra (ZATYKÓ, 1994).

2-4 rekeszű felfújó bogyótermése van, mely a termés-kocsánnyal ízesül a hajtásokhoz. A termés-kocsány a betakarítás szempontjából fontos fajtabélyeg, fajtára jellemzően hosszú vagy rövid, egyenes vagy görbült, ez határozza meg, hogy csüngő vagy felálló termést ad-e a növény. Fontos ismérv az, hogy a kocsány az ízesülési pontjánál könnyedén elválék-e a növény többi részétől a szedés során vagy sem. A kocsány bordáinak száma összefügg a csészelevelek számával (ANGELI, 1968). Az érett termés csészelevele gyűrűs szűkület nélkül kapcsolódik a kocsányhoz (bár ez a kapcsolódás gyakran szabálytalanul ráncos) (ANDREWS, 1995). A termés húsa kemény, bár ritkán, de bizonyos fajtáknál puha. A termésfal részei kívülről a termésüreg

felé haladva a következők: az epidermisz és a kutin adják a termés héját. A héj alatt a parenchima sejtekből álló mezoderma található, melyet az endokarpium határol. A mezoderma és az endokarpium együttesen adják a paprika húsát. Minél vékonyabb az étkezési paprika héja, annál kedveltebb a fogyasztók körében, de ugyanakkor annál védtelenebb is a környezeti tényezőkkel (pl.: napégés) szemben. Szabadföldön vastagabb héj alakul ki, mint termesztőberendezés használatakor (SOMOS, 1981).

A héj a bogyó teljes nagyságának elérésekor a legvastagabb, de vastagsága a színeződéstől a biológiai érésig folyamatosan csökken. A héj nem tartalmaz színyanyagokat. A kromoplasztiszok (sárga színtestek) a paprika bogyó terméscsüvéjében, a biológiai érettség állapotában halmozódnak fel jelentős mértékben, kezdetben csak a nyalábok körüli sejtekben, később a belsőbb sejtekben, majd a terméscső belső soraiban is (SOMOS, 1981).

A paprika hosszmeteszetének alakja alapján megkülönböztetünk kerek, szív alakú, négyzet, téglalap, trapéz, háromszög, keskeny háromszög, lapított és szarv alakú, paprikabogyókat (CSELŐTEI et al. 1993). A bogyók színe biológiai érettségük idején főként piros, de lehet sárga is, sőt barnás-lila színű paprika is létezik (SOMOS, 1981).

A magok szalmasárga színűek, lapított vese alakúak, a központi oszlopon, és a terméscsőben lévő erekben helyezkednek el. Ezermagtömege 5-7 g, 3-4 évig csírázó képes. Az ereket gyakran rövid fogakba nyúlik el. Az erekben a kapszaicin tartalmú mirigyek találhatóak. A kapszaicin adja a csípőpaprika karakteres, égető ízét. A csípőmentes paprikákban a kapszaicin vegyület hiányzik (ZATYKÓ, 1994; MÓZSIK et al. 2009). A kromoszómaszám  $2n=24$ , két pár antrocentrikus kromoszómával (ANDREWS, 1995; BOSLAND & VOTAVA, 1996).

Magvetés után a csírázáshoz 28 °C szükséges. Nedves közegben 7 nap alatt kel ki a magból a csíranövény (ZATYKÓ & MÁRKUS, 2006). A csíranövény maghéját a földben hagyva sétapálca-szerűen kel ki, majd a kelés utáni napon már a főgyökérből, a szik alatti szárrészből és a két hosszúkás sziklevelekből álló, egyenes csíranövény figyelhető meg. A szik alatti szárrész gyakran antocianidot tartalmaz, így jellemző annak lilás elszíneződése (STUMMEL & BOSLAND, 2006).

## **2.2. A paprika ökológiai igényei**

### **2.2.1. Hőigénye**

Az étkezési paprika Markov-Haev-féle hőoptimuma  $25\pm 7^\circ\text{C}$ . Ez azt jelenti, hogy csírázáshoz  $25+7^\circ\text{C}$  körüli hőmérséklet az optimális. Szikleveles korban a  $20^\circ\text{C}$ , a 3-5 leveles növény számára már a  $25^\circ\text{C}$  körüli hőmérsékletet kedvező, borús időben viszont megelégszik kevesebbel is ( $25-7^\circ\text{C}$ ). A terméscsőképzéshez szintén a  $25^\circ\text{C}$  az előnyös, viszont  $35^\circ\text{C}$  felett a termések már

nem kötődnek. Közvetlenül a virágok nyílása előtt a hőoptimum kissé megnő, majd a virágok nyílását követően csökken. Melegigényes növény, a fagyra különösen érzékeny, fejlődési küszöbértéke 10°C (GYÚRÓS 2009). Ezt MATEOS és munkatársai (2013) is alátámasztották, ugyanis 12,4 °C-os átlaghőmérséklet mellett még be tudták érlelni a kaliforniai paprikák terméseiket. Hosszúnapos időszakban (napi 12-15 óra megvilágítás) a paprika fejlődéséhez szükséges hőösszeg jóval kevesebb, mint rövidnapos időszakban, ezért megállapításához szükséges ismerni a termesztési időszak fényviszonyait. Az éjszakai hőmérséklet akár 5-10 °C-ot is csökkenhet a nappali hőmérséklethez képest, anélkül, hogy a paprikanövényt és terméseit károsodás érné (SOMOS 1981).

### **2.2.2. Fényigénye**

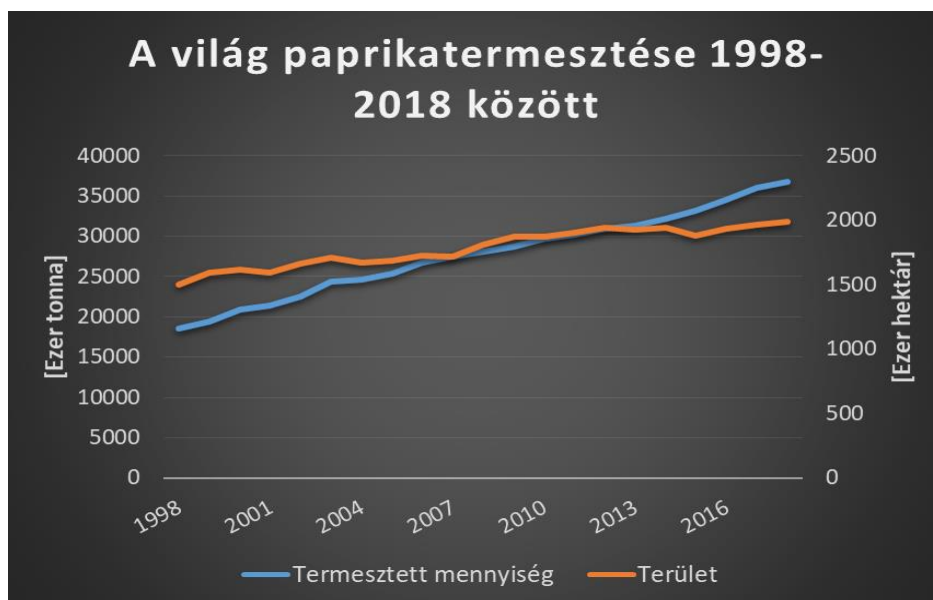
Általánosságban elmondható, hogy a paprika fényigényes, a termés kötődéséhez minimum 5000 lux fényerősség és 12-14 órás megvilágítás szükséges. A fajtára jellemző fényerősség küszöb értéke alatt a virágok nem kötődnek, ezáltal a tenyészidő meghosszabbodik (OMBÓDI, 2007). Azonban a nyári nagy melegekben az intenzív fényerősség a paprika bórszövetének roncsolását okozhatja, kialakulhat a napégés (LANTOS 2013; DÍAZ-PÉREZ 2014). Ezért a hajtató-berendezéseket érdemes árnyékolni rashel-hálóval vagy festéssel (ZATYKÓ & MÁRKUS, 2006).

SOMOS (1981) könyvében leírja, hogy munkatársaival az 1952-1953-as évi kísérleteik során arra jutottak, hogy a fényerősség és a megvilágítás időtartamának növelésével egyre lerövidült a cecei paprika tenyészideje. Míg 5000 lux fényerősségnél 8 órás megvilágításnál 61 nap volt a keléstől a virágzásig eltelt idő, addig az ugyancsak 5000 lux fényerősség mellett 24 órás megvilágítással a keléstől a virágzásig tartó idő 37 napra rövidült le, 24 órás 10000 lux megvilágításnál pedig 35 napra csökkent. QUAGLIOTTI (1974) és munkatársai által végzett kísérlet során a kontrollhoz képest az árnyékolt paprika állományban a következőket figyelték meg: a nóduszok közötti szárrész meghosszabbodásával a növények is magasabbra nőttek, ezzel párhuzamosan a levelek felülete is nőtt, viszont szárazanyag tartalmuk csökkent. A 30%-os árnyékolás bizonyult a termésmennyiség és a bogyók átlagtömegének szempontjából a legjobbnak, viszont a kontrollhoz képest 12%-kal kevesebb virág képződött. 50%-os árnyékolásnál 27 %-kal kevesebb virág, a 70%-árnyékolásnál pedig már 55%-kal kevesebb volt a virágok száma. GULYÁS és munkatársai (1970) színes perforált fólia takarás hatását vizsgálták étkezési paprikán. A kontrollhoz képest a színes fóliák alatt a megvilágítás intenzitása különböző volt: színtelen 75%, sárga 62%, kék 38%, piros 37%, zöld 32%. Takarás hatására szöveti elváltozások voltak megfigyelhetőek, csökkent a levél színén és fonákán az epidermiszsejtek, valamint a gázcserenyílások száma is.

PÁL és munkatársai szintelen, vörös, zöld, sárga és kék fólia hatását vizsgálták. A kontrollhoz képest a kék fólia alatt nyúltak meg leginkább a növények és a levelek is itt nőttek a legnagyobbra. A növények súlya és a bogyók tömege a sárga színű fólia alatt volt a legnagyobb. A takaró fólia színe hatást gyakorolt a bogyók fejlődésének idejére is: a sárga színű fólia alatt fejlődtek leggyorsabban a bogyók, 90 %-uk érett volt, míg a kék fólia alatt csak a termések fele (SOMOS, 1981).

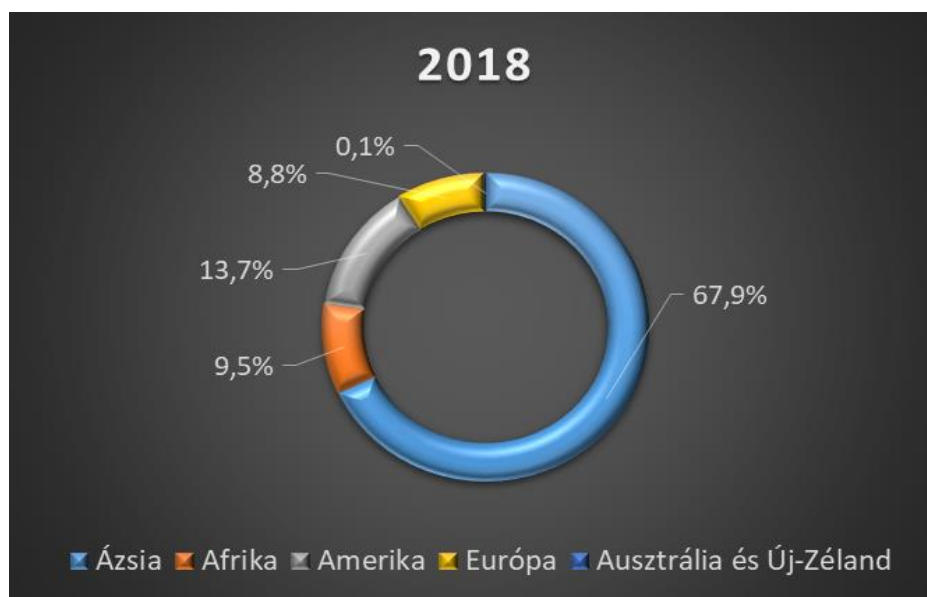
## 2.3 A paprika gazdasági jelentősége

Mi sem mutatja jobban az étkezési célra termelt paprika termesztésének jelentőségét a világon, minthogy az elmúlt 20 évben a paprikatermesztő területek és a betakarított paprika mennyisége is évről-évre számottevően növekszik (2. ábra). Az utóbbi húsz évben a technológiai fejlődés hatására az egységnyi területen termesztett étkezési paprika termésmennyisége magasabb lett, így a betakarított étkezési paprika mennyisége nagyobb léptékben növekedett, mint az étkezési paprikatermesztő területek nagysága (FAOSTAT, 2020). 2018-ben 1,99 millió hektáron 36,7 millió tonna étkezési paprika került betakarításra a világon a FAOSTAT adatai alapján.



2. ábra. A világ étkezési paprika termesztése 1998-2018 között (FAOSTAT, 2020).

A földrészek között az étkezési paprika termesztése egyenlőtlenül oszlik meg (3. ábra), az összes betakarított étkezési paprika termés 67,9%-a Ázsiában összpontosul, ezt Amerika követi, de csupán 13,7%-kal. A harmadik Afrika 9,5%-kal, Európa pedig 8,8%-kal az utolsó előtti. Ausztrália és Új-Zéland a termesztett mennyiség csupán 0,1%-át adja (FAOSTAT, 2020).



**3. ábra.** A világ étkezési paprika termesztésének megoszlása kontinensenként 2018-ban (FAOSTAT, 2020).

Az étkezési paprikatermesztő országok közül Kína áll az első helyen 18,1 millió tonnával, nagyságrendekkel többet termel, mint bármelyik más ország. A második Mexikó 3,37 millió tonnával, a harmadik Törökország (2,55 millió t), nem sokkal lemaradva tőle Indonézia (2,54 millió t). Spanyolország körülbelül feleannyit termel, mint Törökország, 1,27 millió tonnát. Nigéria a 6. helyet foglalja el 0,74 millió tonnával. A top tíz utolsó 4 helyén Egyiptom (0,71 millió tonna), az USA, (0,7 millió tonna), Algéria (0,65 millió tonna), és Tunézia (0,46 millió tonna) áll (1. táblázat) (FAOSTAT, 2020).

**1. táblázat.** Az étkezési paprikát legnagyobb mennyiségben termelő országok rangsora 2018-ban. (FAOSTAT, 2020)

<i>Helyezés</i>	<i>Ország</i>	<i>Tonna</i>
1.	Kína	18 184 711
2.	Mexikó	3 379 289
3.	Törökország	2 554 974
4.	Indonézia	2 542 358
5.	Spanyolország	1 275 457
6.	Nigéria	747 367
7.	Egyiptom	713 752
8.	USA	705 790
9.	Algéria	651 045
10.	Tunézia	426 503

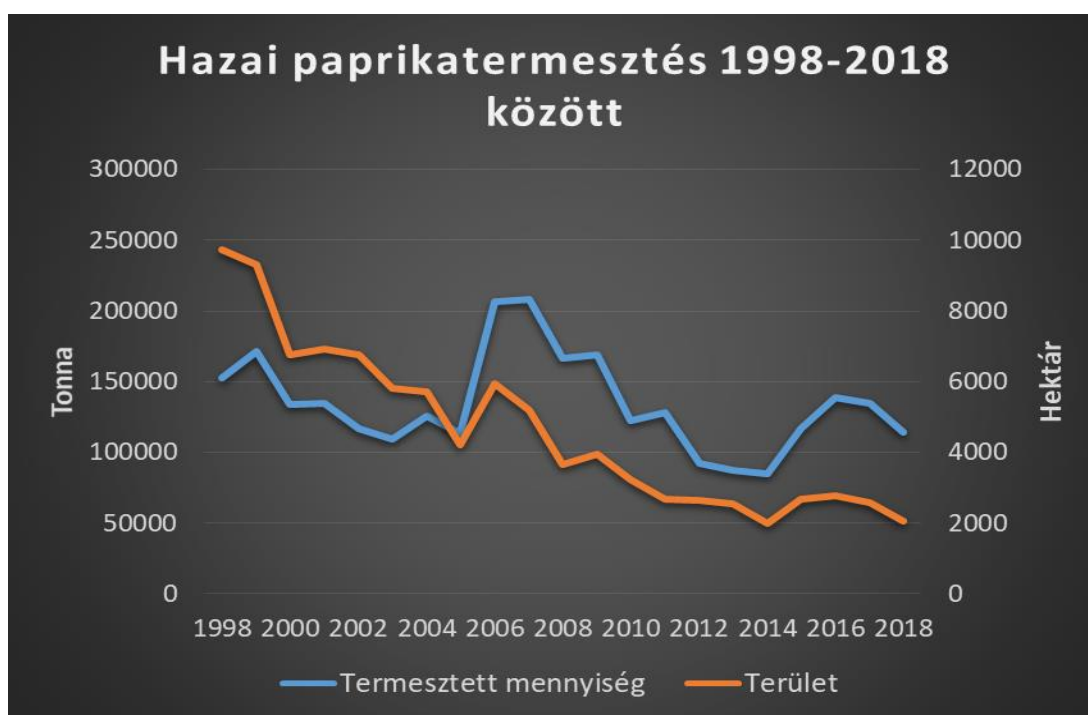


Magyarország az európai országok között a betakarított termés mennyiségét tekintve a 9. helyet, a termesztő területek nagyságát tekintve pedig a 11. helyet foglalja el. Spanyolország mindkét paraméter tekintetében az első helyen áll, viszont, ha az egységnyi területre vetített megtermelt paprika mennyiségét vizsgáljuk, megállapíthatjuk, hogy a spanyolok és a magyarok jóval lemaradnak a britekkel, a belgákkal, a hollandokkal, a németekkel, a finnekkel és az osztrákokkal szemben, bár az előbb felsoroltak szinte kizárólag csak termesztő berendezésekben állítják elő a paprikát, ellentétben a spanyolokkal és a magyarokkal. (2. táblázat) (FAOSTAT, 2020).

**2. táblázat.** Az étkezési paprika termesztő területek (hektár), és a betakarított termés mennyiségének (tonna) megoszlása és az az egységnyi területre vetített megtermelt paprika mennyisége Európában, 2018-ban. (FAOSTAT, 2020)

<i>Rangsor</i>	<i>Terület</i>		<i>Termés mennyisége</i>	
	Ország	(ha)	Ország	(t)
<b>1.</b>	Spanyolország	20580	Spanyolország	1275457
<b>2.</b>	Románia	17977	Hollandia	355000
<b>3.</b>	Ukrajna	15200	Olaszország	260746
<b>4.</b>	Szerbia	12016	Románia	229662
<b>5.</b>	Olaszország	10522	Észak-Macedónia	182872
<b>6.</b>	Észak-Macedónia	9179	Ukrajna	176150
<b>7.</b>	Görögország	3840	Görögország	145810
<b>8.</b>	Bosznia-Hercegovina	3335	Szerbia	135072
<b>9.</b>	Albánia	2960	Magyarország	114282
<b>10.</b>	Bulgária	2854	Albánia	81317
<b>11.</b>	Magyarország	2059	Bulgária	51958
<b>12.</b>	Hollandia	1311	Bosznia-Hercegovina	41279
<b>13.</b>	Horvátország	1181	Franciaország	32183
<b>14.</b>	Moldova	1145	Egyesült Királyság	27398
<b>15.</b>	Franciaország	1140	Belgium	26040
<b>16.</b>	Csehország	420	Horvátország	18106
<b>17.</b>	Szlovákia	270	Ausztria	15742
<b>18.</b>	Montenegró	230	Németország	14658
<b>19.</b>	Ausztria	161	Csehország	10306
<b>20.</b>	Szlovénia	156	Moldova	9283
<b>21.</b>	Németország	108	Montenegró	5546
<b>22.</b>	Belgium	93	Szlovénia	4284
<b>23.</b>	Egyesült Királyság	86	Szlovákia	3696
<b>24.</b>	Portugália	51	Finnország	1056
<b>25.</b>	Svájc	21	Portugália	760
<b>26.</b>	Finnország	9	Svájc	408
<b>27.</b>	Írország	0	Írország	328

A hazai paprikatermesztés alakulása az elmúlt húsz évben a 4. ábrán látható. Mivel ez egy jóval kisebb piac, mint amit a világ paprikatermesztésénél láthattunk, az egyes behatásokra is sokkal érzékenyebb, a történelmi, gazdasági és piaci változásokra is intenzívebben reagál. Valamint a termésmennyiség nagyban függ az éjárathatástól, (az éjárathatásra való érzékenység pedig a technológia korszerűségével áll szoros összefüggésben) többek között ezzel is magyarázható az évről-évre történő, nagymértékű ingadozás. 1998-tól 2004-ig csökkent, majd 2005-ben és 2006-ban két kiugróan jó termésmennyiségű év következett. Viszont 2007-től 2014-ig paprikatermelésünk egyértelműen csökkenő tendenciát mutatott a FAOSTAT adatai alapján. Ezt javarészt a zöldség-gyümölcs ágazatba jutó tőke, szaktudás és munkaerő hiányának, másrészt a gazdasági világválság által kialakult csökkenő vásárlóerőnek volt tulajdonítható (HTTP 3.). A 2014-es évtől megfigyelhető növekedést 2017-ben a csökkenő tendencia váltotta fel ismét.



**4. ábra.** Magyarország étkezési paprika termesztése az elmúlt 20 évben. (FAOSTAT, 2020)

A Központi Statisztikai Hivatal által szolgáltatott adatok alapján az étkezési paprikát 2014-ben 1892 hektárról takarították be. Ez a terület a 2014-es évhez képest a 2015-ös évben 26%-kal nőtt, míg a 2010–2014 közötti időszak átlagánál 23%-kal volt több 2015-ben a paprika termesztési területe (HTTP 4). 2015-ben az étkezési paprikát 2579 hektárról takarították be, 2016-ban 2648 hektárról, 2017-ben 2425 hektárról. 2018-ra ez a terület 1774 hektárra csökkent. Ezt a tendenciát követte a betakarított összes termés mennyisége is. 2014-hez képest az összes termés mennyisége 2015-ben 28 %-ot, 2015-ről 2016-ra 15%-ot nőtt, 2016-ról 2017-re viszont 3 %-kal csökkent, 2017-ről 2018-ra pedig már 25%-os csökkenés volt megfigyelhető (HTTP 5.).

Az étkezési paprika a Magyarországon termesztett zöldségfélék közül a kukorica, a zöldborsó, a görögdinnye és a fejeskáposzta után az ötödik legnagyobb termesztőterülettel rendelkezik (HTTP 6.).

A FruitveB 2019 júliusában megjelent nyilatkozata alapján a szabadföldi paprikatermesztés területe jelentős visszaesést mutatott az utóbbi években, hozzávetőlegesen 650-700 hektárra csökkent 2019-re, melyről 22 ezer tonna paprika volt betakarítható. A csökkenés két okra vezethető vissza, a klímaváltozás miatt kialakuló bizonytalanságra és a munkaerőhiányra. Szabadföldön a kápia paprikát termesztik a legnagyobb területen, ezt követi a paradicsom paprika és a töltenivaló paprika. Az alma és pfefferoni paprikát kisebb területen, kimondottan konzervipari célra termesztik (HTTP 7.).

A hajtattott paprikából 165-170 ezer tonnát termelnek 1500-1600 hektáron melynek 90 %-át tudják értékesíteni friss piaci áruként, a maradék 10% feldolgozásra kerül. Így a piaci igények alapján főként töltenivaló- hegyes erős és kápia paprikát hajtattnak, de van igény a paradicsom- és kaliforniai paprikára is (HTTP 8.). Fűtött berendezésben történő termesztés 350-400 ha-on folyik. A hajtattott paprikánál a termesztéstechnológiai fejlesztés a hozamok és a minőség javulásával párosult az elmúlt években (HTTP 9.). A frisspiaci export 80-át a hideghajtattásban termelt paprika, a maradék 20 %-ot a szabadföldi kápia paprika és paradicsompaprika adja (HTTP 7.).

## 2.4. Fajtatípusok és a fajtaválasztás

A *Capsicum annuum* paprikafaj fajtaválasztéka igen nagy, az EU-ban több mint 2500 fajtát termesztnek (HTTP 10.).

Régebben a paprikákat két kategóriába sorolták, az édes (enyhe) és erős/csípős (csili) csoportokba. A modern kertészet részben megszüntette ezt a megkülönböztetést. Manapság a gyakorlatban fajtatípusok alapján történik a besorolás, melynek alapja a termés formája, mérete és színe (DEWITT & BOSLAND, 1996).

Hazánkban korábban a töltenivaló (Cecei), a blocky (kaliforniai), a kápia, a paradicsom alakú, a hegyes erős, az almapaprika és a cseresznyepaprika típusokat különítettük el (OMBÓDI, 2007). Azóta bővült kissé a hazánkban termesztett típusok köre, például a csilipaprikával. Általánosságban elmondható, hogy a termesztési célhoz leginkább illeszkedő fajtatípust érdemes választani (frisspiaci vagy szárítmány, egész vagy őrlemény stb.). A termesztési célt pedig a piaci igények alakítják. Napjainkban a töltenivaló típus még mindig a legelterjedtebb, legalábbis hazánkban. Nyugat-Európában inkább a blocky típust kedvelik a vásárlók, így nálunk főként export célra termesztik. A kápia típus az utóbbi években igen elterjedt, nemcsak a feldolgozóipar számára, hanem a frisspiacon is. Exportja is jelentős mértékű (TÖMPE 2013).

A fajtákkal szemben támasztott követelmények között a potenciális termőképesség a gazdálkodók által legfontosabbnak vélt tulajdonság, de meg kell említenünk a betegségekkel szembeni rezisztenciát, a stressztűrő-képességet, a nappalhosszúság igényt és a tenyészidőt is.

### **2.4.1 A kápia fajtakör jellemzése**

A kápia paprika eredetileg egy kelet-balkáni fajtatípus. Dr. Túri István volt az, aki előállította a T112 F<sub>1</sub> hibridet, ami később 'Kárpia' néven terjedt el hazánkban (LEDÓNÉ, 2010). Ma már több tucat kápia hibrid van forgalomban többek között a legismertebbek: 'Kárpia', 'Karpex', 'Kaptur', 'Kapro', 'Kapitány', 'Csángó', 'Mágus' F<sub>1</sub>. A kápia paprika a töltenivaló paprikához képest jobban terhelhető, a bogyók pedig zöldből érnek pirosra. Bogyóját friss piaci- és konzervipari célra is felhasználják. A szabadföldi kápia paprika területe hazánkban 200-250 hektár, a hajtatófelület nagysága pedig 400 hektár. Hajtatásban talajos termesztésben 6-8 kg/m<sup>2</sup>, talaj nélkül 13-15 kg/m<sup>2</sup> hozam is elérhető (HTTP 8.). Jövedelmezőség szempontjából csak akkor érdemes kápia paprikát hideghajtatásban termesztetni, ha az intenzív szabadföldi állományok szedését meg tudják előzni a piacra jutással, és már a hazánkba bejövő import áru is lecsengett. Ebben az optimális június közepétől július közepéig tartó időszakban realizálható a profit jelentős része, így csak azok vágnak bele a hideghajtatásba, akik tudják biztosítani ezt a szedési időpontot. A kápia paprika piaca kiszámíthatóbb, mint más hajtatott zöldségeknél tapasztalható, és a piaci árrés is jóval nagyobb. Ezenfelül júliusban és augusztusban is viszonylag jó áron eladható. A hazánkban megtermelt kápia paprika körülbelül egyharmada kerül exportra. Mind a hazai mind a külföldi piacokon évről-évre egyre növekszik a kereslet iránta (TÖMPE 2013). Ezt mutatja az is, hogy a DélKerTész belföldi értékesítése kápia paprikából 2013 óta 2,5-szeresére nőtt napjainkra (HTTP 8.).

## **2.5. A paprika táplálkozás-élettani jelentősége**

A paprika hazánkban az egyik legjelentősebb zöldségnövény, amit a 14-15 kg/fő/éves fogyasztás is alátámaszt. Ez a szám más országokban körülbelül 4 kg/fő/év átlagosan. A magyar gasztronómia szerves részét képezi, nem hiányozhat a tradicionális étелеinkből sem (gulyás, halászlé, töltött paprika, paprikás krumpli stb.).

A gasztronómiai értéke és a népszerűsége mellett azonban nem szabad elfeledkeznünk arról, hogy az étkezési paprikának van az egyik legmagasabb ANV (Average nutritional value) értéke a zöldségek közül. (OMBÓDI 2007). A paprika bogyó számos antioxidáns vegyületet tartalmaz (HOWARD et al. 1994; PÉREZ-LÓPEZ et al. 2007), kitűnő forrása a C-vitaminnak, a karotinoidoknak, a tokoferoloknak a polifenoloknak és a csípősségért felelős kapszaicinoidoknak. Ezekon kívül gazdag ásványi anyagokban és élelmi rostokban is. (MARÍN

et al. 2004; SUN et al. 2007; TÖMPE 2012, NAGY et al. 2015, AMBRÓZY et al. 2017).

Azok a tényezők, melyek leginkább hatnak a paprika beltartalmi tulajdonságaira a következők: fajta (BIACS et al. 1992; TERBE, 2001; DEEPA et al. 2006; PÉREZ-LÓPEZ et al. 2007; TOPUZ & OZDEMIR, 2007; GIUFFRIDA et al. 2013), a klimatikus tényezők (hőmérséklet, besugárzás) (LEE & KADER, 2000), az öntözés, (GONZÁLEZ-DUGO et al. 2007) az érettségi állapot (LEE & KADER, 2000; TERBE, 2001; DEEPA et al. 2006; PÉREZ-LÓPEZ et al. 2007), a környezeti és agrotechnikai faktorok (TERBE, 2001; LEE et al. 2005; GARCÍA et al. 2007; PÉREZ-LÓPEZ et al. 2007; JONES et al. 2014), valamint a tárolás (PÉREZ-LÓPEZ et al. 2007).

### **2.5.1. C-vitamin**

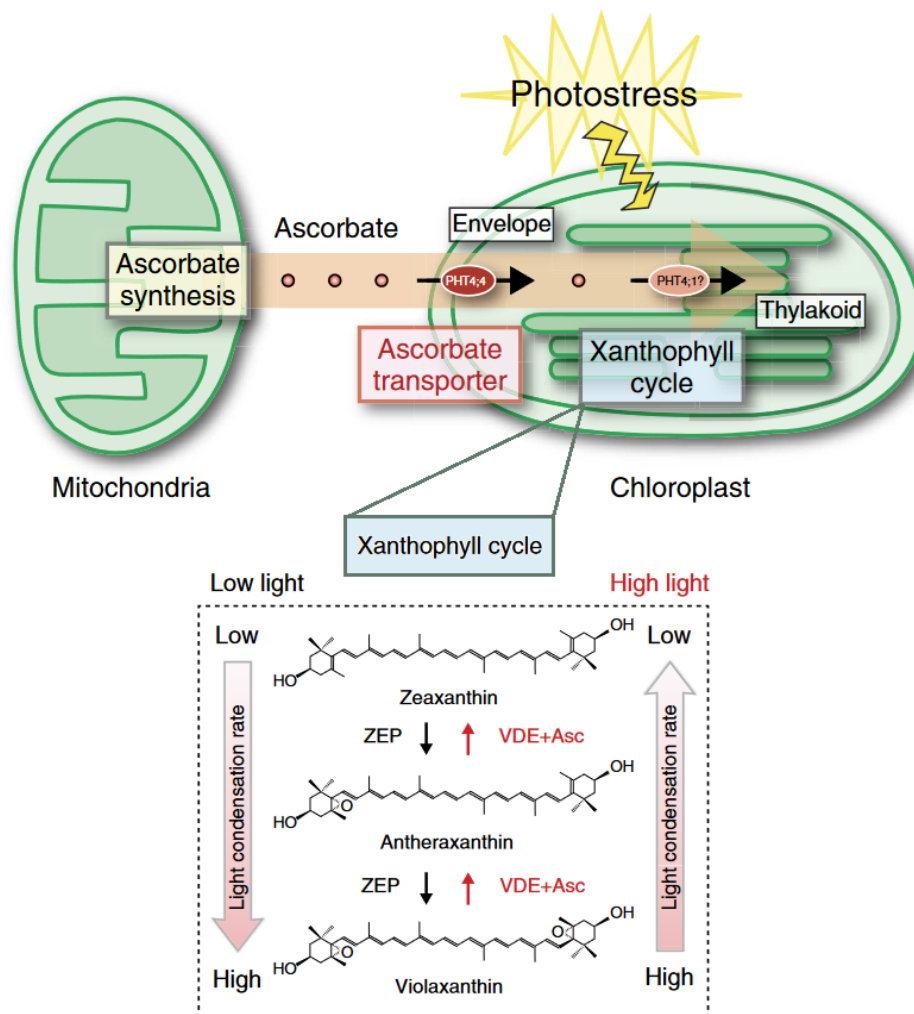
A szervezet működéséhez szükséges C-vitamin mennyiségének több mint 90%-át zöldségekkel és gyümölcsökkel biztosítjuk. A C-vitamint az emberi test nem képes önállóan előállítani (SMIRNOFF & WHEELER, 2000), ugyanis a májunkból hiányzik a gulonolakton-oxidáz enzim, a C-vitamin bioszintézisének utolsó eleme. Így ezt a vitamint csak táplálkozás útján tudjuk bejuttatni a szervezetünkbe (SZARKA, 2016).

A C-vitaminnak sokféle biológiai funkciója van, a legfontosabb vízben oldódó antioxidáns az emberi plazmában (CONKLIN, 2001; MARÍN et al. 2004). Szerepet játszik a kollagén képződésében, az egészséges bőr fenntartásában, a skorbut megelőzésében, a szerves vas felvételében, az erek kondíciójának növelésében, és a karotinoidok hatását is erősíti az emberi szervezetben. (LEE & KADER, 2000; LEKALA et al. 2019). Az immunrendszerünk egyik alapköve, semlegesíti a szinglet oxigént és a szabadgyököket. Csökkenti a szív és érrendszeri megbetegedések kockázatát, valamint a rák egyes formáival szemben rák-megelőző szerepet is tulajdonítanak neki (HOWARD et al. 1994; MARTÍNEZ et al. 2005).

A C-vitamin erős redukálószer, kémiai képlete:  $C_6H_8O_6$ . Egy 6 szénatomos lakton, fő vegyülete az aszkorbát, vagy más néven L-aszkorbinsav (HEGEDŰS 2013). Bioszintézisének több elnevezése is ismeretes: aszkorbát-, D-mannóz/L-galaktóz útvonal, vagy felfedezőiről SMIRNOFF-WHEELER bioszintetikus útvonal (SZARKA 2016).

(A SMIRNOFF-WHEELER útvonal leírása után kiderült, hogy más alternatív bioszintetikus útvonalon is termelődik C-vitamin.) A C-vitamin prekursora a D-mannóz és az L-galaktóz (WHEELER et al. 1998). Bioszintézise a növényeknél a ciszitolban és a mitokondriumban játszódik le, innen szállítódik a többi sejtorganelumba, így az aszkorbát minden szövetben jelen van (ZECHMANN et al. 2011). A kloroplasztisban a legnagyobb a koncentrációja, a fotoszintézisben központi szerepet játszik. Először is antioxidánsként hat a PS1-ben (Mehler-reakció), valamint a violaxantin deepoxidáz kofaktora, amely erős besugárzás esetén a zeaxantin

képződését segíti elő violaxantinból és anteraxantinból a xantofil-ciklusban (5. ábra), ezzel nyújtva védelmet a növény fotoszintetikus apparátusának (SMIRNOFF & WHEELER, 2000; MIYAJI et al. 2015).



**5. ábra.** A C-vitamin bioszintézisének helye a mitokondriumban. A C-vitamin közrejátszik a növény fotoszintetikus apparátusának védelmében, a xantofil ciklus beindításával (MIYAJI et al. 2015).

Szent-Györgyi Albert a fűszerpaprikából mutatta ki a C-vitamint elsőként, (SZENT-GYÖRGYI és HAWORTH, 1933) és a C-vitamin biológiai hatásainak kutatásáért 1937-ben orvosi Nobel-díjjal jutalmazták. SUNTORNSUK és munkatársai (2002) különböző zöldség- és gyümölcslevek C-vitamin tartalmát vizsgálva arra jutottak, hogy az étkezési paprika ötször több C-vitamint tartalmaz, mint a citrom. A paprika átlagos C-vitamintartalma felülmúlja a hazánkban termesztett zöldség- és gyümölcsfajok C-vitamin tartalmát (SOMOS 1981). Emellett az érett paprika a világon az egyik legmagasabb C-vitamin tartalommal rendelkező zöldségfaj (MARTÍNEZ et al. 2005), összes szövetében kimutatható a C-vitamin és annak szabadgyök

megkötő képessége (SIMONNE et al. 1997). Értéke 200 és 3700  $\mu\text{g/g}$  körül alakul (HOWARD et al. 1994; TERBE, 2001; DEEPA et al. 2007; CONFORTI et al. 2007; TÖMPE 2012). Az egyes paprika fajták C-vitamin tartalmuk szempontjából széles skálán mozognak (SIMONNE et al. 1997; LEE & KADER, 2000). Egy fajta-összehasonlító kísérletben a kaliforniai paprika típusnak volt a legalacsonyabb a C-vitamin tartalma, 2000  $\mu\text{g/g}$ , ezt a töltenivaló paprika követte 3000  $\mu\text{g/g}$ -os értékkel. A legmagasabb C-vitamin tartalma a paradicsom alakú paprika típusnak volt, 3700  $\mu\text{g/g}$  (TERBE et al. 2001). ORBÁN és munkatársai vizsgálataik során (2011) megállapították, hogy a paprikában a biológiai éréskor van a legtöbb C-vitamin. Ezt SOMOS (1981), és TERBE és munkatársai (2001) is alátámasztották. ORBÁN és munkatársai kihangsúlyozták, hogy a paprikák közül a kápia típusú paprikáknak kiemelkedően magas a C-vitamin tartalma, magasabb, mint a kaliforniai paprikáé. Ám hozzátették, a sérülések következtében akár a felére is csökkenhet a bogyókban a C-vitamin mennyisége. TERBE és munkatársai (2001) szerint a magasabb szárazanyag-tartalmú, apróbb bogyójú fajtáknak magasabb a C-vitamin tartalma. A bogyókon belüli elhelyezkedését tekintve pedig a bibepont felől van a legtöbb C-vitamin. A terméshúsban több van, az erekben kevesebb. Olyan években, ahol a napsütéses órák száma magasabb, a C-vitamin tartalom is magasabb. A borús hideg idő, és a sűrű térállás nem kedvező a gyengébb fényellátás miatt (SOMOS 1981). A szedési időpont is nagyban befolyásolja a C-vitamin tartalmat, 4-5 nappal a paprika bogyó teljes fejlettsége előtt csak a teljes mennyiség 30%-a halmozódik fel a termésekben, a még éretlen termésekben pedig csak 8,5 %-a található (NAGY, 1977). Az optimális vízádagoknál magasabb vízádag a C-vitamin szintet csökkenti (TERBE et al. 2001). ANGELI (1955) leírja, hogy szabadföldön magasabb a C-vitamin tartalom, mint hajtásban, ennek oka szintén a fényellátottságban keresendő. ROSALES és munkatársai (2006) cseresznye paradicsomon vizsgálták az erős radiáció és a magas hőmérséklet beltartalmi tulajdonságokra gyakorolt hatását. Megállapították, hogy a likopin, a  $\beta$ -karotin és a C-vitamin szintje is csökkent az erős radiáció és a magas hőmérséklet hatására (akkumulált szoláris radiáció: 2190  $\text{MJ/m}^2$ ; maximum hőmérséklet: 35,9, minimum hőmérséklet.: 15,4  $^{\circ}\text{C}$ ). Valamint napégés tünetei is megjelentek a bogyókon, ami a napégett folt területén színvesztéshez, azaz a karotinoidok csökkenéséhez vezet.

### **2.5.2. Karotinoidok**

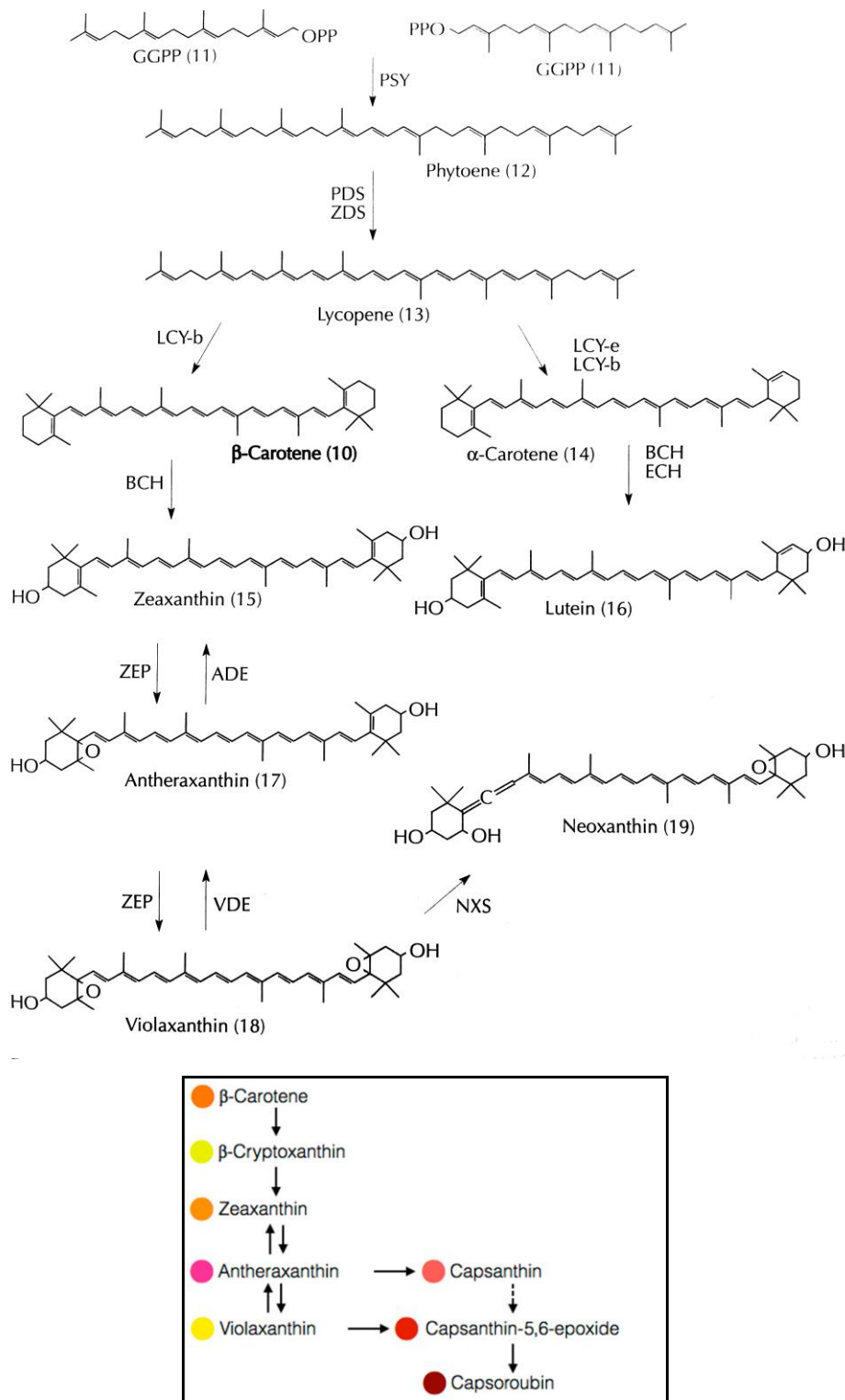
A karotinoidok tetraterpének, melyek nyolc izoprén egységből ( $\text{C}_5\text{H}_8$ )<sub>n</sub> épülnek fel, 40 szénatomot ( $\text{C}_{40}$ ) tartalmaznak (CAZZONELLI, 2001). Szerkezeti képletük  $\text{C}_{40}\text{H}_{56}$ . A konjugált kettős kötések okozzák színüket. Csak a baktériumok, a gombák, az algák és a növények képesek szintetizálni. A növények terméseiben, levelekben, a gyökerekben, sőt még a virágokban is kimutathatóak. A karotinoidoktól sárga és narancssárga szírmok attraktánsként működnek,

vonzzák a megporzó rovarokat, és az egyéb - a magok terjesztésében szerepet játszó - rovarokat, madarakat (SOMOS, 1981). A növények fotoszintézise során a karotinoidok a tilakoid membránban kettős feladatot látnak el, antenna pigmentekként növelik az abszorpciós felületet a klorofillek mellett, valamint védik a sejteket az erős sugárzással szemben és az oxidatív stressztől azáltal, hogy képesek megkötni a szinglet oxigént. Magas fényintenzitásnak kitett termékekben a karotinoid/klorofill arány megnövekszik (POGSON & RISSLER, 2000; RODRIGUEZ-AMAYA & KIMURA, 2004). VECSEY ÉS HARMATNÉ (1972) kísérletükben kimutatták két paradicsom alakú paprika fajtán, hogy a napfénytartam és a hőmérsékleti maximumok nagyban befolyásolják (pozitív irányba) a karotinoidok mennyiségét, az első tényező 26%-kal, a második 33%-kal befolyásolta a végeredményt.

A karotinoidok bioszintézise kétféle anyagcsere úton zajlik a természetben (6. ábra). A növényekben lezajló karotinoid bioszintézist az első anyagseretermékéről, az 1-deoxixilulóz 5-foszfátról (DOXP) nevezték el. A fitoin-szintáz segítségével két geranilgeranil pirofoszfátból fej-fej kötéssel fitoin alakul. A fitoin nem képes fényt megkötni a látható tartományban, ezért még nem nevezhetjük igazi pigmentnek. A fitoin deszaturáz és a zeta-karotin deszaturáz segítségével alakul ki a likopin. Az all-transz-likopin többek között képes az izomerizációra, az átrendeződésre a hidrogenizációra, a dehidrogenizációra, a ciklizációra, mely nagy változatosságot eredményez szerkezetében (RODRIGUEZ-AMAYA & KIMURA, 2004).

A karotinoidok bioszintézisének útja elágazódik, a béta-karotin cikláz segítségével  $\beta$ -karotin alakul ki, míg a másik ágon a béta-karotin cikláz és az  $\epsilon$ -karotin cikláz a likopint  $\alpha$ -karotinná alakítja. Az  $\alpha$ -karotin és a  $\beta$ -karotin az egyik véggyűrű kettős kötésének pozíciójában, és abban különbözik, hogy az  $\alpha$ -karotin nem minden kötése része a konjugált rendszernek.  $\epsilon$ -karotin hidroláz és a  $\beta$ -karotin hidroláz segítségével jön létre a lutein. A  $\beta$ -karotin hidroziláz első lépésben kriptoxantint majd második lépésben zeaxantint alakít ki. A zeaxantin epoxidációjával két lépésben anteraxantint majd violaxantint alakul ki. Az intenzív fény hatására a stressz miatt a violaxantin visszaalakulhat anteraxantinná és zeaxantinná a violaxantin deepoxidáz segítségével. Ezt a folyamatot nevezzük xantofil ciklusnak. A violaxantintól neoxantin keletkezik a neoxantin szintáz közreműködésével. A neoxantin igen nagy mennyiségben található meg a még zöld termékekben és a zöld levelekben. A kapszantin-kapszorubin szintáz képes az anteraxantintól kapszantint, a violaxantintól pedig kapszantin-5,6 epoxidot, majd ebből kapszorubint előállítani (MÓZSIK et al. 2009).





6. **ábra.** Fent a karotinoidok (MÓZSIK et al. 2009), lent bekeretezve a *Capsicum* fajokra jellemző karotinoidok (HASSAN et al. 2019) egyszerűsített bioszintézisének útvonala látható.

Mínthogy az emberi test nem képes a karotinoidok előállítására, legfőbb forrásunknak a növények számítanak. A több mint 700 természetesen előforduló (PFANDER et al. 1994)

karotinoidból csupán 40 szerepel egy átlagos ember táplálkozásában, (AGARWAL & RAO, 2000) és ezek közül is csak 20-at sikerült kimutatni az emberi vérből és más szövetekből (DURING & HARRISON, 2004). Vízoldhatóak, de csak zsírral együtt tudnak felszívódni (RODRIGUEZ-AMAYA & KIMURA, 2004). A zöldségek mintegy tízszer több karotinoidot tartalmaznak, mint a gyümölcsök. Közülük is a sárga, a narancssárga és a piros termékekben mutatható ki legnagyobb mennyiségben (MÓZSIK et al. 2009). Ezekben főleg az oxigént nem tartalmazó karotinok találhatóak, a zöld színűekben inkább az oxigént is tartalmazó xantofilok, melyek polárosabbak. Karotinok csoportjába tartozik többek között a  $\beta$ -karotin és a likopin, a xantofilok csoportjába a lutein, a violaxantin, az anteraxantin és a zeaxantin. A zöldségekben leginkább előforduló karotinoidok az  $\alpha$ - és  $\beta$ -karotin, a likopin, a lutein, a zeaxantin és a  $\beta$ -kriptoxantin. 90%-ban ezek a karotinoidok vannak jelen az emberi táplálkozásban is (RODRIGUEZ-AMAYA & KIMURA, 2004).

A paprika gazdag forrása a karotinoidoknak, a pirosra érő paprika fajták összes karotinoid tartalma akár több, mint 1000  $\mu\text{g/g}$  is lehet (HWA 2007). A *Capsicum* fajokban a legismertebb xantofilok a lutein, a zeaxantin, a kriptoxantin, a violaxantin, az anteraxantin és a neoxantin, karotinok közül a  $\beta$ -karotint kell kiemelni. (RODRIGUEZ-AMAYA & KIMURA, 2004). Az érés során, a még zöld termésben a karotinoidok közül legnagyobb mennyiségben a lutein és a  $\beta$ -karotin van jelen. Kisebb mennyiségben a neoxantin detektálható, mely minden zöld levélben előfordul. A sárgára színeződött paprika termés fő komponensei a violaxantin, az anteraxantin, a már említett lutein az  $\alpha$ -kriptoxantin mellett. A *Capsicum* fajokban a piros színért felelős komponensek, a kapszantin és a kapszorubin a karotinokhoz tartozik (LEKALA et al. 2019). A piros színt 70 %-ban a kapszantin és 3%-ban a kapszorubin adja, de az utóbbi teszi mélyebbé a szín tónusát. A piros érett paprikában nagyobb mennyiségben van zeaxantin,  $\beta$ -kriptoxantin,  $\beta$ -karotin és kukurbitaxantin. Értelemszerűen biológiai érettségükben a különböző színű paprikáknak is merőben különböző a karotinoid profiljuk (KIM et al. 2016). A pirosra érő paprikákban a piros színanyagok aránya 55-60 %, az összes karotinoid mennyisége is több, mint sárgára érő paprikáknak (TOPUZ & OZDEMIR, 2007). SOMOS szerint (1981) az érett paprikában a kapszantin és a kapszorubin mennyisége körülbelül tízszerese a sárga színanyagokénak. Ez azért is fontos, mert a paprika színe a fogyasztói preferencia-rendszerben első helyen áll, hiszen a vevők a “szemükkel” vásárolnak (FRANK et al. 2001, SUN et al. 2007).

Táplálkozástudományi szempontból előnyösek és biológiailag is aktív komponensek, a  $\beta$ -karotin, a  $\beta$ -kriptoxantin, a zeaxantin és ezek cisz-izomerjei és zsírsav észterei. Ezek a komponensek mind megtalálhatóak az emberi vérplazmában is. A paprikában lévő karotinoidok elfogyasztás után is antioxidáns hatású vegyületek, képesek megkötni a szinglet oxigént és a szabad gyököket, melyek a sejtek membránjának károsodását okozhatják (PALOZZA &

KRINSKY, 1992; PÉREZ-LÓPEZ et al. 2007). A  $\beta$ -karotin és a  $\beta$ -kriptoxantin a retinol, azaz az A-vitamin prekuzora (COLLINS, 2001), a lutein és a zeaxantin a retinában megtalálható, a szürkehályog, az időskori makula degeneráció megelőzésében játszanak szerepet, valamint elnyelik a kék fényt. Számos tanulmány számol be arról, hogy a különböző szembetegségek rizikójának csökkentése mellett a karotinoidok a kardiovaszkuláris betegségek számát is képesek mérsékelni (SNODDERLY, 1995; KRINSKY & JOHNSON, 2005). Ezek a betegségek nagyrészt megelőzhetőek egy helyesen összeállított növényi alapú étrenddel (Szabó et al. 2016), mely étrendben az étkezési paprikának mindenkép helye van többek között magas C-vitamin tartalma és karotinoid tartalma miatt (RODRIGUEZ-AMAYA & KIMURA, 2004). Jól ismert a karotinoidok rák ellenes és anti-mutációs hatása (BLOCK et al. 1992; MAYNE, 1996; STEINMETZ & POTTER, 1996). MAOKA és munkatársai (2001) kimutatták, hogy a paprika piros színanyagai a tumor képződés megakadályozásában is szerepet játszanak. INOUE és munkatársai (2008) paprika színanyagainak kombinált toxicitási és karcinogenitási tulajdonságait vizsgálták patkányokon. A szerzők arra a következtetésre jutottak, hogy a paprika színanyaga nem rákkeltő és nem toxikus hatású a hím és nőstény patkányokra, még magas dózis esetén sem. OBOH és munkatársai (2007) pedig bebizonyították, hogy a csili paprikában (*C. annuum* és *C. chinense*) lévő karotinoidok képesek megakadályozni a vas(II)-ion ( $Fe^{+2}$ ) által kiváltott lipid peroxidációt az agyban.

## 2.6. Az árnyékoló hálók alkalmazása

A mediterrán és a szubtrópusi vidékeken az árnyékoló hálók használata napjainkra már elterjedt technológiának számít a hő- és fénystressz elleni védekezésben (LEGARREA et al, 2010). Emellett számos kutatás bizonyítja, hogy az árnyékoló hálókkal kialakított kedvező mikroklíma a mediterrán régióban növeli a piacképes termés mennyiségét, és csökkenti a napégés kockázatát (SHAHAK 2008; RIGAKIS et al. 2014; FERREIRA et al. 2014).

Erre példa ELAD és munkatársai (2007) Izraelben végzett kísérlete is. Étkezési paprikát árnyékoltak fehér 25% és 40%-os árnyékolási faktorról (ÁF), fekete (25, 40 % ÁF), piros (40% ÁF), kék (40% ÁF), kék-ezüst (40% ÁF), zöld (40% ÁF), zöld-ezüst (40% ÁF), és ezüst (40% ÁF) hálókkal. A termésmennyiségre a takaróhálók pozitív hatást gyakoroltak a kontrollal összehasonlítva, a fehér háló alatt dupla annyi termést tudtak betakarítani, mint a kontroll állományban. SHAHAK (2008) ugyancsak Izraelben 20-30%-os termésmennyiség növekedést és tövenként 30-40 %-os bogyó szám növekedést tudott felmutatni a gyöngyház és a piros színű árnyékoló hálókkal a fekete színűhöz képest kaliforniai paprikában. FALLIK (2009) szintén Izraelben megnövekedett termésmennyiségről és magasabb minőségről számolt be piros és sárga fotoszelektív árnyékoló hálók alkalmazásával a fekete árnyékoló háléhoz képest. ILIĆ

munkatársaival (2011) Szerbiában beállított kísérletük során 13-31%-kal magasabb termésmennyiséget ért el a fotoszelektív hálók (piros, fekete, kék, gyöngyház 40 % ÁF) alkalmazásával ugyancsak étkezési paprikában. A kontroll az árnyékoló háló nélküli állomány volt. Továbbá vizsgálták az árnyékolási faktor hatását is, ugyanolyan színű árnyékoló hálók 50 %-os árnyékolási faktorról nem módosították a termésmennyiséget a kontrollhoz képest. LEDÓNÉ 2011-ben ezzel szemben arról tudósított, hogy Magyarországon a 60%-os árnyékolási faktorról rendelkező zöld háló átlagosan mintegy 25%-kal csökkentette a termésmennyiséget és a minőséget a kontrollhoz viszonyítva négy étkezési paprika hibridet vizsgálva. Hazánkban a legtöbbet használt takaróháló a zöld színű raschel háló (OMBÓDI et al. 2015), annak ellenére, hogy a szakirodalmak alapján, a világon más színű hálók, például: a piros, a fekete, a fehér, a sárga, a gyöngyház, és a kék stb. alkalmazása gyakoribb. A háló színén kívül az árnyékolási faktor is fontos befolyásoló tényező, ezt támasztják alá DIAZ-PEREZ, (2014) vizsgálatai is. Az árnyékolási faktort 0%-ról 35 %-ra növelve érte el a legmagasabb piacképes termésmennyiséget 'Heritage' paprika fajtán, Georgia államban (USA), bár ez nem volt egységes minden vizsgált fajtánál. LEDÓNÉ (2011) eredményeivel valamint DIAZ-PEREZ, (2014) kutatásaival összhangban áll OMBÓDI és munkatársai (2015) megállapítása, miszerint a sárga (30% ÁF) és a zöld (39% ÁF) színű takaró hálók csökkentették a termésmennyiséget, míg a 30%-nál alacsonyabb árnyékolási faktorról rendelkező hálónál (piros, 23 %, fehér, 26 % ÁF) negatív hatást nem tapasztalt. LEKALA és munkatársai (2019) a polietilén fólia borítás és a fehér árnyékoló háló alatt termesztett paprikák között nem találtak különbséget a piacképes bogyók mennyiségében. Vizsgálataikat a Dél-afrikai Köztársaságban végezték.

Számos kísérletben vizsgálták az árnyékoló hálók hatását a termés minőségi paramétereire is: GOREN és munkatársai (2011) kísérletükbe a 'Romans' és 'Vergesa' fajtájú kaliforniai paprikát vonták be. A gyöngyház és a sárga színű árnyékoló háló szignifikánsan csökkentette a minőségi romlást a tárolás során, szabadföldön a fekete és a piros árnyékoló hálókhoz viszonyítva, 35 %-os árnyékolási faktor mellett. Emellett azt is megfigyelték, hogy a paprika színe szignifikánsan sötétebb volt a fekete és a piros hálók alatt, mint a gyöngyház fényű háló alatt. FERREIRA és munkatársai (2012) Brazíliában végzett kísérleteik során megállapították, hogy a paprika hosszára vetített tömeg aránya a piros háló alatt volt a legmagasabb. Kék és piros fotoszelektív hálókat (40% ÁF) hasonlítottak össze takaratlan kontroll kezeléssel. KONG és munkatársai (2013) arról számoltak be, hogy 16 napos tárolás után a gyöngyház színű árnyékoló háló (35 % ÁF) használata szignifikánsan csökkentette a vízvesztést, a minőségi romlást, a titrálható sav tartalmat, valamint növelte a hús keménységet, a 'Vergesa' paprikánál. Azonban a termékek színe halványabb volt, mint a kontroll fekete hálónál, mely egybehangzik GOREN és munkatársai (2011) állításával. RIGAKIS és munkatársai (2014) Görögországban folytatott

kísérleteik alapján megállapították, hogy a tripszek ellen alkalmazott speciális rovarhálók és a zöld színű háló is szinte teljesen meg tudja szüntetni a paprika bogyókon a napégés tüneteit. FERREIRA és munkatársai (2014) is hasonló eredményekről számoltak be, a 40 %-os árnyékolási faktorral rendelkező fényvisszaverő árnyékoló háló kevesebb napégett paprika bogyót eredményezett, mint amit a takaratlan kontrollnál tapasztaltak. SELAHLEA és munkatársai (2015) arról számolnak be, hogy a fekete (25% ÁF), piros, sárga és gyöngyház (40% ÁF) színű hálók alatt termesztett két paprika hibrid piacképességére pozitív hatást gyakorolt a gyöngyház és sárga színű háló.

KONG és munkatársai (2012) kutatásaik alapján azt állítják, hogy a fotoszelektív árnyékoló hálók (gyöngyház, sárga, piros és fekete ugyanazzal az árnyékolási faktorral) különbözőképpen hatnak a levél paraméterekre. A 'Tirza' paprikafajta leveleinek asszimilációja, sztóma konduktanciája a sztómák nyitottsága és a levelek súlya a gyöngyház színű háló alatt volt a legnagyobb, de a klorofill tartalom a legalacsonyabb. A klorofill/karotinoid arány a piros háló alatt volt a legmagasabb. DÍAZ-PÉREZ és ST. JOHN (2019) kísérletük során kaliforniai paprikát termesztettek takarás nélkül (kontroll) valamint fekete (47% ÁF), piros (42% ÁF), ezüst (40% ÁF), és fehér (41% ÁF) hálók alatt. Megállapították, hogy a takaratlan kezelés magasabb léghőmérsékletet és magasabb gyökérszónában mért hőmérsékletet okozott. A levelek hőmérséklete is nőtt, a sztóma konduktanciájuk és a II. fotorendszer hatékonysága viszont csökkent. A klorofill a koncentráció és a klorofill a/b arány takaratlan körülmények között volt a legalacsonyabb. A kontroll kezeléshez képest az árnyékoló hálók növelték a növények friss tömegét és a szár átmérőt. A levelek összes karotinoid tartalma is magasabb volt. A takaróhálók között különbséget a következő paramétereknél találtak: a levelek összes fenol tartalma, flavonoid tartalma és az antioxidáns kapacitása (CUPRAC) a piros háló és a kontroll kezelés esetében volt, a Trolox ekvivalens antioxidáns kapacitás (TEAC) a piros takaróhálónál volt a legmagasabb, az ezüst hálónál a legalacsonyabb.

A termékek beltartalmi paramétereit is több kutatócsoport vizsgálta. FERREIRA és munkatársai (2012) Brazíliában a 'Margarita' (pirosra érő) és az 'Eppo' (sárgára érő) paprika hibridek C-vitamin tartalmát vizsgálták kék és piros fotoszelektív hálóknál (40% ÁF), valamint takaratlan kontroll kezelésnél. Nem találtak különbséget a kezeléseik között. Ezzel szemben MILENKOVIC és munkatársai (2012) szignifikánsan magasabb C-vitamin tartalmat mértek a piros takaróháló használatával hajtásban, mint a takaratlan kontrollnál. Kísérleteiket szerbiában folytatták. A vizsgált paprikafajta a 'Chameleon' volt. KONG és munkatársai (2013) 16 napos tárolási kísérletükben megállapították, hogy a gyöngyház színű árnyékoló háló (35 % ÁF) szignifikánsan növelte a C-vitamin tartalmat és az antioxidáns kapacitást a 'Vergesa' paprikánál a fekete háléhoz (35 % ÁF) képest. SELAHLEA és munkatársai (2015) fekete (25% ÁF), piros,

sárga és gyöngyház (40% ÁF) színű hálók alatt termesztett két paprika hibrid, a pirosra érő 'HTSP-3' és a sárgára érő 'Celaya' tárolási tulajdonságait vizsgálták. A 21. napon megállapították, hogy a gyöngyház színű háló a bioaktív komponenseket, a sárga háló az aroma komponenseket tudta visszatartani. A fekete háló jobban megőrizte a paprika színét, a  $\beta$ -karotin tartalmat, viszont alacsonyabb volt az összes fenol tartalom. A gyöngyház színű több C-vitamint, magasabb antioxidáns kapacitást tudott megtartani, a hús keménységre és az apadási veszteségre is pozitív hatást gyakorolt. OMBÓDI és munkatársai (2016) kápia paprikán végzett kísérletük során fehér (44% ÁF), piros (42 % ÁF), zöld (39 % ÁF), sárga (39 % ÁF) takaróhálókat, és festett fóliát (46 % ÁF) hasonlították össze a takaratlan kontroll állománnyal (31 % ÁF) fóliával borított növényház esetében. A C-vitamin tatalom, az összes karotinoid tartalom és az összes polifenol tartalom képezte az összehasonlítás tárgyát. A fehér árnyékoló háló szignifikánsan növelte a C-vitamin tartalmat és az összes polifenol tartalmat a kontrollhoz képest. A fehér háló alatt az összes karotinoid tartalom magasabbnak bizonyult a sárga és a zöld háló alatt termesztett paprikákban mért értékeknél. LEKALA és munkatársai (2019) klimatizált, fóliával borított növényház és fehér színű árnyékoló háló (40 % ÁF) hatását hasonlították össze kísérletükben, a Dél-Afrikai köztársaságban. Tizenegy paprikafajtát vizsgáltak. A C-vitamin tartalmat és a karotinoid tartalmat a klimatizált fóliaház növelte a fehér háléhoz képest, viszont a fehér árnyékoló háló pozitív hatást gyakorolt a polifenolok felhalmozódására és az antioxidáns kapacitás is növekedett. CARUSO és munkatársai (2020) kísérletükben fólia borítású növényházban termesztettek paprikát. A fólia borításra egy 25 és egy 35%-os árnyékolási faktorral rendelkező fekete hálót húztak. A kontroll a polietilén fólia borítás volt. A három kezelés közül a 35 %-os árnyékoló faktorral rendelkező fekete háló pozitív hatást gyakorolt a fehérje, karotinoid, a C-vitamin és az  $\alpha$ -tokoferol tartalomra. Viszont a vízben oldható szárazanyag tartalom, a cukortartalom valamint az ásványi anyag tartalom magasabb volt a kontroll alatt.

De hogyan is tud hatni a fotoszelektív árnyékoló hálók használata a termésmennyiségre, a minőségi paraméterekre és a beltartalomra? A hálók a szövés sűrűségétől és a kromatikus adalékanyagok milyenségétől függően megváltoztatják a beeső sugárzás spektrumát, a sugárzás intenzitását, és az alatta kialakuló klimatikus tényezőket (SHAHAK et al. 2004; SHAHAK 2008; KONG et al. 2012).

A fotoszelektív árnyékoló hálók megváltoztatják a sugárzás irányát, csökkentik a radiációt, így a növény, a levegő és a termesztő közeg hőmérsékletét is. SHAHAK 2008-ban megjelent cikkében is arról számol be, hogy a fotoszelektív hálók alkalmazásával szignifikánsan csökkent a napégett bogyók száma. A fotoszelektív hálók emellett csökkentik a levegő mozgását, ezzel növelve a relatív páratartalmat (PÉREZ et al. 2006; ELAD et al. 2007; STAMPS, 2009). A

fotoszelektív hálók a beeső sugárzást szórt fénné alakítják, ami így mélyebben be tud hatolni a lombzatba ezáltal növelve a radiáció hasznosulást. Ez a tulajdonsága előnyös az időzítés, a termésmennyiség, a belső és külső minőségi paraméterek szempontjából is (HEALEY et al. 1998; GU, 2002; STAMPS, 2009; GOREN et al. 2011; KONG et al. 2013). Ezt OREN-SHAMIR és munkatársai (2001) által végzett kísérlet is alátámasztja. Azt tapasztalták, hogy a színes árnyékoló hálók (zöld, piros és kék 50 %-os ÁF) növelték a fény szóródását, 46-53% diffúz fény arányt eredményezve. Átlagosan a zöld hálónál tapasztalták a legtöbb szórt fényt. A fény összetétele megváltoztathatja a biomassza mennyiségét a fotoszintézis intenzitásának változtatásával, hiszen a különböző hullámhosszak ugyan olyan foton fluxus sűrűséggel különböző szinteket fognak eredményezni a levelek fotoszintézisében (VAN IEPEREN, 2012, TINYANE et al. 2013).

Az árnyékoló hálók nagy szerepet játszhatnak a termesztett növények számára ideális mikroklíma kialakításában, főleg a napjainkban egyre gyakoribbá váló szélsőséges időjárási körülmények között. Fizikai védelmet nyújtanak a nyári nagy viharok, az erős szél, és a jégeső ellen (ARTHURUS et al. 2013). Sőt növényvédelmi szempontból is kulcsfontosságú szerepet tölthetnek be. Annak ellenére, hogy a levéltetvekre a sárga szín attraktánsként hat, a sárga színű háló mégis szignifikánsan megakadályozza a levéltetvek betelepülését. Ez azzal magyarázható, hogy a rovarok amint sárga vagy sárgás-zöld színt detektálnak, rárepülnek, és mihelyt észlelik, hogy célt tévesztettek, tovább szállnak, és nem repülnek át a hálón (BEN-YAKIR et al. 2012). A sárga színű háló a tripszekkel szemben is hatásosnak bizonyult LEDÓNÉ 2011-ben megjelent cikke alapján, viszont a zöld színű háló alatti állományban több volt a tripsz, mint az árnyékolás nélküli kontroll állományban. A rovarkártvők mellett a kórokozókra is hatást gyakorolnak az árnyékoló hálók. ELAD és munkatársai (2007) szerint az árnyékoló hálók alatti klíma jobban kedvez a lisztharman számára, mint a takaratlan állapot. Bár ez nem minden kórokozó esetében igaz, DÍAZ-PÉREZ és ST. JOHN (2019) kaliforniai paprikát termesztettek takarás nélkül (kontroll) valamint fekete (47% ÁF), piros (42% ÁF), ezüst (40% ÁF), és fehér (41% ÁF) hálók alatt. A *Phytophthora capsici* kevésbé terjedt el a takaróhálók alatt. GOREN és munkatársai (2011) megállapították, hogy a gyöngyház és a sárga színű árnyékoló háló (35 % ÁF) szignifikánsan csökkentette az *Alternaria alternata* fertőzöttséget szabadföldön a fekete és a piros árnyékoló hálókhoz viszonyítva kaliforniai paprikán. A megfelelő színű árnyékoló háló így közvetve, de hozzájárulhat a kevesebb növényvédőszer felhasználásához, így végül a vegyszermentes terméshez.

Összegezve a fentieket, a fotoszelektív árnyékoló hálók pozitívan hathatnak a paprika termésmennyiségére, a beltartalmi paramétereire, a külső és belső minőségére, és a pulton tarthatóságára (ILIC et al. 2017, ILIC et al. 2018). Kedvezően hathat a tenyészidő hosszára, a

kijuttatott öntözővíz mennyiségére, az állomány egészségi állapotára (ARTHURS et al. 2013) és persze a termesztő pénztárcájára.

Ebben a témában több fontos kutatási eredmény született, de nem szabad arról sem elfeledkeznünk, hogy ezek az eredmények nem feltétlenül igazak a mi klimatikus viszonyaink között, hiszen a fény spektruma változhat más szélességi vagy hosszúsági fokon, függ az évszaktól és az aktuális időjárási tényezőktől. Sőt, még napközben is jelentős változások lehetnek a fény összetételében (VAN IEPEREN, 2012). Így mindenképp fontos volt a mi klimatikus viszonyaink között megvizsgálni, hogy a fotoszelektív hálók milyen hatást gyakorolnak a paprika külső- és a beltartalmi tulajdonságaira.



### 3. ANYAG ÉS MÓDSZER

#### 3.1. Kísérleti tér bemutatása

Kísérleteinket Gödöllőn, a Szent István Egyetem GAK Kht. Kertészeti Tanüzemében (47°59' É, 19°35' K) végeztük 2013 és 2015 között (7. ábra). A tanüzem területén 2015-ben megkezdték a földmunkákat a hamarosan megnyíló Gödöllői Versenyuszoda építéséhez. A Gödöllői dombságban, ezen belül a Rákos-patak mentén elhelyezkedő kísérleti tér összesen négy hektárt foglalt magába, ebből körülbelül 3500 m<sup>2</sup> volt hajtató felület (1000 m<sup>2</sup> fűtött Richel növényház, és 2500 m<sup>2</sup> egyéb fóliás létesítmény). Jellemző talajtípusa barna erdőtalaj, melyet alacsony vízkapacitás, jó vízelnyelő- és vízelvezető képesség jellemzett. A talajvíz 3,5-4 m mélyen helyezkedett el, a növények már nem tudnak hozzáférni ilyen mélységben. A nyári nagy melegekben a talaj csak rövid ideig tudta biztosítani a vizet a növények számára, öntözés nélkül a paprika termesztése ezen a területen elképzelhetetlen.



7. ábra. A Szent István Egyetem GAK Kht. Kertészeti Tanüzemének műholdas felvétele 2015-ben (HTTP 11.)

A talajszelvény vizsgálatok alapján a kísérleti tér ásványi talajszintjei a következők voltak: 0-40 cm-ig található az A szint, mely szürkésbarna, gyengén tömődött vályogos homok. 40-65 cm

között az AB szint pórusokkal és gyökérjáratokkal tarkított homokos vályog, 65-90 cm között pedig a B1 szintet tudjuk megkülönböztetni, mely színét és textúráját tekintve barna homokos vályog. 90-110 cm között a B2 szint található, sárgásbarna foltos homokos vályoggal, 110-145 között egy átmeneti BC szint van, mely fokozottan világosodik és állat-járatokkal tarkított. Az utolsó szint a C szint 145-165 cm mélyen fakó-sárga színű finom homokos réteg. A 2014-es évi talajvizsgálati eredmények alapján a talaj kémhatása enyhén lúgos (7,18 pH), humusztartalma közepes (1,1%), Arany-féle kötöttségi értéke ( $K_A$ ): 30. A mikroelemek közül a kalcium, a magnézium, és a bór mennyisége nem érte el a paprika számára optimális szintet, így a makroelemeken (nitrogén, foszfor, kálium, kén) kívül a mikroelemeket és a kénsulfátot is biztosítanunk kellett a területen a paprika számára.

## **3.2 Kísérleti módszerek ismertetése**

### **3.2.1. Kísérleti helyszín**

Kísérleteinket szabadföldön, Soroksár 70-es fóliasátorban és Richel 8 típusú növényházban állítottuk be. A 2013-as évben a szabadföldi kísérlet során öt különböző színű árnyékoló háló (fehér, piros, zöld, sárga, rózsaszín) kápia típusú paprikára gyakorolt hatását tudtuk egymással és a kontroll kezeléssel összehasonlítani. A 2014-es évben szintén volt lehetőségünk a szabadföldi kísérletek beállítására, viszont a takaróhálók számát a beígért földmunkák miatt vissza kellett vennünk, így a kísérletet három takaróhálóval (fehér, piros, zöld) ismételtük meg. A szabadföldi kísérlet mellett 2014-ben hajtatásos kísérletet is beállítottunk, és ezt 2015-ben is folytattuk. 2015-ben már nem volt lehetőség szabadföldi kísérletre. Hajtatásban is ugyanezzel a három árnyékoló hálóval dolgoztunk mind a két évben.

Az árnyékoló hálókat a szabadföldi kísérlet során 2 m magas akácoszlopokra feszítettük ki. Hajtatásban a Soroksár 70-es fóliasátor külső részére húztuk fel az árnyékoló hálókat. 2015-ben a Richel növényház szellőztető rendszere miatt az árnyékoló hálók csak belülről – a belső vázrendszerre rögzítve – kerülhettek. Az árnyékolt sávok szélessége 9 m volt.

A Soroksár 70-es nagylégterű fóliasátor észak-északnyugat – dél-délkelet tájolású, fesztávolsága 7,5 m, gerincmagassága 3 m, a hossza 40 m, a palást 12 m volt, a bordaívek 10 m-esek és 1,5 m-ként helyezkedtek el. A fóliasátrat 200 µm-es polietilén fólia borította (8. ábra). Az öntözés csepegtető rendszerrel, a tápoldatozás a rendszerre köthető kézi tápoldatozó segítségével történt. A szellőztetést manuálisan, az ajtók kinyitásával oldottuk meg.

Szabadföldön a parcellák tájolása, az öntözés és a tápoldatozás módja megegyezett a Soroksár 70-típusú fóliasátoznál leírtakkal.



**8. ábra.** Kiültetés előtt - sorolás a Soroksár 70 típusú fóliasátorban 2014. 04. 29-én.

A Richel típusú, háromhajós, nagylégterű, fémvázás fóliaház ÉK-DNy-i fekvésű volt (9. ábra). Vápmagassága 3 m, gerincmagassága 4 m, hossza 40 m, egy hajó fesztávolsága 8 m volt. A külön-külön szabályozható hajók egyenként bruttó 320 m<sup>2</sup>-es nagyságúak voltak. A fóliaházat két, egyenként 200 µm-es fólia borította. A fóliák többrétegűek voltak, egyik réteg UV stabil etilén-vinil-acetát (EVA) volt, a belső réteg csepegésmentes tulajdonsággal rendelkezett. Az üvegház egyik hajója palántanevelő házként, a másik két hajó pedig termesztő házként üzemelt. A fóliaházban a klímaszabályozás, a tápoldatozás és az öntözés nagyrészt automatizált volt.



**9. ábra.** A paprika állomány kiültetés után a Richel növényházban 2015. 05. 08-án.

### **3.2.2. Kísérletekben szerepelő fajták**

A kísérleteink (2013-2015) során termesztett paprikák a kápia fajtakörhöz tartoznak. 2013-ban a 'Kárpia' F<sub>1</sub> hibriddel, és a valamivel vegetatívabb növekedésű 'Karpex' F<sub>1</sub> hibriddel dolgoztunk szabadföldön (Függelék 1. ábra). 2014-ben (szabadföld; Soroksár 70-es fóliasátor) és 2015-ben (Richel fóliaház) is ez a két hibrid szolgált kísérleti alanyként.

A 'Kárpia' az egyik legelterjedtebb kápia típusú paprika Magyarországon. Az ezredforduló óta van fajtajegyzékbe véve, először T112 néven, később a ma is használatos néven. Folyton növvő, kompakt felépítésű paprika, középerős növekedéssel. Erős szárrendszerén a levelei nagyok, jól takarnak, gyökérrendszere fejlett. Termése lapított kúp alakú, kétrekeszű, hegyes, zöldből pirosra, később bordóra érik. Húsvastagsága 5 mm, héja vastagabb, mint a fehérre érő étkezési paprikának. Tömege 100-120 g, vállátmérője 4-6 cm, és hossza 12-15 cm. Kiváló stressztűrő képességének köszönhetően könnyen termelhető. A gondos növényápolást koraiságával és magas termésátlaggal hálálja meg. Utóérésre képes, így zölden és pirosan is szedhető. Kiegyenlített árut ad, exportra és tálcás kiszerelésre is alkalmas. Hosszan pulton tartható (HTTP 12.).

A 'Karpex' F<sub>1</sub> – eredeti néven SK10 – Szintén folyton növvő, középerős növekedésű, erős ágrendszerrel rendelkező paprika. Vegetatívabb, mint a 'Kárpia', és termései is nagyobbak, vastagabb húsuak, viszont a héjuk is vastagabb. Nem hajlamos görbülésre, torzulásra. A termések egyöntetűek, a szezon vége felé is, az alsó és felső szinteken egyaránt homogén árualapot biztosít. Intenzív technológiát alkalmazva kiemelkedően magas hozam várható, átlagosan 1,6 kg paprika terem egy tövön, míg ez a szám a 'Kárpia' esetében 1,4 kg. Korán termőre fordul, így magas piaci potenciál van benne. Exportra és belföldön is keresett, frisspiaci értékesítésre is alkalmas (HTTP 12.). Érdekes, hogy nem a magyar fajtajegyzékben szerepel, hanem a hollandban.

### **3.2.3. Termesztéstechnológia**

A paprikamagok elvetése után a szaporító ládákat öt napon át 28 °C-on tartottuk. A tűzdelést vetés után két héttel végeztük. A palántanevelő közeg tőzeg volt, a növényeket 9 cm átmérőjű steril cserepekbe ültettük. Kiültetésig 20 °C-on Bistar típusú fűtetlen fóliaborítású növényházban neveltük őket.

A talaj előkészítés során minden évben szerves trágyát juttattunk ki a területre. A jól fellazított talajon ülepedés után a sor és tőtávok (3. táblázat) kijelölését a kiültetés megkönnyítése és pontossága érdekében sorolóval végeztük. Szabadföldre a palántákat edzés után akkor ültettük ki, amikor a talaj már kellőképpen felmelegedett, és a tavaszi fagyok sem

fenyegettek. Kézzel ültettük ki a palántákat, majd kiültetés után alaposan beöntöttük őket.

Az öntözőcsöveket egy héttel a kiültetés után húztuk be a sorokba. A kijuttatott öntözővíz mennyisége napi 4,6 mm volt, szeptember 15-től 2,3 mm négyzetméterenként (3. táblázat). A tápanyag-utánpótlást heti egyszer, a csepegtető rendszeren keresztül tápoldatozással végeztük. Tápanyagként Kemira Ferticare I komplexet (KEMIRA Industrial Chemicals, Finnország) alkalmaztunk 0,2%-os koncentrációban, amit rendszeresen az öntözéssel egy menetben juttattunk ki, hetente 2 g/m<sup>2</sup>-es adagokban. Összetétele: N-14%, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-11%, K<sub>2</sub>O-25%. Tartalmaz még számos egyéb makro- és mikroelemet (CaO és MgO-2,2% S-1,8%, B-0,02%, Cu-0,1%, Fe-0,1% Mn-0,1%, MO-0,002%, Zn-0,1%). Alkalmanként CaNO<sub>3</sub>-ot is adagoltunk, ami 15,5% N-ből, 25% CaO-ból és 0,33% MgO-ból állt.

A termesztés során kordonos támrendszert alkalmaztunk. A földbe levert karókhöz két oldalról zsineget rögzítettünk, ezek közé igazítottuk be a hajtásokat heti rendszerességgel. A tenyészidőszak során a növényvédelmi és fitotechnikai munkákat az éppen aktuális körülményeknek megfelelően időzítettük és végeztük.

#### **3.2.4. Kísérletek beállítása, mintavételezés**

Kísérleteink beállításánál az egyik fő szempont az volt, hogy a magyarországi paprika termesztési viszonyokhoz jól illeszkedő technológiákat alkalmazzunk. Kísérleteinket szabadföldön, fóliasátorban és fóliaházban is beállítottuk, hogy eredményeink mindhárom technológia esetén tudják segíteni a paprika termesztők munkáját. A könnyebb átláthatóság érdekében az általunk alkalmazott kísérleti és technológiai elemeket az 3. táblázatban is összegzem.

Az árnyékoló hálókat (2013-2015) két héttel a kiültetés után feszítettük ki a paprikaállomány felett. Egy kezeléshez tartozó növények közül mindig véletlenszerűen kiválasztottunk ismétlésenként négyet melyen a méréseket, ill. a megfigyeléseket folytattuk. Kezelésenként négy ismétléssel dolgoztunk, egy ismétléshez négy tő tartozott, tehát összesen négyszer négy, azaz 16 tövet vizsgáltunk egy kezelésnél.

2013-ban 5 árnyékoló háló hatását tanulmányoztuk 'Kárpia' és 'Karpex' hibrideken (10. ábra). Egyet Izraelből szereztünk be, a „CromatiNet Red Shade Net 40%” piros színű árnyékoló hálót (Ginegar Plastic Products Ltd.) 40 %-os árnyékolási faktoral. A további négy háló a Magyarországon gyártott rózsaszín, sárga, zöld, és fehér színű raschel háló volt (Első Magyar Kenderfonó Zrt.) szintén 40%-os árnyékolási faktoral. A „CromatiNet Red Shade Net 40%” (ezentúl piros háló) arányaiban növeli a vörös és távoli vörös-, és ezzel párhuzamosan csökkenti a kék, zöld és sárga tartományba eső fény mennyiségét. A megnövekedett vörös tartományba eső

fénymennyiség pozitív hatást gyakorol a levelélfelület nagyságára, a szár hosszára, a szárszilárdságra - így az egész lombtömegre - és a virágzás koraiságára. Ez a háló 3 évig ellenáll az UV- sugárzásnak, emellett könnyen szétteríthető, rugalmas és újrahasznosítható (HTTP 13.).

Az Első Magyar Kenderfonó Zrt. által forgalmazott Raschel hálók HDPE (high-density 20 polyethylene) anyagból, UV-stabilizátorok hozzáadásával készültek, amellyel a termék élettartamát és a környezeti tényezőkkel szemben való ellenállóságát kívánták növelni. A hálók 40 %-os árnyékoló hatással bírnak, melyet a szövési sűrűséggel alakítottak ki. A mi esetünkben 34,5 g-nyi HDPE háló jut egy négyzetméterre (HTTP 14.).



10. **ábra.** A kifeszített árnyékoló hálók és az állomány 2013-ban.

2013-ban egymás mellett hat ikersor helyezkedett el, három egymás melletti ikersorba 'Kárpia' hibridet, a másik három ikersorba pedig 'Karpex' hibridet ültettünk. Az ikersorokra merőlegesen helyeztük föl az árnyékoló hálókat (piros, sárga, rózsaszín, zöld, és fehér).

2013-ról 2014-re le kellett szűkítenünk a hálók körét, az öt közül három háló hatását tudtuk a továbbiakban vizsgálni. A kísérletek tervezésekor a nóvumot, az újítást leginkább a kápia típusú paprika karotinoid tartalmának, összetételének és érési dinamikájának feltérképezésében láttuk. Az analitikai vizsgálatok, így a nyers kromatogramok már ugyan megvoltak, de még nem tudtam kiértékelni őket, mire meg kellett rendelnünk a 2014-es évhez az árnyékoló hálókat. A kromatogramok alapján a 'Karpex' paprikánál intenzívebbek voltak a piros színanyagok csúcsai, mint a 'Kárpia' paprikánál. Ennél a paprikánál a rózsaszín és sárga háló kromatogramjai

mutatták a legalacsonyabb értékeket az első szedésnél. Ezt a két hálót, a rózsaszínűt és sárgát hagytuk el további kísérleteinkben.

2014-ben szabadföldön és Soroksár 70-es nagylégterű fóliasátorban is beállítottuk kísérleteinket a ‘Kárpia’ és ‘Karpex’ hibridekkel. Ebben az évben a piros, a fehér és a zöld árnyékoló hálókat feszítettük ki, a már leírt módon a kísérleti parcellák fölé. Tehát a kontrollal együtt 4 kezelést végeztünk (11. ábra).



11. **ábra.** A szabadföldi kísérlet, és a Soroksár 70-típusú fóliasátorban beállított kísérlet  
2014-ben

A 2015-ös évben Richel típusú fémvázás fóliaházban folytattuk a kísérlet. Ebben az évben is a piros, a fehér és a zöld árnyékoló hálók hatását hasonlítottuk össze a kontroll állománnyal (12.

ábra). A kezeléseket a már ismertetett módon, az ikersorokra merőlegesen, azaz sávosan állítottuk be. Ezek a sávok, azaz az árnyékoló hálós és a kontroll kezelések 9 méter szélesek voltak. A körülmények és a hely szűke miatt 1-1 ikersorba ültettem ki a két hibridet. A két ikersor mellé egy sor ‘Kárpia’ és egy sor ‘Karpex’ került. A kísérleti növényeket egy sor vegyes ‘Kárpia’ és ‘Karpex’ hibrid választotta el a szomszédos parcellától.



12. **ábra.** A Richel típusú fóliaházban 2015-ben beállított kísérlet.

A szedések a paprika biológiai érettségében történtek, mindig a 6. érési stádiumban, melyet az érésdinamikai vizsgálatok alapján határoztam meg. Szabadföldön két alkalommal történt szedés, 2013-ban augusztus 27-én és október 2-án, 2014-ben augusztus 28-án és október 14-én. Hajtatásban háromszor szedtük meg a paprikákat, a 2014-es évben július 31-én, szeptember 25-én és október 31-én. 2015-ben a szedések augusztus 11-re, október 6-ra, és november 6-ra estek. A szedési időpontokat és a szedések számát a 3. táblázat is tartalmazza. Betakarításkor a bogyókat külön válogattuk: 2013-ban „piacképes”, „napégett”, és „betegséggel fertőzött” csoportokba. A csoportosítási szempontokat 2014-től kibővítettük a „repedt” kategóriával. Az ezekbe a csoportokba sorolt bogyók tömegét és darabszámát jegyeztük le. A termésmennyiség értékelésekor csak a piacképes kategóriát vettük figyelembe. A többi kategóriába való besorolás és a paraméterek feljegyzése a minőség elbírálásánál volt lényeges. A mintavételezés során négy



ismétléssel dolgoztunk, egy ismétlés négy töről leszedett paprikát jelentett, azaz egy kezelésnél 16 tő adatait vettük figyelembe.

**3. táblázat.** Fontosabb kísérleti paraméterek 2013 és 2015 között.

	2013	2014	2015
Technológia	Szabadföld, kordonos	Szabadföld, kordonos	Hajtatás, kordonos
Termesztő berendezés	-	-	Soroksár 70 fóliasátor
Kezelések	Piros, sárga, rózsaszín, zöld, fehér háló és kontroll	Piros, zöld, fehér háló és kontroll	Piros, zöld, fehér háló és kontroll
Fajta	'Kárpia' és 'Karpex'		
Vetési időpont	Ápr. 10.	Ápr. 01.	Márc. 14.
Kiültetési időpont	Máj. 16.	Máj. 19.	Ápr. 29.
Térállás	80+30x30		
Növény­sűrűség	6,06 tő/m <sup>2</sup>		
Terület nagysága	226 m <sup>2</sup>	119 m <sup>2</sup>	119 m <sup>2</sup>
Szedési időpontok	Aug. 27. Okt. 01.	Aug. 28. Okt. 14.	Júli. 31. Szept. 25. Okt. 31.
Tápanyag utánpótlás	Kemira Fercicare I komplex tápoldatozással kiültetés előtt 12 kg/m <sup>2</sup> érett szerves trágya		
Vízellátás	Napi 4,6 mm/m <sup>2</sup> ,		
Mintavétel	Kezelésenként 4 ismétlés; ismétlésenként 4 tő		

### 3.2.5. Kísérletek során végzett mérések

A hőmérsékleti adatokról és a csapadékmennyiség alakulásáról a kísérleti téren elhelyezett Campbell CR21X meteorológiai mérőállomás (Campbell Scientific Inc., Loughborough, Egyesült Királyság) szolgáltatja az adatokat. A műszer óránként 6 időpontban rögzítette az

aktuális értékeket.

Hajtásban 2014-ben és 2015-ben az egyes hálók alatt megmutatkozó hőmérsékleti különbségek kimutatására a Voltcraft DL-121TH USB-s hőmérséklet adatgyűjtő eszközt (Voltcraft, Hirschau, Németország) használtuk, amely fél óránként rögzítette a hőmérsékleti adatokat a növényállomány magasságában (13. ábra). Az eszköz csak beltéren használható, így arra a következtetésre jutottunk, hogy a magas páratartalom miatt hibásodhatott meg a piros háló alatti műszer, így ott a 2014-es évben nem tudtunk adatokat gyűjteni.

A 2014-es esetből okulva 2015-ben egy további adatgyűjtő eszközt, a HOBO 64K (Onset Computer Corporation, Bourne, USA) felfüggeszthető hőmérséklet és fényintenzitás-mérőt is beszereztünk annak érdekében, hogy a mérések folyamatossága biztosítva legyen a Voltcraft DL-121TH USB-s hőmérséklet adatgyűjtő eszköz mellett. A műszer a hőmérsékleti adatokat (°C) és a fényintenzitást 200-1200 nm közötti tartományban (Lux) szintén félóránként rögzítette, külön-külön az egyes kezeléseknél (14. ábra).



**13. ábra.** Voltcraft DL-121TH USB-s hőmérséklet adatgyűjtő eszköz.



**14. ábra.** HOBO 64K felfüggeszthető hőmérséklet és fényintenzitás adatgyűjtő eszköz.

Az AP4 Levél Porométerrel (Delta-T Devices Ltd, Burwell, Cambridge, Egyesült Királyság) a levél sztóma konduktanciája, azaz a sztómák nyitottsága, a levélfelszín hőmérséklet és a fotoszintetikusan aktív sugárzás (PAR,  $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ ) rögzíthető (15. ábra). A sugárzásmérő

szenzor a fotoszintetikusan aktív hullámhossz tartományban levő, másodpercenként 1 m<sup>2</sup> felületre eső fotonok számát határozza meg. 2013-ban heti egyszer mértünk a műszerrel, ha az időjárás engedte, ugyanis nedves leveleken nem lehet sztómakonduktanciát mérni, valamint a napsütéses és felhős időben mért sugárzás jelentős mértékben eltér, így csak a felhőmentes, derült idő volt alkalmas a fotoszintetikusan aktív sugárzás mérésére. Így összesen 8 alkalommal tudtunk adatokat rögzíteni. A méréseket mindig a déli órákban végeztük. Fajtánként minden egyes kezelésnél négy növény legmagasabban lévő, teljesen kifejlődött, fiatal, és persze nem árnyékolt levelét vizsgáltuk. Sajnos a gép gyakori meghibásodása miatt nem tudtuk minden évben használni a műszert.



**15. ábra.** AP4 Levél Porometer.

A valós klorofill-tartalommal a relatív klorofill tartalom, azaz SPAD értékek pozitívan korrelálnak (MADEIRA et al. 2003), így a növényre csíptethető Soil Plant Analysis Development (SPAD) 502-es készülékkel (Konica Minolta Magyarország, Budapest, Magyarország) roncsolás mentesen, igen jól becsülhető a levelek klorofill-tartalma (16. ábra). A levélben lévő klorofill mennyisége meghatározza a potenciális fotoszintetikus aktivitást és így az asszimilálták mennyiségét. Ezt alátámasztja OMBÓDI és munkatársai (2015) kísérlete is, mely során szignifikáns erős pozitív kapcsolatot mutatott ki a paprikalevelek SPAD értékei és a termésmennyiség között. Mi is ezt a műszert alkalmaztuk 2014-től. A készülékhez nem tartozik külön szoftver, az LCD kijelzőn rögtön megjelennek a mért értékek.



**16. ábra.** SPAD Klorofillmeter.

A fotoszintetikusan aktív sugárzás (380-710 nm) fénytartományából érkező besugárzás mértékét 2014-től a PAM-2500-as klorofill fluorométerhez (Heinz Walz GmbH, Pfullingen, Németország) csatlakoztatható mikroszenzor segítségével határoztuk meg (17. ábra).



**17. ábra.** PAM-2500-as klorofill fluorométer

### **3.3. Beltartalmi összetevők meghatározása**

2013-tól a paprikabogyók beltartalmi paramétereinek vizsgálatát a Szent István Egyetem Regionális Egyetemi Tudásközpont újonnan felszerelt és berendezett élelmiszeranalitikai laboratóriumában végeztük.

### 3.3.1. *Minták előkészítése*

A betakarítást követően a paprikabogyók azonnal feldolgozásra kerültek. A paprikában lévő karotinoid bioszintézis a szedéssel nem áll meg. A laboratóriumba beérkezett paprikabogyókat feldaraboltuk és a perikarpiumot kézi botmixer segítségével 30 másodpercig homogenizáltuk. Ezt követően a C-vitamin kinyerését rögtön elkezdtük, a homogenizált minta maradékát  $-18^{\circ}\text{C}$ -on lefagyasztva tároltuk. Ezen a hőmérsékleten tárolva a minták előkészítéséig a karotinoid tartalom nem csökken (LEONG & OEY 2012). Az analitikai mérések során mindig 4 ismétléssel dolgoztunk kivéve a 2013-as évet, amikor forráshiány miatt csak 3 ismétlést engedhettünk meg magunknak. A C-vitamin és karotinoid méréseknél egy ismétlés 10 bogyót tartalmazott.

### 3.3.2. *Mérésekhez használt műszerek és vegyszerek*

A C-vitamin és karotinoid tartalom meghatározása nagyhatékonyságú folyadékkromatográfias eljárással történt. Az általunk használt Hitachi Chromastar HPLC készülék egy 5110-es típusú pumpából egy 5430-as típusú dióda soros detektorból és egy 5210-es típusú automata mintaadagolóból állt (18. ábra).



18. **ábra.** Merck-Hitachi Chromastar HPLC készülék egy 5110-es típusú pumpából egy 5430-as típusú dióda soros detektorból és egy 5210-es típusú automata mintaadagolóból áll.

Az analitikai tisztaságú oldószereket a VWR Magyarországtól (Debrecen, Magyarország) és a Merck kft.-től (Budapest, Magyarország) szereztük be. Az általunk használt standardok előállítója a Sigma-Aldrich (Budapest, Magyarország) volt.

### 3.3.3. C-vitamin tartalom meghatározása

A C-vitamin kinyerése metafoszforsavas (3%) extrakciós módszerrel történt. A paprika homogenizálását követően a C-vitamin oxidációjának elkerülése végett a kinyerést azonnal megkezdjük. 3 grammnyi paprika mintához a kvarchomokkal történő eldörzsölést követően 30 ml 3%-os metafoszforsavat adtunk, majd Erlenmeyer lombikba öntöttük, és egy percre ultrahangos fürdőbe helyeztük. A mintákat egy éjszakán át 4°C-on tartottuk. A HPLC készülékbe való injektálás előtt a mintákat szűrőpapíron (389-es, 84 g/m<sup>2</sup>, átmérő 90 mm), majd 0,45 µm-es nylon fecskendőszűrő segítségével szűrtük meg.

A C-vitamin, azaz L-aszkorbinsav elválasztása egy fordított fázisú, Nucleosil 100-5 C18 Nautilus típusú (3 µm, 150 mm x 4,6 mm) oszlopon történt, 0,7 ml/perc áramlási sebesség mellett, a 4. táblázatban összefoglalt gradiens-elúciós módszerrel. A detektálást diódasoros detektorral végeztük, 190 és 300 nm között. Az L-aszkorbinsav azonosítását a retenciós idők és a csúcsok spektrális tulajdonságai alapján végeztük. A mennyiségi meghatározáshoz a csúcsok integrálását 244 nm-en, a csúcsok maximális abszorbancia hullámhosszán végeztük. Négy pontos kalibrációt használtunk, 30, 60, 90 és 120 µg/ml C-vitamin standarddal. A csúcsterületek koncentrációra való átszámításakor a 90 µg/ml-es standardhoz tartozó csúcsterületet használtuk. A minták C-vitamin tartalmát µg/g dimenzióban adtuk meg friss tömegre vonatkoztatva.

**4. táblázat.** A C-vitamin HPLC készülékkel történő szétválasztásához használt gradiens elúciós módszer.

<i>Idő (min)</i>	<i>A % (0,01M KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>)</i>	<i>B % (Acetonitril)</i>
0	99	1
20	40	40
25	99	1

### 3.3.4. Karotinoid tartalom meghatározása

A paprikában lévő karotinoidok kinyerésénél BIACS ÉS DAOOD (1994) módszerét vettük alapul. Az előzőleg homogenizált mintáinkból 3-3 g-ot mértünk ki óraüvegre analitikai mérleg segítségével, majd a 3 g paprika mintát mozsárban, kvarchomok jelenlétében dörzsöltük, ezzel feltárva a sejteket. 20 ml HPLC tisztaságú metanolt adtunk hozzá majd a szétvált felső fázist egy Erlenmeyer lombikba öntöttük. A mozsárban maradt leülepedett részekhez 60 ml 6:1 arányú 1,2-diklóretán és metanol keverékét adtuk hozzá három részletben, úgy, hogy a le nem ülepedett, felül úszó fázist alapos dörzsölést követően mindig az Erlenmeyer lombikba öntöttük. Az oldószerek utolsó adagjával kimostuk a mozsarat, így biztosítva az összes színanyag átjutását az Erlenmeyer lombikba. Ezt követően az Erlenmeyer lombikba 2 ml kétszer desztillált vizet öntöttünk, hogy a poláros és apoláros fázisok elválását segítsük. Majd 15 perc után a lombik tartalmát elválasztó tölcésérbe öntöttük. A karotinoidokat tartalmazó fázist vízmentesítés céljából nátriumsulfátot ( $\text{NaSO}_4$ ) tartalmazó szűrőpapíron engedték át, majd a nátriumsulfátot 3 ml 1,2-diklóretánnal mostuk át. A mintából az oldószerek evaporálásához rotációs vákuum evaporátort (RVO 400, Vacuubrand, Németország) használtunk, vákuum alatt, 43 °C-on, az oldószerek elillanásáig (Függelék 4. ábra). A színanyagokat 5 ml metanollal és 5 ml HPLC eluenssel (55:35:10 izopropanol-acetonitril-metanol) oldottuk vissza. A HPLC fiolába való injektálás előtt a mintáinkat 0,45  $\mu\text{m}$  teflon fecskendőszűrővel tisztítottuk meg. A fiolákat a HPLC készülék automata injektáló berendezésének tálcájába helyeztük.

A kolonnában polaritás alapján történik a karotinoidok elválasztása. Fordított fázisú kolonnát használva (Purospher® STAR RP-C18, 3  $\mu\text{m}$ , 250 x 4,6 mm) a poláros komponensek gyorsabban, míg az apoláros komponensek lassabban haladnak át a kolonnán. Így a poláros komponensek előbb, az apoláros komponensek később jutnak el a fotocellához, ezzel időben is elválasztva egymástól a komponenseket. A minél jobb elválasztás érdekében az idő függvényében változtattunk az eluensek arányán. Az általunk használt gradiens elúciós módszer az 5. táblázatban látható. A diódasoros detektor (190-600 nm között beállítva) az időben is elválasztott komponensek spektrumát és koncentrációját határozta meg. Három pontos kalibrációt végeztünk 30, 60 és 90  $\mu\text{g}/\text{ml}$  standarddal.

A csúcsok azonosítását a retenciós idők, a rendelkezésre álló standardok ( $\beta$ -karotin, zeaxantin,  $\beta$ -kriptoxantin és kapszantin) valamint a szakirodalmi adatok alapján végeztük (BAUERNFEIND, 1981; SOCACIU, 2007). Továbbá a zsírsav- észtetek kromatográfiás és spektrális tulajdonságait összehasonlítottuk a WINGERATH és munkatársai (1996), valamint GIUFFRIDA és munkatársai (2013) által azonosított zsírsav-észtetekkel, akik hasonló kromatográfiás módszerrel, tömegspektrométerrel és diódasoros detektorral LC-MS rendszert

használva készítették el paprika minták kromatográfiás profilját. A sárga színű komponensek mennyiségi meghatározása  $\beta$ -karotinnal azonosan, a piros színanyagoké kapszantinnal azonosan került meghatározásra. A komponensek mennyiségi meghatározásához a csúcsok alatti területet integráltuk. A csúcsok integrálása mindig a piros színanyagok maximális abszorbancia hullámhosszán, 470 nm-en történt. A csúcsterületek koncentrációba való átszámításakor a 90  $\mu\text{g/ml}$ -es standardhoz tartozó csúcsterületet vettük alapul. A standard koncentrációját elosztva a hozzá tartozó csúcsterülettel majd megszorozva a kinyerés során használt oldószer mennyiségének és a bemért minta tömegének hányadosával, megkaptuk a faktor értékét. A mintáinkból származó csúcsok karotinoid tartalmának kiszámításához az adott csúcs területét szoroztuk meg az előzőleg kiszámított faktorról. A minták karotinoid tartalmát  $\mu\text{g/g}$  dimenzióban adtuk meg.

5. táblázat. A karotinoidok HPLC készülékkel történő szétválasztásához használt gradiens elúciós módszer

<i>Idő</i> <i>(min)</i>	<i>A%</i> <i>(Víz)</i>	<i>B%</i> <i>(-)</i>	<i>C%</i> <i>(Metanol)</i>	<i>D%</i> <i>(55:35:10 izopropanol- acetonitril-metanol)</i>	<i>ml/min</i>
0	7	-	93	0	0,6
3	0	-	100	0	0,6
13	0	-	30	70	0,7
17	0	-	30	70	0,7
22	0	-	10	90	0,7
27	0	-	10	90	0,7
30	0	-	0	100	0,7
44	0	-	0	100	0,7
47	7	-	93	0	0,6
50	7	-	93	0	0,6



### **3.3.5 Érésdinamikai mérések**

Nyolc különböző érési fázist különítettünk el a karotinoid tartalom változásainak követése céljából. A paprikákat a kontroll parcellából szedtük, és a következők alapján soroltuk be őket:

1. teljesen zöld termékek, melyek már elérték végleges méretüket
2. zöld, a kormosodás kezdete a paprikákon
3. kormosodás folyamata
4. narancssárga színezetű bogyók, kormos foltokkal
5. narancssárga színezetű bogyók
6. már piros bogyók
7. teljesen érett élénkpiros bogyók
8. túlrett, bordó színű bogyók

A méréseket 3 ismétléssel végeztük. A mérések metodikája megfelel a 3.3.4 fejezetben leírtakkal.

### **3.4. Kísérleti eredmények kiértékelése**

A statisztikai vizsgálatokhoz az IBM SPSS 22 programot és a Microsoft Excel alkalmazás adatelemzés modulját használtuk. A hálók áteresztése és a hőmérséklet, valamint a hálók áteresztése és a relatív klorofill tartalom közötti kapcsolat viszonyát Pearson-féle korreláció analízissel vizsgáltuk. Az egyes fajták termésmennyiségét, bogyó átlag tömegét, C-vitamin tartalmát és karotinoid tartalmát két-tényezős ANOVA modellel értékeltük. Az ANOVA előfeltételeként az adatok normál eloszlását Shapiro-Wilk teszttel, a szórások homogenitását Levene-teszttel ellenőriztük. A függő változó a termésmennyiség, a bogyó átlag tömeg, a C-vitamin tartalom és a karotinoid tartalom voltak, a független változók a szedési idő, az árnyékoló hálók és ezek interakciója volt. A páronkénti összehasonlítást Tukey HSD post-hoc teszttel végeztük. Az adatelemzés során az első fajú hiba 5% volt.

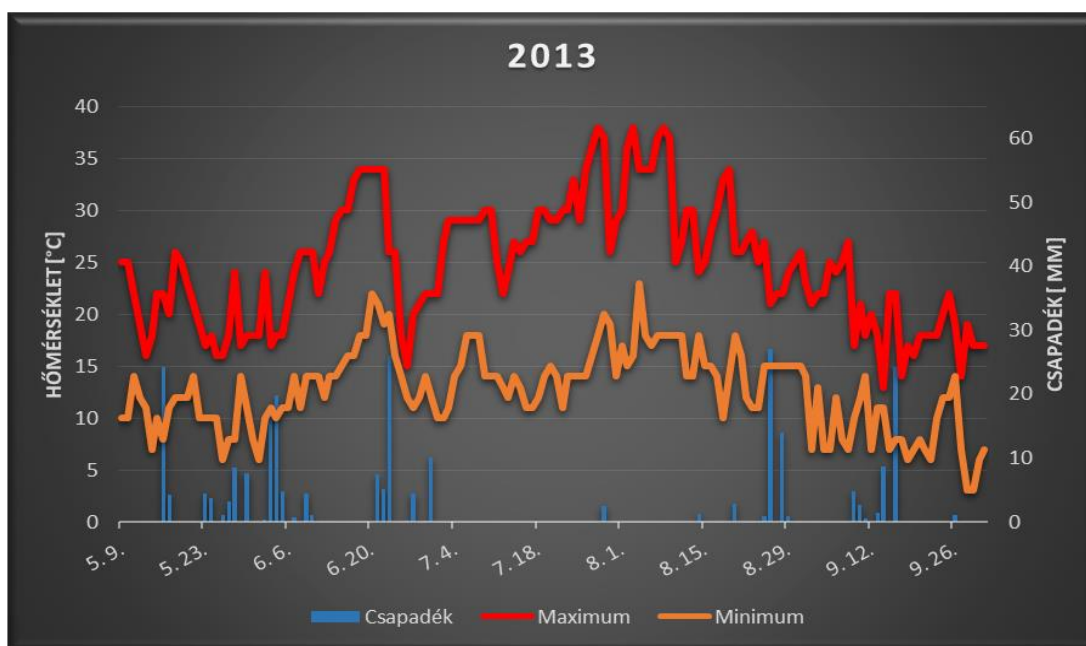
A két paprika fajta termésmennyiségének, bogyóátlag tömegének, C-vitamin tartalmának és karotinoid tartalmának összehasonlításához páros t-próbát alkalmaztunk. Független mintás t-próbát használtuk a termesztési technológiák értékeléséhez. Azt vizsgáltuk, a szabadföldi és hajtatasos termesztési technológia között van-e különbség a termésmennyiség, a C-vitamin tartalom és a karotinoid tartalom szempontjából. Amennyiben a szórások között szignifikáns különbség volt, Welch-próbát használtuk.

## 4. EREDMÉNYEK

### 4.1 Környezeti tényezők

#### Szabadszíri kísérlet 2013-ban

A 2013-as év meteorológiai adatairól a 19. ábra nyújt betekintést. Ezen látható a kísérlet helyszínén mért maximum (piros jelölés) és minimum hőmérséklet, (narancssárga jelölés) valamint a csapadék eloszlása (kék oszlop) és mennyisége. A tenyészidőszak során meleg és száraz volt az idő, főleg az első szedést megelőző időszakban július 1-től augusztus 26-ig, amikor is a napi maximum hőmérsékletek átlag értéke 29,7°C volt. Ebben az időszakban összesen 7,4 mm csapadék esett, az is csupán csak 4 alkalommal. A legmelegebbet augusztus 3-án mértük, 38 °C-ot. A kiültetéstől az utolsó betakarításig 146 nap telt el és 252,3 mm csapadék esett. 2013-ban két alkalommal volt betakarítás, augusztus 27-én és október elsején. Az első szedés előtti 15 nap átlagos hőmérséklete 20,9 C° volt, a második szedésnél 8 C°-kal alacsonyabb, 12,9 C°.



19. ábra. A 2013-as év meteorológiai adatai a kiültetéstől az utolsó szedésig.

A tenyészidőszak során a levelek felszín hőmérsékletét és a fotoszintetikusan aktív hullámhossz tartományban lévő (PAR) besugárzás mértékét nyolc alkalommal, a fényérzékelő szenzorral is felszerelt porométer segítségével tudtuk nyomon követni (6-7. táblázat). A levelek felszín hőmérsékletében kezelésenként csak elhanyagolható, maximálisan mindössze 0,2 °C

eltérés volt. A kontrollhoz képest a piros háló 63-68 %-ot eresztett át a PAR - azaz a fotoszintetikusan aktív fény tartományban, mely érték legközelebb állt a gyártó által megadott 40 %-os árnyékolási faktorhoz. A zöld és a fehér háló átteresztése közel azonos volt, a fehér háló 78-80 %-ot, a zöld háló 75-84%-ot eresztett át. 82-87 % fényt engedett át a sárga háló, a rózsaszín háló a legtöbbet, 84-93 %-ot. Ezek az értékek jóval alacsonyabb mértékű árnyékolást jelentenek, mint amit a magyar gyártó megadott. A besugárzási adatok átlag értékét nézve szignifikáns különbség volt a hálók átteresztésében, a piros háló mind a két fajtánál elkülöníthető a többi hálótól. Továbbá szignifikánsan eltérnek a besugárzási viszonyok a piros, a fehér hálónál és a kontroll kezelésnél. A hálók árnyékolásával kapcsolatban OMBÓDI és munkatársai (2015) hasonló sorrendet állítottak fel. Az általuk használt piros színű árnyékoló háló kísérletükben nem szerepelt. A legkevesebb fényt a zöld háló (61%) engedte át, ezt a sárga (70%), a fehér (74%), majd a rózsaszín (77%) háló követte. A kontroll (árnyékoló háló nélküli polietilén fólia) fényáteresztése volt a legjobb, 86% a szabadföldön mérthez viszonyítva.

**6. táblázat.** A besugárzás [ $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ ] átlag és szórás értékei a kontroll állományban és a különböző színű hálók alatt a 'Kárpia' paprika esetében a 2013-as szabadföldi kísérletnél. (n=4)

Besugárzás [ $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ ] 'Kárpia' paprika						
Időpont	Kontroll	Fehér háló	Piros háló	Zöld háló	Sárga háló	Rózsaszín háló
Július 10.	496,3±49,2	661,3±267,4	1075±83,5	976,3±617,2	1312,5±103,1	1550±39,2
	a	a	ab	ab	c	c
Július 17.	1987,5±237,1	1455±102,8	1260±54,8	1482,5±75	1455±122,3	1497,5±119,6
	b	a	a	a	a	a
Július 24.	1920±53,5	1392,5±49,9	1160±21,6	1280±223,8	1347,5±163	1342,5±83,8
	b	a	a	a	a	a
Július 31.	1650±412,6	1410±252,6	1135±44,4	1447,5±28,7	1412,5±41,1	1420±165,9
	b	ab	a	ab	ab	ab
Augusztus 07.	1825±26,5	1327,5±252,6	945±47,3	1227,5±46,5	1220±71,7	1277,5±38,6
	c	b	a	bc	bc	b
Augusztus 14.	767,5±138,4	610±458,5	441,3±39,	825±185,6	712,5±131,8	992,5±478,5
	ab	ab	a	ab	ab	b
Augusztus 21.	213,3±26,	318,5±36,8	312,5±28,7	355±24,5	378,8±41,3	415±23,5
	a	b	b	bc	bc	c
Augusztus 28.	471,3±77,9	289,8±41,6	180±4,1	231,5±17,1	232±18,4	198,5±37
	c	b	a	ab	ab	a
Átlag	1166,3±127,7	933,1±182,8	813,6±40,4	978,2±152,3	1008,8±86,6	1086,7±123,3
	d	b	a	bc	bc	cd
Fényáteresztés (%)	100,00	80,00	69,76	83,87	86,50	93,17

A Tukey HSD post-hoc teszt eredményei alapján soronként az azonos betűvel jelölt értékek nem térnek el egymástól 5 %-os szignifikancia szinten.

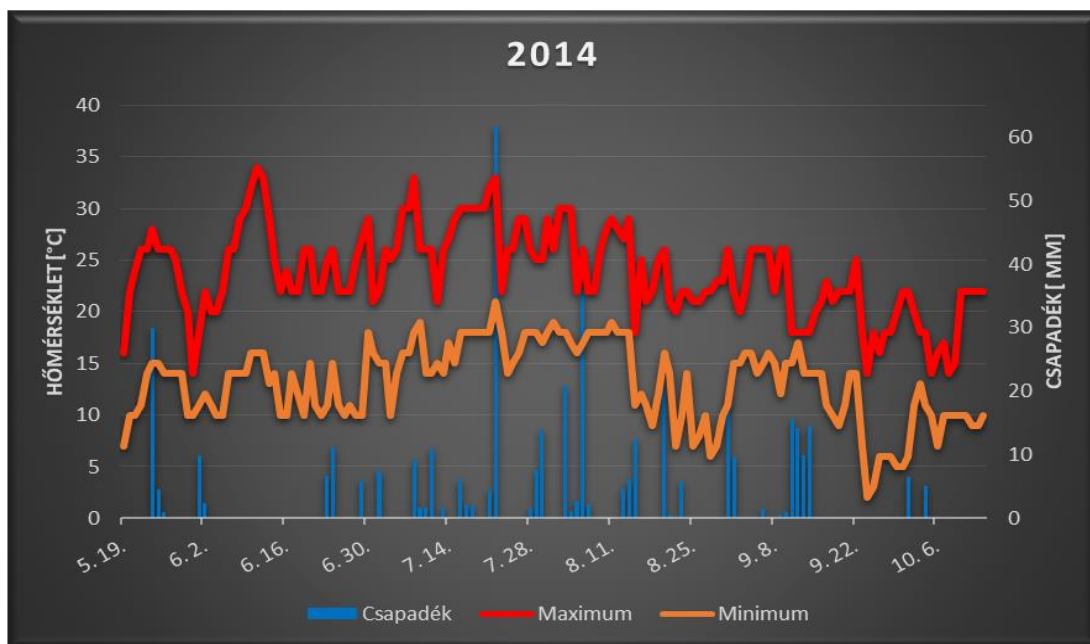
**7. táblázat.** A besugárzás [ $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ ] átlag és szórás értékei a kontroll állományban és a különböző színű hálók alatt a ‘Karpex’ paprika esetében a 2013-as szabadföldi kísérletnél. (n=4)

Besugárzás [ $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ ] ‘Karpex’ paprika						
Időpont	Kontroll	Fehér háló	Piros háló	Zöld háló	Sárga háló	Rózsaszín háló
Július 10.	396,3±16,5	386,3±48,7	507,5±390,7	355±80,9	505±229	456,3±130,7
	a	a	a	a	a	a
Július 17.	1625±531,8	1697,5±47,9	1265±59,2	1560±70,7	1610±53,5	1722,5±51,2
	a	a	a	a	a	a
Július 24.	1805±74,2	1412,5±62,9	1052,5±5	1257,5±145,5	1287,5±92,5	1425±40,4
	c	b	a	b	b	b
Július 31.	1767,5±20,6	1362,5±74,1	915±389,8	1317,5±71,4	1290±341,9	1085±375,1
	b	ab	a	ab	ab	a
Augusztus 07.	1737,5±56,2	1362,5±74,1	1070±38,3	1250±90,6	1317,5±116,4	1337,5±7
	c	b	a	b	b	b
Augusztus 14.	385±15,8	385±451,6	355±29,7	387,5±18,9	446,3±48	452,5±24,7
	ab	ab	a	ab	bc	c
Augusztus 21.	163,8±18,9	166,3±14,4	142,5±12,6	148,8±11,1	186,3±18	177,5±8,7
	abc	abc	a	ab	c	bc
Augusztus 28.	477,5±59	533,8±95,2	558,8±262,2	705±204,2	1062,5±268,8	1222,5±188,4
	a	a	a	ab	bc	c
Átlag	1044,7±99,1	913,3±108,6	733,3±148,4	872,7±86,7	963,1±146	984,8±110,5
	c	b	a	b	bc	bc
Fényáteresztés (%)	100	78,13	62,72	74,65	82,39	84,25

A Tukey HSD post-hoc teszt eredményei alapján soronként az azonos betűvel jelölt értékek nem térnek el egymástól 5 %-os szignifikancia szinten.

### Szabadföldi kísérlet 2014-ben

A 2014-es év jóval csapadékosabb volt, mint az előző év, és a hőmérséklet is alacsonyabb volt, mint 2013-ban (20. ábra). A csapadék eloszlása viszonylag egyenletes volt a kiültetéstől az utolsó szedésig két nagyobb csúccsal, július 22-én 61,7 mm csapadék, augusztus 6-án 35,3 mm csapadék esett. A június pedig egy szárazabb periódusnak számított a teljes időszakot nézve. Kiültetéstől az utolsó betakarításig 149 nap telt el és összesen 415,5 mm csapadék hullott, másfélszer több, mint a 2013-as évben. Ebben az évben a legmagasabb hőmérséklet június 12-én volt, 33 C°. 2014-ben két alkalommal történt betakarítás, augusztus 28-án és október 14-én. Az első szedés előtti 15 nap átlagos hőmérséklete 17,3 C° volt, a második szedésé 14 C°. Az augusztusi hazai átlaghőmérséklet a szokásosnál jóval (4-5 °C-kal) hűvösebb volt.



20. ábra. A 2014-es év meteorológiai adatai a kiültetéstől az utolsó szedésig.

A szabadföldi kísérletben, 2014 során két alkalommal volt rá lehetőségünk, hogy a prométer meghibásodása miatt a PAM-2500-as klorofill fluorométerhez csatlakoztatható fényszenzorral végezzük el méréseinket a PAR tartományból beérkező besugárzás mennyiségével kapcsolatosan. Mint ahogyan a 8. táblázatban is láthatjuk, a beérkező fény, azaz a besugárzás intenzitásában a kezelések között minden esetben statisztikai különbség van, a piros háló a beérkező fény 58%-át, a zöld háló 67%-át, a fehér háló pedig 77%-át eresztí át. A fehér háló esetében ez az átteresztési százalék a 2013-ban mért adatainkkal összhangban van, azonban a piros és zöld háló esetében az átteresztés alacsonyabb volt a 2014-es mérések során.

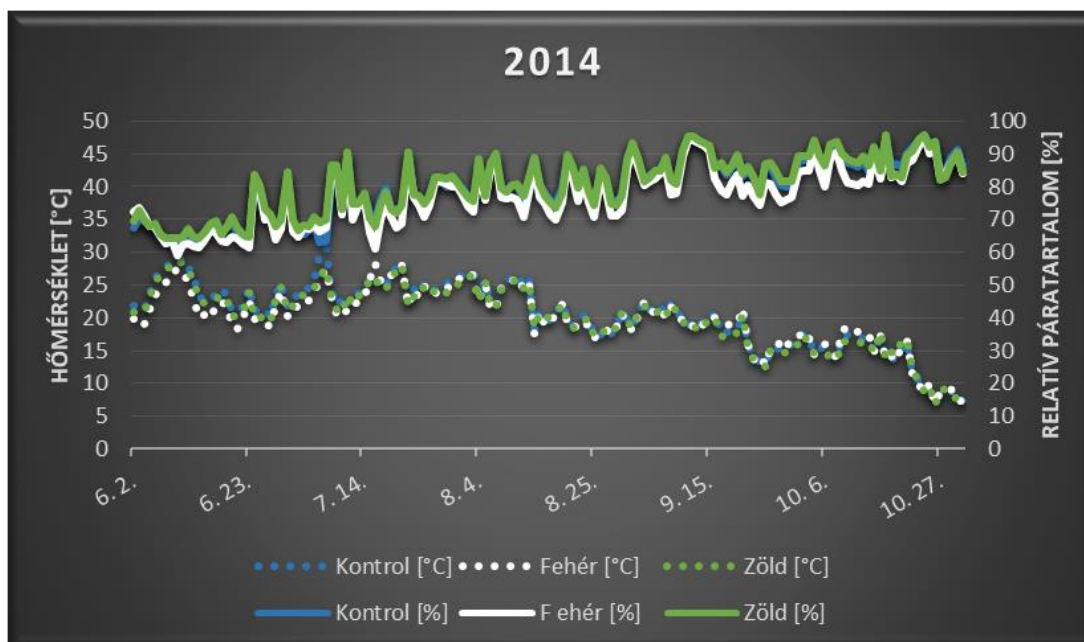
8. táblázat. A besugárzás [ $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ ] átlag és szórás értékei 2014-ben a szabadföldi kísérlet során a kontroll állományban és a különböző színű hálók alatt. (n=4)

Besugárzás [ $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ ]				
Időpont	Kontroll	Fehér háló	Piros háló	Zöld háló
17. szept.	820,3±9 a	655±11,8 b	398,3±6,4 d	528,3±5,5 c
24. szept.	1310±7,8 a	987±11,5 b	830±21,9 d	909,3±29,9 c
Átlag	1065,2±8,4 a	821±11,7 b	614,2±14,2 d	718,8±17,7 c
Fényáteresztés (%)	100	77,08	57,66	67,49

A Tukey HSD post-hoc teszt eredményei alapján soronként az azonos betűvel jelölt értékek nem térnek el egymástól 5 %-os szignifikancia szinten.

## Hajtatási kísérlet 2014-ben

2014-es év során a környezeti paraméterek mérésére a Voltcraft DL-121TH USB-s adatgyűjtő eszközt használtuk. A műszer a hőmérsékletet és a relatív páratartalmat rögzítette a növényállomány magasságában, amint ezt a 21. ábrán is láthatjuk. Az egyik adatgyűjtő eszköz meghibásodása miatt a piros háló alatt mért adatokhoz nem tudunk hozzáférni, így az ábrán csak a zöld és a fehér hálók alatt, valamint a kontroll állományban mért paramétereket ábrázoltam. Az adatgyűjtő félóránként mért, a 21. ábrán a napi átlagok láthatóak. A pontozott vonalak a hőmérsékletet, a folytonos vonalak a relatív páratartalmat mutatják. A tenyészidőszak során a lombzat növekedésével a relatív páratartalom is növekedett, értéke a zöld háló alatt volt a legmagasabb. A hőmérséklet tekintetében nem vonhatunk le ilyen egyértelmű következtetést, ugyanis a kezelések között nem volt szignifikáns különbség, melynek oka a közös légtér lehetett. A kontroll állományban 20,52 °C, a fehér háló alatt 19,89 °C, a zöld háló alatt 20,05 °C volt a tenyészidőszak alatti átlag hőmérséklet. Egyetlen egy alkalommal volt magasabb a napi átlaghőmérséklet 30 °C-nál, július 7-én 30,8 °C a kontroll állományban. Ezen a napon a maximum hőmérséklet 55 °C volt 12 órakor, a minimum 19,1 °C volt hajnali négy órakor.



21. **ábra.** A 2014-es év során hajtatásban mért környezeti paraméterek a kontroll állományban és a különböző színű hálók alatt a kiültetéstől az utolsó szedésig terjedő időszakban.

Kiültetéstől az utolsó betakarításig 185 nap telt el. A hőmérséklet a július 7-én mért maximumtól a tenyészidőszak végéig fokozatosan csökkent. 2014-ben hajtatásban háromszor takarítottunk be, július 31-én, szeptember 25-én és október 31-én. Az első szedés előtt 15 nappal

az átlagos hőmérséklet a fóliasátorban 25,1 C° volt, a második szedésnél 18,1 C°, a harmadiknál pedig 11,5 C°.

2014-ben hajtásban ugyanazokon a napokon mértük a PAR tartományból beérkező fény intenzitását, mint szabadföldön (9. táblázat). Maga a polietilén fóliás takarás is 26,8 %-kal csökkentette a besugárzást a szabadföldhöz képest, így a hajtattott kontroll állomány majd 30 %-kal kevesebb fényt kapott, mint a szabadföldi takaratlan paprikák. A polietilén fólia és a piros háló együttesen 61,5 %-kal csökkentette a besugárzást. A hálók között itt is ugyanaz a tendencia, mint a szabadföldi méréseknél, statisztikailag minden háló fényáteresztése elkülönül (Függelék 3. ábra).

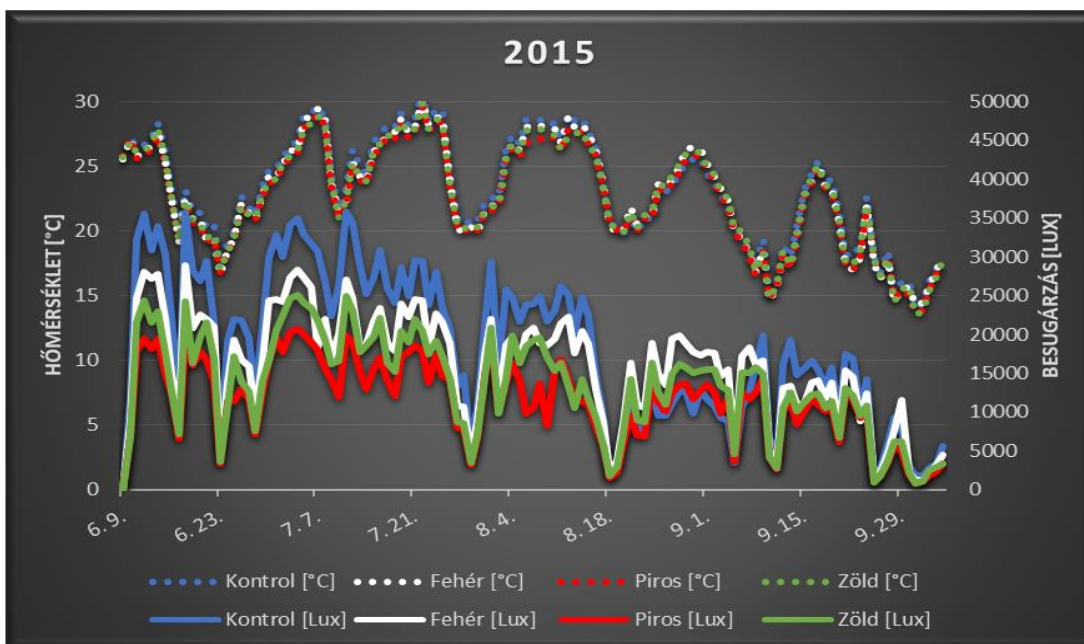
9. **táblázat.** A besugárzás [ $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ ] átlag és szórás értékei 2014-ben a hajtás során a kontroll állományban és a különböző színű hálók alatt.

Besugárzás [ $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ ]				
Időpont	Kontroll	Fehér háló	Piros háló	Zöld háló
17. szept.	712 $\pm$ 10,8 a	556,3 $\pm$ 1,5 b	394 $\pm$ 6,1 d	508 $\pm$ 2,7 c
24. szept.	847 $\pm$ 12,5 a	678,7 $\pm$ 2,1 b	426,7 $\pm$ 21,5 d	616,3 $\pm$ 23,3 c
Átlag	779,5 $\pm$ 11,7 a	617,5 $\pm$ 1,8 b	410,3 $\pm$ 13,8 d	562,2 $\pm$ 16,3 c
Fényáteresztés (%)	100	79,22	52,64	72,12
Fényáteresztés szabadföldi kontrollhoz képest (%)	73,18	57,97	38,52	52,78

A Tukey HSD post-hoc teszt eredményei alapján soronként az azonos betűvel jelölt értékek nem térnek el egymástól 5 %-os szignifikancia szinten.

### Hajtási kísérlet 2015-ben

2015-ben a környezeti paraméterek mérésére a Voltcraft DL-121TH USB-s adatgyűjtő mellett a HOBO 64K felfüggeszthető hőmérséklet és fényintenzitás adatgyűjtő eszközt is használtuk. A műszer a hőmérsékletet és a fényintenzitást (Lux, 200-1200 nm közötti tartomány) rögzítette a növényállomány magasságában. Az 22. ábrán a Voltcraft DL-121TH USB-s adatgyűjtő által rögzített hőmérsékleti adatokat és a HOBO 64K felfüggeszthető hőmérséklet és fényintenzitás adatgyűjtő eszköz által rögzített fényintenzitást ábrázoltuk a tenyészidőszak során. Az adatgyűjtők félóránként mértek, az ábrán a napi átlagok láthatóak. A pontozott vonalak a hőmérsékletet, a folytonos vonalak a fényintenzitást mutatják.



22. **ábra.** A 2015-es év során hajtásban mért környezeti paraméterek a kiültetéstől az utolsó szedésig terjedő időszakban.

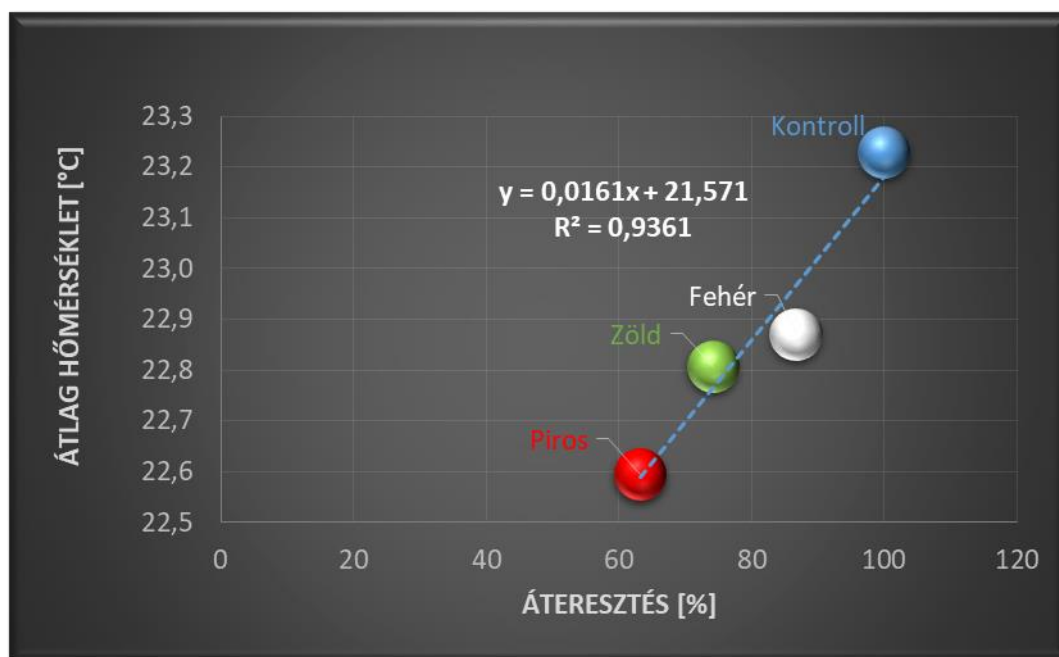
Láthatjuk, hogy a fényintenzitást jelölő folytonos vonalak augusztus 18-ig egymáshoz képest ugyan abban a sorrendben helyezkednek el, a legmagasabb értékeket a kontroll mutatja, aztán a fehér háló, majd a zöld és a piros háló az, amelyik a legkevesebb fényt ereszti át. Augusztus 24-től szeptember 6-ig az előző tendencia abban változik, hogy a kontroll állományban detektáltuk a legalacsonyabb fényintenzitást. Majd szeptember 6-tól a tenyészidőszak végéig egy nap kivételével visszatér az eredeti tendencia, a legmagasabb fényintenzitást a kontrollnál, a legalacsonyabbat a piros hálónál észleltük. Ennek magyarázata az lehet, hogy a kontrollban elhelyezett szenzor árnyékba került.

2015-ben is egyetlen egy alkalommal volt magasabb a napi átlaghőmérséklet  $30\text{ }^{\circ}\text{C}$ -nál, július 22-én  $30,7\text{ }^{\circ}\text{C}$  a kontroll állományban. Ezen a napon a maximum hőmérséklet  $46,2\text{ }^{\circ}\text{C}$  volt déli tizenkettőkor, a minimum  $18,9\text{ }^{\circ}\text{C}$  volt hajnali négy órakor. Kiültetéstől az utolsó betakarításig 190 nap telt el. A nagyobb hőmérsékleti ingadozások végigkísérték a tenyészidőszakot. 2015-ben három alkalommal történt betakarítás, augusztus 11-én, október 6-án és november 11-én. Az első szedés előtt 15 nappal az átlagos hőmérséklet  $24,33\text{ }^{\circ}\text{C}$  volt, a második szedésnél  $16,81\text{ }^{\circ}\text{C}$ , a harmadiknál  $13,69\text{ }^{\circ}\text{C}$  volt.

A megfelelő szellőztetésnek, és annak köszönhetően, hogy egy légtérről van szó, az átlag hőmérséklet tekintetében nem volt szignifikáns különbség a kezelések között. A legmagasabb átlaghőmérsékletet,  $23,23\text{ }^{\circ}\text{C}$ -ot a kontroll állományban mértük, a legalacsonyabbat a piros háló alatt,  $22,59\text{ }^{\circ}\text{C}$ -ot. A fehér háló alatt  $22,87\text{ }^{\circ}\text{C}$ , a zöld háló alatt  $22,81\text{ }^{\circ}\text{C}$  volt. Viszont a különböző színű takaróhálók átteresztésének mértéke szignifikáns értékű pozitív korrelációt



mutat a különböző színű takaróhálók alatti átlagos hőmérséklettel ( $R=0,97$ ;  $p=0,03$ ), azaz minél nagyobb az átérésztés mértéke, annál melegebb a léghőmérséklet (23. ábra). A HOBO 64K felfüggeszthető fényintenzitás-mérővel megállapítottuk, hogy a 200 és 1200 nm közé eső fény spektrumot tekintve a kontrollhoz képest a fehér háló 86,7%-ot, a zöld háló 74,2%-ot, a piros háló pedig 63,23%-ot engedett át a besugárzásból.



23. ábra. A 2015-es év során hajtatasban a különböző kezeléseknél mért átlaghőmérséklet és az átérésztés mértékének összefüggése.  $R^2=0,936$ ;  $y=0,248x+0,003$ ;  $n=4$ ;  $p=0,33$

2015-ben a hajtatas során tizenkét alkalommal mértük meg az árnyékoló hálók alatt, a kontroll állományban és a szabad ég alatt a PAR tartományból beérkező fény intenzitását a PAM-2500-as klorofill fluorométerrel (10. táblázat). Természetesen szabad ég alatt mértük a legmagasabb értékeket mindegyik alkalommal. Az első tizenegy mérés a kezeléseket tekintetében ugyanazt a tendenciát mutatja, a kontrollt a fehér, a zöld, majd a piros háló alatt mért értékek követik. Azonban a tizenkettedik mérésnél már a kontroll és a fehér háló alatt mért értékek, valamint a zöld és piros háló alatt mért értékek sem különülnek el statisztikailag egymástól. Ennek oka abban keresendő, hogy minél nagyobb a fényintenzitás, annál jobban ki tud fejeződni arányaiban az árnyékoló hatás.

Jól látszódik a különbség a két hajtatas kísérletnél, ha összevetjük a 2014-ben használt egy rétegű és a 2015-ben használt két rétegű fólia fényátérésztését. Míg a szabadföldi körülményekhez képest a Soroksár 70-es fóliaház esetében a kontroll állomány a PAR tartományban a fény 73,18 %-át engedte át, addig a 2015-ben használt Richel növényház csupán 55,96 %-ot. A fehér hálónál 2014-ben 57,97 %, 2015-ben 44,12 % volt a fényátérésztés a szabad

ég alatt mért értékekhez viszonyítva. A zöld hálónál valamivel alacsonyabb értékeket figyelhettünk meg, 2014-ben 52,78 %, 2015-ben 40,18 % volt az átérésztés. A piros háló 2014-ben 38,52 %-ot, 2015-ben pedig csupán 31,36%-ot engedett át a beeső fényből.

**10. táblázat.** A besugárzás [ $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ ] átlag és szórás értékei 2015-ben a hajtás során a kontroll állományban és a különböző színű hálók alatt. (n=4)

Besugárzás [ $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ ]					
Időpont	Kontroll	Fehér	Piros	Zöld	Külső
6. 18.	1158,3±9,1 b	950±26,5 c	664,7±6,8 e	820±18,7 d	1977±11,8 a
6. 25.	984±9,5 b	738,3±12,5 c	537,7±15 e	687±7,9 d	1910,7±7,8 a
6. 29.	572,7±11,9 b	409±2 c	276,3±1,5 e	407,7±8,1 d	776,7±74,9 a
7. 6.	902,7±3,5 b	722,7±9,3 c	526,3±1,5 e	687±15,1 d	1504,7±10,3 a
7. 16.	1039,7±16,9 b	810±9,5 c	601,3±39,7 e	773,7±28,5 d	1571±4,4 a
7. 21.	873,3±5,1 b	682,7±3,2 c	487,3±9,3 e	641,7±16,3 d	1542±10,4 a
8. 4.	574±3,6 b	512±2 c	342,7±1,5 e	479±7 d	1466±5,6 a
8. 13.	355,3±0,6 b	293,3±0,6 c	210±1 e	232±1 d	817±44,2 a
8. 24.	917±10,4 b	667,7±6,8 c	499,3±3,5 e	608,3±100 d	1509±6 a
9. 1.	857,3±2,1 b	632,7±3,2 c	442,3±2,5 e	537,7±7 d	1455,7±5,1 a
9. 8.	833±7,2 b	657,33±4,16 c	483,7±3,5 e	612,3±9 d	1434±4,6 a
9. 21.	566±30,5 b	519±12,5 b	327±14,1 c	430±40,4 c	1251±54,8 a
Átlag	802,8±235,3	632,9±1778	449,9±135,5	576,4±167,6	1434,6±358,1
Háló+fólia fényáteresztés (%)	55,96	44,12	31,36	40,18	100
Fényáteresztés (%)	100	78,84	56,04	71,8	0

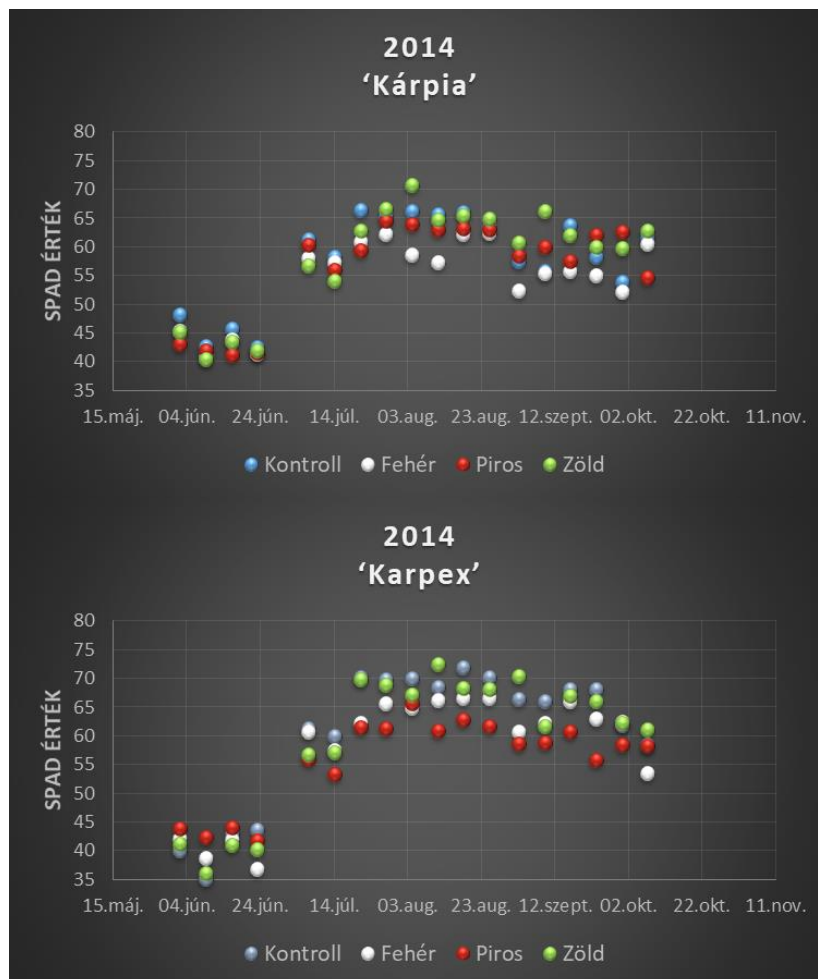
A Tukey HSD post-hoc teszt eredményei alapján soronként az azonos betűvel jelölt értékek nem térnek el egymástól 5 %-os szignifikancia szinten.

## 4.2 Relatív klorofill tartalom

2014

A relatív klorofill tartalom mérése 2014 során összesen 20 alkalommal történt hajtásban, szabadföldön az 5. mérés és a 20. mérés elmaradt a zuhogó eső miatt, itt így csak 18 alkalommal tudtuk elvégezni szabadföldi méréseinket.

A 'Kárpia' és a 'Karpex' paprikáról elmondható, hogy a SPAD értékek szempontjából kisebb eltérésektől eltekintve azonos lefutásúak. Szabadföldön az első 4 mérés idején a klorofill tartalom stagnált, majd a 6. mérési időponttól (július 7.) emelkedett, egészen a 10. időpontig (augusztus 4.) (24. ábra).



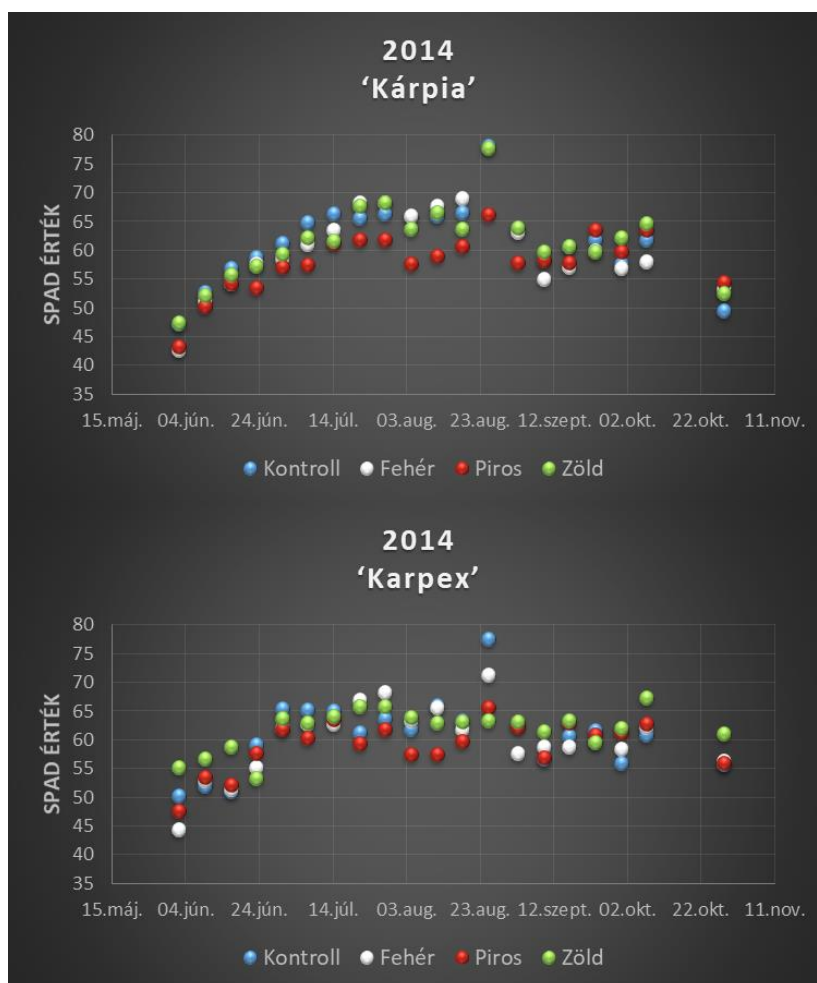
24. **ábra.** A 2014-es év során felül a 'Kárpia' és alul a 'Karpex' paprika szabadföldön mért átlagos SPAD értékeinek alakulása az egyes kezelések hatására.

Innentől egy viszonylag lassú, folyamatos csökkenés volt megfigyelhető kisebb felfutásokkal. A 'Kárpia' paprikánál a 10. mérésnél (augusztus 4.), a 'Karpex' paprikánál a 11. mérési időpontnál (augusztus 11.) mértük a legmagasabb relatív klorofill tartalmat, mindkét fajtánál a zöld háló alatt. A 'Kárpia' paprikánál a 10. mérésnél volt a legmagasabb mindegyik kezeléskor a levelek relatív klorofill tartalma. A 'Karpex' paprikánál ez nem esett egybe, csak a zöld háló esetében. A többi hálónál a 12. időpontnál (augusztus 18.) érték el a levelek a maximális relatív klorofill tartalmat. A 'Karpex' paprikánál az első 4 időpontot leszámítva a legnagyobb relatív klorofill tartalom a kontroll kezelésnél volt, ezt a zöld háló, a fehér, majd a piros háló alatt termesztett paprikák leveleinek relatív klorofill tartalma követte. A 'Kárpia' paprikánál a tenyészidőszak során a sorrend többször változott, a kontroll volt legtöbbször domináns, a zöld háló alatt nevelt paprikák klorofill tartalmával vetekedett. Az 6. mérési időponttól (július 07.) egyértelműen a fehér hálónál tapasztaltuk a legalacsonyabb relatív klorofill tartalmat. A piros háló alatt a relatív klorofill tartalom a 13. időpontig alacsonynak számított, a 17. és 18. mérésnél viszont itt volt a legmagasabb a levelek relatív klorofill tartalma. A 19. időpont során viszont a legalacsonyabb értékeket mutatta.

Hajtatásban (25. ábra) az első mérési időponttól a 9. mérésig (július 28.) a relatív klorofill tartalom növekedett a levelekben. A 10. mérésnél (augusztus 4.) azonban egy kisebb csökkenést tapasztaltunk, mely a következő méréstől újra növekedésnek indult. A 13. mérési időpontban (augusztus 25-én) mértük a legmagasabb relatív klorofill tartalmat, mindkét fajtánál a kontroll kezelésnél. Ezek az értékek kiugróan magasak, valószínűleg a mérés előtt a kalibráció hibásan futott le, ez okozhatta a látszólag helytelen eredményeket. Ha a 13. mérési időpontot nem vesszük figyelembe, a 'Kárpia' paprikánál a 12. mérési napon, a 'Karpex' paprikánál a 11. mérési napon volt a legmagasabb a SPAD érték a kontroll kezelésnél. A 13. mérés (augusztus 25) után egy újabb csökkenés, majd növekedés volt megfigyelhető. A 19. mérési időpontban (október 7.) a 'Karpex' paprikánál a zöld színű háló érte el maximumát, a 'Kárpia' paprikánál a piros. Az utolsó mérési időpontban már alacsonyabb klorofill tartalommal rendelkeztek a levelek, a legalacsonyabb relatív klorofill tartalmat a kontroll kezelésnél tapasztaltuk.

A 4. mérési időponttól egészen a 14. mérési időpontig a piros színű háló alatt termesztett paprikák leveleinek volt a legalacsonyabb a relatív klorofill tartalma. Mely összefügghet a hálók PAR tartományba eső fény átérésztésével. Ezt támasztja alá az is, hogy OMBÓDI és munkatársai (2015) erős negatív kapcsolatot találtak az árnyékolás mértéke és a SPAD érték között. Leírták, hogy az árnyékolás intenzitásának növelésével a relatív klorofill tartalom csökken. Saját adatainkat vizsgálva azonban nem sikerült szignifikáns kapcsolatot találnunk, ennek oka, hogy a besugárzást két alkalommal tudtuk mérni, ami nem reprezentatív a teljes tenyészidőszakhoz

viszonyítva. A 15. méréstől kezdve nem volt olyan alkalom, hogy a piros háló alatti leveleknek lett volna a legalacsonyabb a klorofill tartalma.

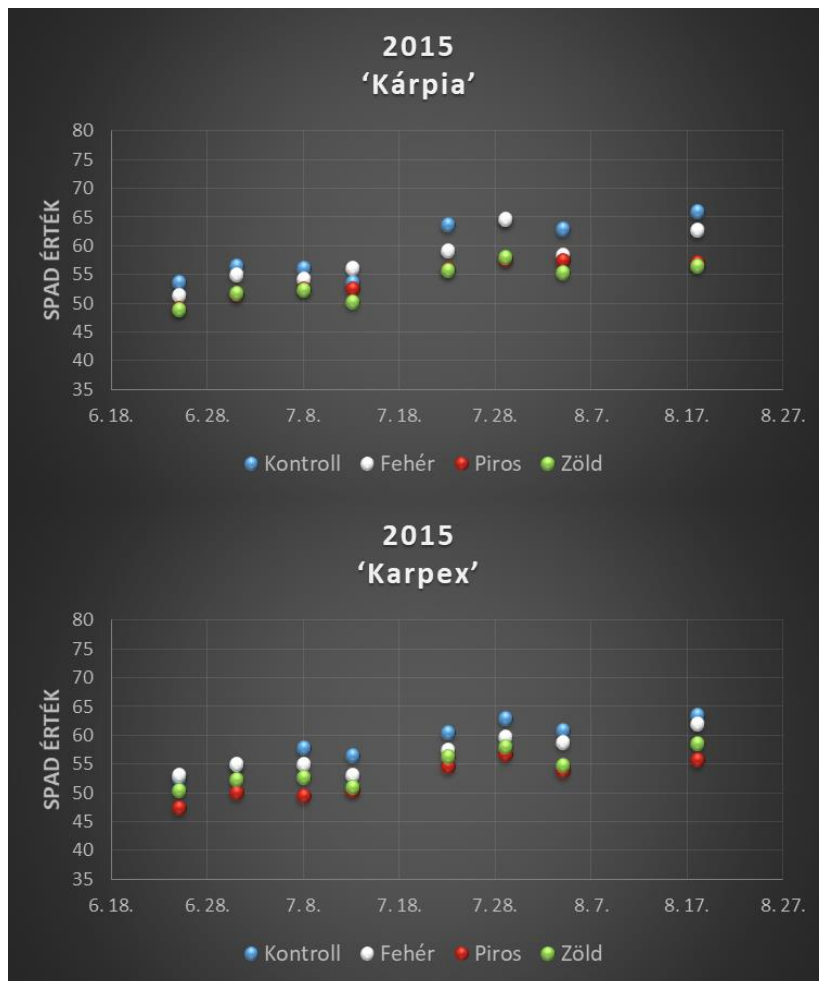


25. **ábra.** A 2014-es év során felül a 'Kárpia' és alul a 'Karpex' paprika hajtásában mért átlagos SPAD értékeinek alakulása a különböző kezelések hatására.

## 2015

2015-ben a termesztett paprikák leveleinek relatív klorofill tartalmát összesen nyolc alkalommal, június 25. és augusztus 18. között felvételeztük (26. ábra). Ebben az évben is megegyezett a relatív klorofill tartalom lefutása a 'Kárpia' és a 'Karpex' paprikáknál, a tenészedőszak folyamán növekvő tendenciát mutatva. Szinte minden mérési időpontban a kontroll kezelésnél volt a legmagasabb a levelek relatív klorofill tartalma. Mindkét fajtánál egy alkalom volt, amikor a fehér háló alatt picivel magasabb értékeket mértünk. A 'Kárpia' paprikánál ez a 4. időpont (július 13.), a 'Karpex' paprikáknál pedig az első időpont (június 25.) volt, mikor is a fehér háló alatt mért értékek haladták meg a kontroll kezelésnél mért értékeket. A fehér háló alatt mért értékek voltak a második legmagasabbak. 'Kárpia' paprikánál a fehér hálót

a piros háló követte, majd a legalacsonyabb relatív klorofill tartalommal a zöld háló alatt termesztett növények levelei rendelkeztek. A 'Karpex' paprikánál a két legalacsonyabb értéket felmutató kezelés megcserélődött, a fehér hálót itt a zöld háló követte, és a legalacsonyabb relatív klorofill tartalommal a piros háló alatt nevelt paprikák rendelkeztek. A legmagasabb relatív klorofill tartalmat az utolsó mérési időpontban, augusztus 18-án mértük mindkét fajtánál, a kontroll esetében.

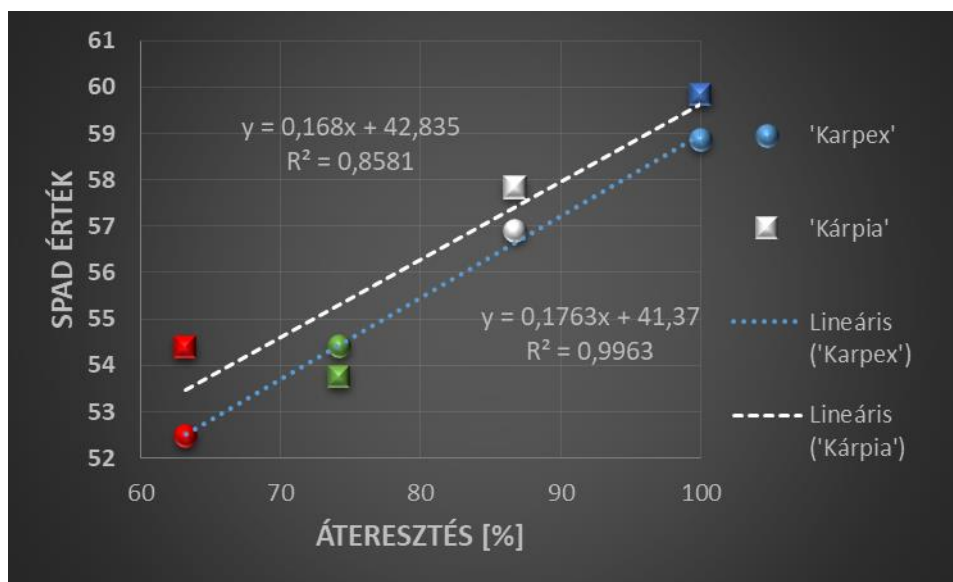


26. **ábra.** A 2015-ös év során felül a 'Kárpia' és alul a 'Karpex' paprika hajtásában mért átlagos SPAD értékeinek alakulása a különböző kezelések hatására.

2015-ben az egész tenyészidőszak során tudtunk adatot felvenni a HOBO 64K felfüggeszthető fényintenzitás-mérővel a 200 és 1200 nm közé eső fény spektrumból. A 'Karpex' paprikánál sikerült szignifikánsan erős pozitív irányú kapcsolatot találnunk ( $p=0,002$ ;  $R=0,998$ ) az átérésztés mértéke és a SPAD érték között (27. ábra). Minél jobban átérésztették a fényt az árnyékoló hálók, annál magasabb volt a növények leveleinek relatív klorofill tartalma. Ezzel összhangban állnak LEGARREA és munkatársai (2010), DÍAZ-PÉREZ és munkatársai

(2013), JANG és munkatársai (2014) valamint OMBÓDI és munkatársai (2015) által publikált eredmények. Ezek alapján a növekvő fotoszintetikusan aktív sugárzás (PAR) szignifikánsan magasabb klorofill tartalommal járt együtt paprika állományt vizsgálva. A 'Kárpia' paprikánál nem találtunk szignifikáns összefüggést  $p=0,074$ ;  $R=0,926$ .

A SPAD értékek és a termésmennyiség között 2015-ben nem találtunk összefüggést.



27. **ábra.** A 2015-ös év során négyzettel jelölve a 'Kárpia' és körrel jelölve a 'Karpex' paprika hajtatasban mért átlagos SPAD értékei és a hálók fényáteresztésének összefüggése (n=4).

### 4.3 A termés mennyisége és a külső minőségi paraméterek értékelése

#### 4.3.1 Termésmennyiség

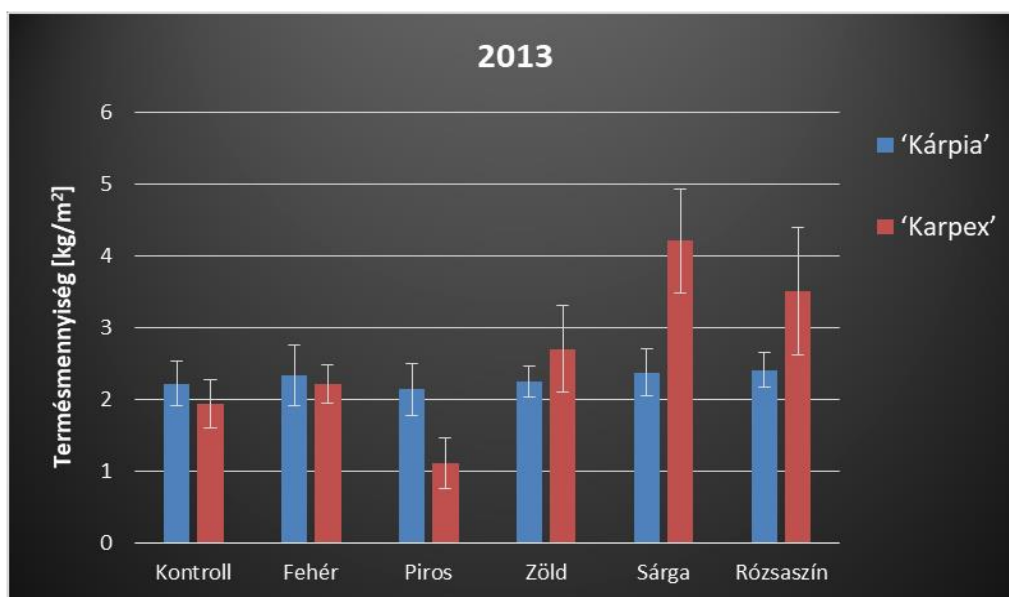
Egy adott év átlagos termésmennyiségét minden esetben úgy számoltuk ki, hogy a szedések alkalmával mért, egy négyzetméterre vetített piacképes bogyók átlagos tömeget (kg) kezelésként összeadtuk.

#### 2013

##### Szabadföld

2013-ban az első szedést augusztus 28-ra, a második szedést október 1-re ütemeztük. Október másodikára ugyan kis valószínűséggel, de fagyot jósoltak, így jobbnak láttuk mindenképpen elsején leszedni a paprika bogyókat. Ez jó döntésnek bizonyult, mert másnap elfagytak a

paprikatövek, rajtuk a még zöld termésekkel. Mivel a paprikák jóval korábban elfogytak, mint ahogy az addigi időjárás engedni következtette volna, a tervezett utószedések is elmaradtak ebben az évben, így jóval kevesebb paprikát sikerült betakarítanunk, mint terveztük. Ez a korai fagy relatív alacsony termésmennyiséget eredményezett. 2013-ban a legtöbb ‘Kárpia’ paprikát, 2,4 kg/m<sup>2</sup>-t a rózsaszín háló alatt takarítottunk be, a legkevesebbet pedig a piros háló alatt, 2,1 kg-ot négyzetméterenként (28. ábra). A ‘Karpex’ paprikánál nem volt ennyire kiegyenlített a termésmennyiség, a sárga háló alatt a többi kezeléshez képest kiemelkedő mennyiséget, átlagosan 4,2 kg/m<sup>2</sup> paprikát takarítottunk be, míg a piros háló alatt csupán átlagosan 1,1 kg/m<sup>2</sup>-t. ELAD és munkatársai (2007) hasonlóan alacsony termésmennyiséget írtak le, 3,4 kg/m<sup>2</sup> paprikát takarítottak be összesen a takaratlan állományban. ILIĆ munkatársaival (2011) szabadföldön 4 kg/m<sup>2</sup> termésmennyiségről számolt be. Az általunk mért legkisebb értékhez DIAZ-PEREZ (2014) és munkatársai által leírt mennyiség hasonló mértékű, nem éri el a 2 kg/m<sup>2</sup>-t a szabadföldön termesztett paprikaállomány termésmennyisége.



28. **ábra.** A 2013-as év során betakarított átlagos termésmennyiség [kg/m<sup>2</sup>] és szórás a ‘Kárpia’ és a ‘Karpex’ fajtáknál kezelésenként. (n=4)

2013-ban mindkét fajta esetében két tényezős varianciaanalízissel külön-külön vizsgáltuk a szedések és a takaróhálók hatását a termésmennyiségre. Az egyes kezelések és szedések átlag és szórás értékeit és a Tukey-féle post-hoc teszt eredményeit (kis és nagybetűk) a 11. táblázat tartalmazza mindkét fajtánál. A ‘Kárpia’ paprikánál nem találtunk szignifikáns interakciót ( $F_{(5,24)}=1,238$ ;  $p=0,322$ ) a két szempont szerinti elemzés során, így a két hatást külön-külön tudtuk értékelni. Az első szedésnél szignifikánsan magasabb volt az átlag termésmennyiség, mint



amit a másodiknál tapasztalhattunk ( $F_{(1,24)} = 154,464$ ;  $p < 0,001$ ). A kontroll kivételével mindegyik kezelésnél a második szedés legalább harmad annyival volt kevesebb, mint amit az első szedésnél sikerült betakarítani. A hálók statisztikai szempontból nem befolyásolták a ‘Kárpia’ paprika átlagos termésmennyiségét ( $F_{(5,24)} = 0,142$ ;  $p = 0,981$ ).

Ezzel szemben a ‘Karpex’ paprikánál volt különbség az egyes kezelések között ( $F_{(5,24)} = 3,010$ ,  $p = 0,03$ ). A sárga háló alatt szignifikánsan magasabb volt az átlagos termés mennyiség, mint a kontroll kezelésnél mindkét szedés esetében, viszont a többi esetben nem találtunk különbséget az árnyékoló és az árnyékolatlan paprikák termésmennyisége között. Ennél a paprikánál is, minden egyes kezelésnél az első szedés bizonyult jobbnak ( $F_{(1,24)} = 21,035$ ,  $p < 0,001$ ). A kontroll, a fehér és a piros hálós kezeléseknél az első szedés folyamán több, mint kétszeres termésmennyiséget sikerült betakarítani, mint a második szedésnél.

**11. táblázat.** A szedési idő és az árnyékoló hálók hatása a piacképes paprika termésmennyiségének átlagértékeire és azok szórása 2013-ban szabadföldön. (n=4)

Fajta	Szedési időpont	Termésmennyiség [kg/m <sup>2</sup> ]					
		Kontroll	Fehér háló	Piros háló	Zöld háló	Sárga háló	Rózsaszín háló
‘Kárpia’	1. szedés	1,55±0,42 Ba	1,75±0,56 Ba	1,88±0,48 Ba	1,81±0,22 Ba	1,98±0,39 Ba	2,03±0,28 Ba
	2. szedés	0,66±0,21 Aa	0,58±0,29 Aa	0,25±0,24 Aa	0,43±0,21 Aa	0,39±0,27 Aa	0,38±0,22 Aa
‘Karpex’	1. szedés	1,31±0,48 Ba	1,64±0,42 Bab	2,07±0,3 Bab	1,77±0,78 Bab	2,54±0,56 Bb	2,1±0,97 Bab
	2. szedés	0,62±0,2 Aa	0,57±0,1 Aab	0,8±0,41 Aab	0,93±0,43 Aab	1,66±0,89 Ab	1,41±0,81 Aab

A Tukey HSD post-hoc teszt eredményei alapján az azonos nagybetűvel jelölt értékek oszlopon belül a szedési idő vonatkozásában, és az azonos kisbetűvel jelölt értékek soron belül az árnyékolás vonatkozásában nem térnek el egymástól 5 %-os szignifikancia szinten.

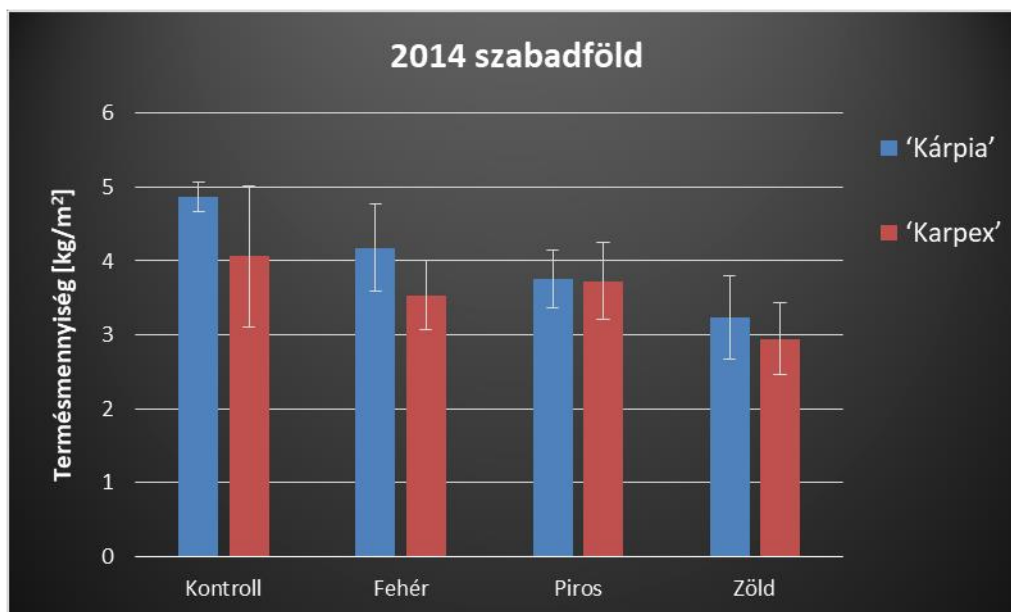
## 2014

### **Szabadföld**

Míg 2013-ban csak két olyan kezelés volt, a sárga és a rózsaszín hálós a ‘Karpex’ paprikánál (2014-ben már ez a két háló nem volt a kezelések között), ahol 3 kg/m<sup>2</sup>-nél több volt az átlagos termésmennyiség, addig a 2014-es évben egy kezelés kivételével (‘Karpex’ paprikánál a zöld háló) mindegyik meghaladta a 3 kg/m<sup>2</sup>-t.

2014-ben szabadföldön a termésmennyiséget nézve a ‘Kárpia’ paprika jobban szerepelt, mint a ‘Karpex’ (29. ábra). A kezelések közül a kontrollban sikerült a legtöbb paprikát betakarítani, 4,9 kg-ot négyzetméterenként a ‘Kárpia’ paprikából, a legkevesebbet a zöld háló

alatt, 2,9 kg/m<sup>2</sup>-t a 'Karpex' paprikából. Az egész éves termésmennyiséget nézve elmondhatjuk, hogy mindkét fajta esetében a kontroll kezelés eredményezte a legmagasabb termésmennyiséget, a legkevesebbet pedig a zöld árnyékoló hálós kezelés. Ez egybehangzik LEDÓNÉ (2011) vizsgálataival, megállapították, hogy a zöld árnyékoló háló átlagosan 20-25%-os hozamcsökkenést okoz a takaratlan kontroll állományhoz képest.



29. **ábra.** A 2014-es év során betakarított átlagos termésmennyiség és szórás szabadföldön [kg/m<sup>2</sup>] a 'Kárpia' és a 'Karpex' fajtáknál kezelésenként. (n=4)

Szedésenként külön-külön statisztikailag vizsgálva (12. táblázat), a 'Kárpia' paprikánál ebben az évben is az első szedés során értünk el magasabb termésmennyiséget, mint a második szedésnél ( $F_{(1,24)}=56,367$ ;  $p<0,001$ ). Ahogy az várható volt, a kezelések között is mutatkozott szignifikáns különbség, a kontroll jobban szerepelt, mint a zöld háló ( $F_{(3,24)}=3,908$ ,  $p=0,021$ ).

A 'Karpex' paprikánál a szedési idő és a kezelések között fellépő interakció szignifikáns volt ( $F_{(3,24)}=4,229$ ;  $p=0,016$ ). A páronkénti összehasonlítás arra enged következtetni, hogy itt is az első szedés eredményezte a magasabb termésmennyiséget, viszont a kezelések között nem volt különbség.

**12. táblázat.** A szedési idő és az árnyékoló hálók hatása a piacképes paprika termésmennyiségének átlagértékeire és azok szórása 2014-ben szabadföldön. (n=4)

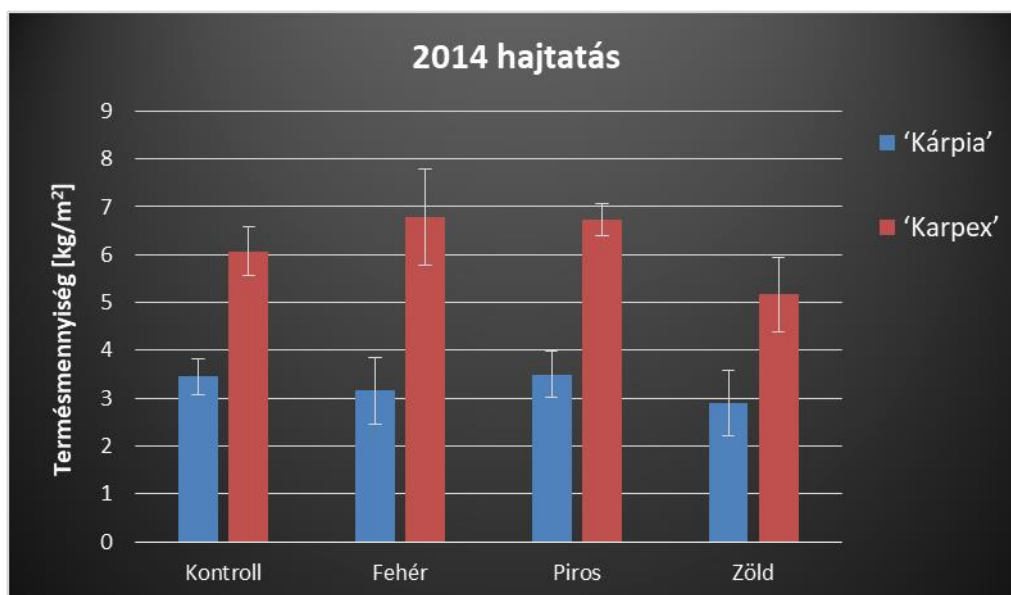
Termésmennyiség [kg/m <sup>2</sup> ]					
Fajta	Szedési időpont	Kontroll	Fehér háló	Piros háló	Zöld háló
'Kárpia'	1. szedés	2,87±0,26 Bb	2,76±0,32 Bab	2,57±0,22 Bab	2,44±0,34 Ba
	2. szedés	2,0±0,56 Ab	1,42±0,89 Aab	1,18±0,41 Aab	0,79±0,59 Aa
'Karpex'	1. szedés	2,26±0,7 Ba	2,96±0,3 Ba	3,14±0,69 Ba	2,51±0,47 Ba
	2. szedés	1,8±1,2 Aa	0,58±0,65 Aa	0,59±0,34 Aa	0,43±0,5 Aa

A Tukey HSD post-hoc teszt eredményei alapján az azonos nagybetűvel jelölt értékek oszlopon belül a szedési idő vonatkozásában, és az azonos kisbetűvel jelölt értékek soron belül az árnyékolás vonatkozásában nem térnek el egymástól 5 %-os szignifikancia szinten.

## 2014

### Hajtatás

Ugyan ebben az évben hajtatásban három alkalommal tudtuk megszedni a paprikát, és elemezni az adatokat. Ahogyan a 30. ábra is mutatja, hajtatásban a 'Karpex' paprika átlagos termésmennyisége, a zöld hálós kivételével, mindegyik kezelésnél legalább a duplája volt, mint a 'Kárpia' paprikáé. A legmagasabb átlagos termésmennyiséget, 6,9 kg/m<sup>2</sup>-t a fehér háló alatt takarítottuk be. A legkevesebbet a 'Kárpia' paprika zöld hálós kezelésénél, 2,9 kg/m<sup>2</sup>-t. OMBÓDI (2015) és munkatársai ugyancsak fólia borítású növényházban 'Kárpia' és 'Karpex' paprikák termésmennyiségét vizsgálták. Kísérleteik során a 'Karpex' paprika termésmennyisége hasonló nagyságrendben, 6,1 és 8,2 kg/m<sup>2</sup> között mozgott, a 'Kárpia' paprikáé viszont magasabb volt az általunk mértnél: 5,7 és 7,1 kg/m<sup>2</sup> közötti értékekről számoltak be.



30. **ábra.** A 2014-es év során betakarított átlagos termésmennyiség és szórás hajtatásban [kg/m<sup>2</sup>] a 'Kárpia' és a 'Karpex' fajtáknál kezelésenként. (n=4)

A statisztikai elemzés során (13. táblázat) a 'Kárpia' paprikánál a három szedési időpont közül megint csak az első szedés bizonyult a legjobbnak ( $F_{(2,36)} = 47,276$ ;  $p < 0,001$ ), a kezelések között viszont nem volt statisztikailag kimutatható különbség ( $F_{(3,36)} = 0,574$ ;  $p = 0,636$ ).

A 'Karpex' paprikánál ugyancsak az első szedés hozta a legnagyobb termésmennyiséget ( $F_{(2,36)} = 13217$ ;  $p < 0,001$ ), és itt sem volt különbség a kezelések között ( $F_{(3,36)} = 1,744$ ;  $p = 0,175$ ).

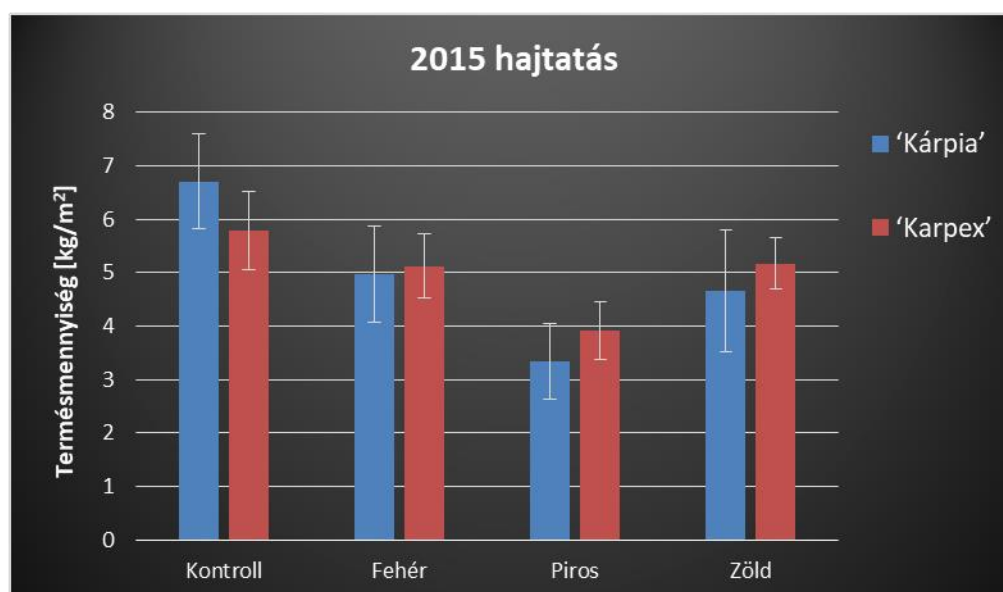
13. **táblázat.** A szedési idő és az árnyékoló hálók hatása a piacképes paprika termésmennyiségének átlagértékeire és azok szórása hajtatásban, a 2014-es évben. (n=4)

Termésmennyiség [kg/m <sup>2</sup> ]					
Fajta	Szedési időpont	Kontroll	Fehér háló	Piros háló	Zöld háló
'Kárpia'	1. szedés	2,13±0,08 Ba	1,76±0,41 Ba	1,99±0,64 Ba	1,83±0,5 Ba
	2. szedés	0,22±0,33 Aa	0,99±0,76 Aa	0,71±0,14 Aa	0,6±0,63 Aa
	3. szedés	1,1±0,33 Aa	0,42±0,21 Aa	0,8±0,19 Aa	0,48±0,23 Aa
'Karpex'	1. szedés	2,98±0,35 Ba	2,59±1,04 Ba	3,03±0,33 Ba	2,28±0,68 Ba
	2. szedés	1,38±0,96 Aa	2,44±0,75 Aa	2,12±0,69 Aa	1,78±0,65 Aa
	3. szedés	1,72±0,34 Aa	1,76±0,69 Aa	1,59±0,55 Aa	1,1±0,42 Aa

A Tukey HSD post-hoc teszt eredményei alapján az azonos nagybetűvel jelölt értékek oszlopon belül a szedési idő vonatkozásában, és az azonos kisbetűvel jelölt értékek soron belül az árnyékolás vonatkozásában nem térnek el egymástól 5 %-os szignifikancia szinten.

**2015**

A 2015-ös évben három alkalommal történt szedés a kijelölt tövekről (31. ábra). A 'Kárpia' paprikában a kontroll alatt  $6,7 \text{ kg/m}^2$  volt a termésmennyiség, ezt a fehér hálós kezelés követte  $5 \text{ kg/m}^2$ -rel, majd a zöld hálós kezelés  $4,7 \text{ kg/m}^2$ -rel. A legkevesebb termés a piros hálós kezelésnél volt,  $3,3 \text{ kg/m}^2$ . A 'Karpex' paprika termésmennyisége itt is, mint a 'Kárpia' paprikánál, a kontroll esetében volt a legmagasabb,  $5,8 \text{ kg/m}^2$ . A zöld háló  $5,2 \text{ kg/m}^2$ -es termésmennyiséggel lett a második legjobb bár nem sokkal, mivel a fehér háló termésátlaga csak  $0,1 \text{ kg/m}^2$ -rel volt kevesebb,  $5,1 \text{ kg/m}^2$ . A 'Karpex' paprikánál is a piros hálós kezelés hozta a legalacsonyabb termésmennyiséget,  $3,9 \text{ kg/m}^2$ -t.



31. **ábra.** A 2015-es év során betakarított átlagos termésmennyiség és szórás hajtásban [ $\text{kg/m}^2$ ] a 'Kárpia' és a 'Karpex' fajtáknál kezelésenként. ( $n=4$ )

A 'Kárpia' paprika termésmennyiségét a szedési időpont ( $F_{(2,36)} = 9,735$ ;  $p < 0,001$ ), és az árnyékoló hálók ( $F_{(3,36)} = 5,993$ ;  $p < 0,01$ ) is befolyásolták, statisztikai különbség volt kimutatható a szedések és a kezelések között is (14. táblázat). A három szedés közül egyértelműen az első szedés bizonyult a legjobbnak, szignifikánsan magasabb volt itt a termésátlag, mint a második vagy a harmadik szedésnél. A kezelések közül a kontroll és a piros háló mutatott szignifikáns különbséget. A kontroll, a fehér és a zöld hálós kezelések között nem volt eltérés.

A 'Karpex' paprika esetében viszont a szedési idő és az árnyékoló hálók között fellépő szignifikáns interakció gyakorolt hatást a termésmennyiségre ( $F_{(6,36)} = 3,123$ ;  $p = 0,014$ ). A post-

hoc teszt alapján mind a három szedés elvált egymástól. Az első szedés során volt a legmagasabb a termésmennyiség, ezt a harmadik követte, majd a másodiknál volt a legalacsonyabb. A szedések szignifikánsan eltértek egymástól a termésmennyiség tekintetében. Az első szedésnél a kontroll állományban mértük a legmagasabb termésmennyiséget, átlagosan  $2,41 \pm 0,41 \text{ kg/m}^2$ -t. A legkisebb termésmennyiséget a piros hálós kezelés adta a második szedés során. A ‘Karpex’ paprika ugyanúgy viselkedett a kezelések hatására, a piros háló szignifikánsan alacsonyabb terméshozamot eredményezett, a zöld és a fehér háló viszont nem vált el se a kontrolltól se a piros hálótól.

**14. táblázat.** A szedési idő és az árnyékoló hálók hatása a termésmennyiség átlag és szórás értékeire 2015-ben hajtásban. (n=4)

Termésmennyiség [kg/m <sup>2</sup> ]					
Fajta	Szedési időpont	Kontroll	Fehér háló	Piros háló	Zöld háló
‘Kárpia’	1. szedés	3,11±0,9 Bb	1,95±0,58 Bab	1,41±0,5 Ba	2,28±0,9 Bab
	2. szedés	1,47±0,56 Ab	1,27±0,36 Aab	0,99±0,41 Aa	0,97±0,33 Aab
	3. szedés	2,13±0,31 Ab	1,76±0,86 Aa	0,94±0,51 Aa	1,4±1,06 Aa
‘Karpex’	1. szedés	3,57±0,4 Cb	2,78±0,51 Cab	3,01±0,56 Ca	3,19±0,33 Cab
	2. szedés	0,8±0,43 Ab	0,32±0,27 Aab	0,18±0,22 Aa	0,48±0,2 Aab
	3. szedés	1,42±0,62 Bb	2,02±0,42 Bab	0,72±0,31 Ba	1,51±0,44 Bab

A Tukey HSD post-hoc teszt eredményei alapján az azonos nagybetűvel jelölt értékek oszlopon belül a szedési idő vonatkozásában, és az azonos kisbetűvel jelölt értékek soron belül az árnyékolás vonatkozásában nem térnek el egymástól 5 %-os szignifikancia szinten.

#### A kísérletek eredményeinek összetevése

A kezelések közül egyedül a sárga háló gyakorolt szignifikánsan pozitív hatást a termésmennyiségre a ‘Karpex’ paprikánál. Ezzel szemben ELAD és munkatársai (2007) mindegyik takaróháló (fehér, fekete 25% ÁF, fekete, piros, kék, kék-ezüst, ezüst 40% ÁF) alatt szignifikánsan magasabb termésmennyiséget mértek, mint a takaratlan kontroll állománynál. A PAR tartományban mért besugárzást nézve (7. táblázat) láthatjuk, hogy több olyan alkalom volt, ahol a hálók közül a sárga háló fényáteresztése volt a legmagasabb. Ez a 17,7 %-os árnyékolási faktor kedvezőnek bizonyult a 2013-as besugárzási viszonyok mellett. A rózsaszín háló (15,7 % ÁF) alatt volt átlagosan a legtöbb paprikatermés a sárga háló után. A legalacsonyabb termésmennyiséget a legkevesebb fényt áteresztő háló, a piros (37,28 % ÁF) adta. Ezt

alátámasztja OMBÓDI és munkatársai (2015) megállapítása, miszerint az árnyékolás mértékének növelésével csökken a termésmennyiség. Ezt árnyalja DIAZ-PEREZ (2014) megállapítása, miszerint az árnyékolás mértéke és a termésmennyiség alakulásának kapcsolata nem feltétlenül lineáris. 2100  $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$  dél időben mért besugárzás mellett 30%-os árnyékolási faktorial érték el a legmagasabb hozamot. A takaratlan kontrollhoz képest 34% hozamnövekedést értek el, innen az árnyékolás mértékének növelésével ők is alacsonyabb termésmennyiségeket írtak le. A zöld színű háló a 2014-es évben a legalacsonyabb termésmennyiséget eredményezte minden esetben, bár szignifikánsan csak szabadföldön a 'Kárpia' paprikánál mértünk a kontrollnál alacsonyabb értéket. Ennek oka, hogy a zöld színű hálók fényelnyelése és a fotoszintetikus pigmentek (klorofill-a és klorofill-b) fényelnyelési maximuma szinte teljes átfedésben van, így a növényi asszimiláták képzése akadályozott (SZUVANDZSIEV et al. 2015 a). A 2015-ös évben a piros háló volt az, mely mindkét fajta esetén szignifikánsan alacsonyabb termésmennyiséget okozott, mint a kontroll. A piros háló és a duplafalú fólia eresztette át a legkevesebb fényt, 31,4 %-ot, (10. táblázat) azaz ez a kezelés ténylegesen 68.6 %-os árnyékolást eredményezett. A dupla falú fólia önmagában (kontroll) 44%-os árnyékolást biztosított. Ezt alátámasztja LEKALA és munkatársai (2019) által végzett kísérlet is, ahol a polietilén fólia plusz a fehér hálós (40%-os ÁF) kezelés nemhogy növelte volna, hanem a 11 kísérletbe bevont genotípus közül egy esetben még szignifikánsan csökkentette is a termésmennyiséget.

A két fajta termésmennyiségének vizsgálatához páros t-próbát alkalmaztunk. 2013-ban a sárga hálónál és 2014-ben hajtásban az összes kezelésnél szignifikánsan magasabb termésmennyisége volt a 'Karpex' paprikának, mint a 'Kárpia' paprikának. A 'Kárpia' paprika egyik kezelésnél sem mutatott szignifikánsan jobb eredményt, mint a 'Karpex' termésmennyiség szempontjából (Függelék 1. táblázat). Ez egyezik Ombódi és munkatársai (2015) eredményével, ők is magasabb termésmennyiséget tapasztaltak a 'Karpex' paprikánál, mint a 'Kárpia' paprikánál.

A két termesztési technológia, azaz a szabadföldi termesztés és a hajtás összehasonlítását független mintás t-próbával végeztük. A t-próba eredménye alapján ( $t_{326}=-3,26$ ;  $p=0,745$ ) a termesztési módban nincs különbség. Ennek oka az lehet, hogy a hajtás előnyeit nem tudtuk kihasználni a túlzott árnyékolás miatt.

Az évjárat hatását a termésmennyiségre többtényezős varianciaanalízissel vizsgáltuk, mely szignifikáns eltérést mutatott ( $F_{(328,3)}=4,508$ ;  $p=0,004$ ). A post-hoc teszt alapján, szabadföldön a 2013-as év szignifikánsan kisebb termésmennyiséggel rendelkezett, mint a 2014-es év. Hajtásban nem volt különbség a két év termésmennyisége között.

### **4.3.2 Termésminőség**

A friss állapotban való fogyasztásra szánt paprika minőség szerinti osztályozását a Bizottság 543/2011/EU végrehajtási rendelete (HTTP 15.) szerint szabályozzák hazánkban. Ez a rendelet leírja, az osztályozási szempontokat, valamint kitér a minőségi hibákra és definiálja az egyöntetűség fogalmát is. A bogyóméret egyöntetűnek számít, amennyiben a bogyó tömegek közötti különbség nem haladja meg a 30 g-ot, 180 g-os vagy ennél kisebb paprika esetében. A rendelet napégésre vonatkozó előírása, hogy amennyiben a napégés nem haladja meg az 1 cm<sup>2</sup> területet, a paprika még besorolható az I. minőségi osztályba. II. kategóriás a paprika, amennyiben 2,5 cm<sup>2</sup>-nyi napégett, vagy annál kisebb terület károsodott. A repedések vonatkozásában az I. minőségi kategóriába sorolható a paprika, amennyiben a száraz felületi repedések csak a paprika bogyó 1/8-át érintik. Ha a paprika teljes felületének ¼ részén vannak száraz repedések, a II. kategóriába még besorolható.

Kísérleteink célja többek között az volt, hogy ajánlást tudjunk tenni a gazdálkodók számára, melyik árnyékoló hálót érdemes alkalmazniuk a minőség és egyöntetűség érdekében. Így nagy hangsúlyt fektettünk a paprika bogyók minőségi besorolására. Az első kísérleti évben szedéskor a paprika bogyókat külön „piacképes” (azaz teljesen ép), „napégett”, és „betegséggel fertőzött” minőségi kategóriákra osztottuk. A második kísérleti évtől a repedt paprikabogyók megjelenése miatt ezt a kategóriát is be kellett vezetnünk.

#### **Szabadföld**

##### **2013**

A bogyók átlagtömegének statisztikai elemzésekor csak a piacképes bogyókat vettük figyelembe, mivel a napégés vagy egy megbetegedés jelenős eltéréseket okozhat a bogyók tömegében az ép bogyókhöz viszonyítva, hiszen ennél a két kategóriánál drasztikus lehet a bogyó nedvességtartalmának, és a bogyó méretének csökkenése.

A ‘Kárpia’ paprikánál az összes kezelést figyelembe véve az első szedésnél 82,4±8,7 g volt az ép bogyók átlagos tömege, a második szedésnél pedig csupán 68,1±15,4 g. A bogyók átlagtömege az első szedés esetében szignifikánsan magasabb volt, mint amit a második szedésnél tapasztaltunk ( $F_{(1,24)}=9,225$   $p=0,006$ ). A második szedésnél a szórás, azaz az átlag értékek közötti különbségek is megnövekedtek, tehát a második szedésnél a bogyók átlagos tömege kevésbé volt egyöntetű, mint az első szedés alkalmával. A hálók között a bogyók átlagtömegének szempontjából szignifikáns eltérést nem mutattunk ki ( $F_{(5,24)}=0,382$ ;  $p=0,856$ ). Ennek ellenére mégis kiemelném, hogy a piros háló alatt a második szedésnél egyáltalán nem



tudtunk bogyót szedni az utolsó mintánkhoz tartozó 4 tövünkön. Ilyen esetekben a félrevezetés elkerülése végett a bogyók átlagos tömegét és szórását korrigálva, a nulla értéket kihagyva kalkuláltam.

A 'Karpex' paprika átlagtömegét vizsgálva nem volt statisztikai különbség sem a szedések ( $F_{(1,24)}=0,096$ ;  $p<0,760$ ), sem a hálók között. ( $F_{(5,24)}=0,603$ ;  $p=0,698$ ). Az első szedés során  $97,1\pm 8,1$  g, a második szedéskor  $98,3\pm 13,1$  g volt a paprika bogyók átlagos tömege. Az átlagos bogyótömeg  $84,4\pm 21,2$  g-tól (fehér háló, első szedés) egészen  $109\pm 40,2$  g-ig (piros háló, első szedés) terjedt, körülbelül akkora skálán, mint amit a 'Kárpia' paprikánál tapasztalhattunk, bár ez a skála 22,5 g-mal volt eltolva a 'Karpex' paprika javára. Mindkét fajtánál a statisztikai elemzés eredményeit, valamint az egyes kezelések és szedések átlag és szórás értékeit a 15. táblázat tartalmazza.

**15. táblázat.** A szedési idő és az árnyékoló hálók hatása a piacképes paprika átlagos bogyótömegére és szórás értékeire 2013-ban szabadföldön. (n=4)

Bogyó átlagtömeg [g]							
Fajta	Szedési időpont	Kontroll	Fehér háló	Piros háló	Zöld háló	Sárga háló	Rózsaszín háló
'Kárpia'	1. szedés	87,8±15,7 Ba	82,58±6,42 Ba	85,71±5,15 Ba	79,31±11,38 Ba	72,39±8,11 Ba	86,6±5,62 Ba
	2. szedés	67,56±26,77 Aa	67,11±21,19 Aa	68,75±8,84 Aa	63,33±4,41 Aa	72,78±12,51 Aa	68,89±18,95 Aa
'Karpex'	1. szedés	89,33±9,29 Aa	84,44±8,91 Aa	109±5,12 Aa	101,94±10,34 Aa	97,95±9,36 Aa	99,94±5,25 Aa
	2. szedés	93,5±19,35 Aa	105±18,03 Aa	91,86±3,22 Aa	100±7,5 Aa	100,64±8,66 Aa	99,03±21,67 Aa

A Tukey HSD post-hoc teszt eredményei alapján az azonos nagybetűvel jelölt értékek oszlopon belül a szedési idő vonatkozásában, és az azonos kisbetűvel jelölt értékek soron belül az árnyékolás vonatkozásában nem térnek el egymástól 5 %-os szignifikancia szinten.

Mindkét fajtánál az első szedés során a bogyók egyöntetűek voltak (nem volt 30 g-nál nagyobb eltérés a kezeléseken belül), a második szedésnél viszont a bogyók átlagtömege közötti különbség a 'Kárpia' és 'Karpex' paprikáknál a fehér és a rózsaszín hálós, valamint a kontroll kezeléseknél meghaladta a 30 g-ot, tehát a rendelet alapján, szabadföldön ezek a kezelések nem adtak egyöntetű termést.

A 'Kárpia' paprika bogyókon az első szedés során szinte minden kezelésnél talákoztunk napégett bogyókkal, kivéve a zöld hálónál. Ennél a szedésnél tövenként a bogyók 9,7 % volt napégett. A 'Karpex' paprika első szedésénél szintén voltak napégett bogyók, a legtöbb a kontroll állományánál. A piros és a zöld hálók alatt nem találtunk. Ezeknél a hálóknál volt az

árnyékolás mértéke a legmagasabb. Ebben a paprikában tövenként a bogyók 10,6 % volt napégett. Egyik fajtánál sem voltak napégett bogyók a második szedés során.

A száraz repedések a bogyók felületén ebben az évben nem voltak jellemzőek, egy-egy esetben voltak csak jelen, de olyan kis mértékben, hogy szabad szemmel alig voltak észrevehetőek, így a piacképes ép kategóriába soroltuk ezeket a paprikákat.

## 2014

Szabadföldön 2014-ben a 'Kárpia' fajtánál a piacképes paprikák átlagtömege  $101,2 \pm 13,4$  g volt, ami jóval magasabb, mint 2013-ban, amikor  $75,2 \pm 12,1$  g volt az átlagos tömeg az összes kezelést nézve. Szedésenként szétbontva az első szedésnél  $100,2 \pm 6,5$  g, a második szedésnél  $102,2 \pm 20,4$  g volt az átlagos bogyótömeg. Magától értetődően, nem is találunk statisztikailag különbséget az első és második szedés között ( $F_{(1,24)} = 1,674$ ;  $p = 0,208$ ). A kezelések között ugyancsak nem volt különbség ( $F_{(3,24)} = 0,336$ ,  $p = 0,799$ ). A statisztikai elemzés eredményeit, valamint a szedések átlag és szórás értékeit a kezelésként a 16. táblázat tartalmazza mindkét fajtánál.

A 'Karpex' paprikánál az átlagos bogyótömeg  $106,2 \pm 14,7$  g volt, amely méret nem sokkal több, főleg ha a szórást nézzük, mint a 2013-ban mért  $97,7 \pm 10,1$  g. Az első szedés  $124,9 \pm 12$  g-mal szignifikánsan nehezebb bogyókat eredményezett, mint a második  $87,4 \pm 17,3$  g-mal ( $F_{(1,24)} = 29,714$ ;  $p < 0,001$ ). A kezelések alapján viszont a bogyók átlagtömegében nem tudunk különbséget tenni ( $F_{(3,24)} = 0,682$ ,  $p = 0,572$ ).

**16. táblázat.** A szedési idő és az árnyékoló hálók hatása a piacképes paprika átlagos bogyótömegére átlag és szórás értékeire 2014-ben szabadföldön. (n=4)

Bogyó átlagtömeg [g]					
Fajta	Szedési időpont	Kontroll	Fehér háló	Piros háló	Zöld háló
'Kárpia'	1. szedés	$100,95 \pm 5,68$ Aa	$103,92 \pm 5,72$ Aa	$102,43 \pm 8,93$ Aa	$93,52 \pm 5,58$ Aa
	2. szedés	$101,12 \pm 43,15$ Aa	$89,36 \pm 7,61$ Aa	$85,18 \pm 5,39$ Aa	$91,49 \pm 24,18$ Aa
'Karpex'	1. szedés	$123,78 \pm 21,94$ Ba	$131 \pm 8,85$ Ba	$129,14 \pm 10,61$ Ba	$115,6 \pm 6,61$ Ba
	2. szedés	$87,94 \pm 21,3$ Aa	$69,69 \pm 49,05$ Aa	$92,72 \pm 9,46$ Aa	$76,13 \pm 19,13$ Aa

A Tukey HSD post-hoc teszt eredményei alapján az azonos nagybetűvel jelölt értékek oszlopon belül a szedési idő vonatkozásában, és az azonos kisbetűvel jelölt értékek soron belül az árnyékolás vonatkozásában nem térnek el egymástól 5 %-os szignifikancia szinten.

Az első szedésnél a 'Kárpia' paprikák között nem volt olyan kezelés, ahol 30 g-nál nagyobb eltérés lett volna a bogyók átlagos tömege között. Viszont a második szedésnél a piros hálós kezelésnél több mint 90 g volt a bogyók közötti átlagos eltérés, a kontrollnál 50 g-nyi. A 'Karpex' paprikánál az első szedésnél a kontroll lépte át a rendeletben megszabott 30 g-ot, 42 g-mal, a második szedés során a piros háló kivételével mindegyik kezelés.

Napégett bogyókat ebben az évben is találtunk, de arányaiban már jóval kevesebbet, mint az előző évben (Függelék 2. ábra). Mindkét fajtánál az első szedésnél voltak napégett bogyók, a 'Kárpia' paprikánál csak a kontroll kezelésnél volt napégett bogyó, tövenként a bogyók 0,4 % volt napégett. A 'Karpex' paprikánál mindenhol volt napégett bogyó, tövenként a bogyók 8,5 % volt napégett.

Ebben az évben hosszanti irányú száraz repedések jelentek meg egyes paprikák felületén mindkét fajtánál, mindkét szedés alkalmával. Ez a jelenség magával hozta a „repedt” kategória bevezetését. A 'Kárpia' paprikánál az első szedésnél tövenként a bogyók 7,1 % volt repedt, a második szedésnél 3 %. Ennél a fajtánál az első szedés alkalmával mindegyik kezelésnél voltak repedt bogyók, a második szedésnél viszont csak a piros hálónál és a kontroll kezelésnél. A 'Karpex' paprikánál az első szedésnél tövenként a bogyók 9,0 % volt repedt, a második szedésnél 12,2 %.

## Hajtatás

Hajtatás során a 'Kárpia' paprikánál a piacképes paprikák átlagtömege  $106,2 \pm 15,2$  g volt, ami nagyjából megegyezett az ugyan ebben az évben termesztett szabadföldi 'Kárpia' paprika méretével. A második szedésnél szignifikánsan kisebb tömegű paprikákat sikerült betakarítanunk, mint amit az első vagy a harmadik szedésnél tapasztaltunk ( $F_{(2,36)} = 7,569$ ;  $p < 0,01$ ). Az első szedésnél az átlagos bogyótömeg  $118,3 \pm 8,9$  g volt, a második szedésnél  $97,3 \pm 25$  g-ra csökkent, a harmadik szedésnél viszont újra növekedett,  $103,6 \pm 10,9$  g az átlagos bogyó tömeg. A kezelések között nem volt eltérés ( $F_{(3,36)} = 1,030$ ;  $p = 0,391$ ). A statisztikai elemzés eredményeit, valamint az egyes kezelések és szedések átlag és szórás értékeit a 17. táblázat tartalmazza mindkét fajtánál.

A 'Karpex' paprikánál a harmadik szedésnél voltak szignifikánsan kisebbek a paprikák ( $F_{(2,36)} = 5,755$ ;  $p < 0,01$ ), átlagosan  $87 \pm 12,2$  g volt egy paprika bogyó, míg az első és második szedésnél  $110,9 \pm 9,4$  g és  $108,3 \pm 25,6$  g. Az átlagos bogyóméret az egész tenyészidőt nézve  $102 \pm 15,7$  g volt. Itt sem volt hatással egyik kezelés sem az átlagos bogyóméret alakulására ( $F_{(3,36)} = 0,129$ ;  $p = 0,942$ ).

**17. táblázat.** A szedési idő és az árnyékoló hálók hatása a piacképes paprika átlagos bogyótömegére átlag és szórás értékeire 2014-ben hajtásban. (n=4)

Bogyó átlagtömeg [g]					
Fajta	Szedési időpont	Kontroll	Fehér háló	Piros háló	Zöld háló
'Kárpia'	1. szedés	102,62±4,98 Ba	106,36±8,99 Ba	135,32±11,76 Ba	128,97±10,2 Ba
	2. szedés	46,06±53,19 Aa	92,15±34,63 Aa	99,08±41,74 Aa	79,38±56,9 Aa
	3. szedés	121,41±14,91 Ba	95,83±15,07 Ba	95,53±9,93 Ba	101,56±3,75 Ba
'Karpex'	1. szedés	105,56±13,46 Ba	109,39±11,39 Ba	114,35±2,77 Ba	114,13±10,05 Ba
	2. szedés	111,46±63,76 Ba	113,63±16,72 Ba	107,35±11,19 Ba	100,58±10,54 Ba
	3. szedés	79,28±11,62 Aa	87,21±7,45 Aa	89,38±21,13 Aa	92,17±8,56 Aa

A Tukey HSD post-hoc teszt eredményei alapján az azonos nagybetűvel jelölt értékek oszlopon belül a szedési idő vonatkozásában, és az azonos kisbetűvel jelölt értékek soron belül az árnyékolás vonatkozásában nem térnek el egymástól 5 %-os szignifikancia szinten.

Egyöntetű paprikákat, ahol nem volt 30 g-nál nagyobb eltérés a kezeléseken belül egyedül a 'Kárpia' paprika első szedésénél kaptunk.

Napégett bogyót a 'Kárpia' paprikánál az első két szedésnél találtunk, tövenként a bogyók 5,4 és 6,8 % volt napégett. Fontos megfigyelés, hogy az első szedésnél csak a kontroll kezelésnél voltak napégett bogyók. A második szedésnél pedig a kontrollnál és a piros hálós kezelésnél.

A 'Karpex' paprikánál az első szedésnél nem találtunk napégett bogyót, csak a második és harmadik szedésnél. A második szedésnél volt a legtöbb, tövenként a bogyók 8 % volt napégett, a harmadik szedésnél pedig 4,4 %. A kezeléseket tekintve a piros hálónál nem voltak napégett bogyók egyik szedésnél sem. Az első és második szedésnél nem találunk napégest a fehér háló alatt termesztett paprikatöveken.

Hajtásban mindegyik szedésnél voltak repedt bogyók, kivéve a 'Karpex' paprika első szedését. A 'Kárpia' paprika első szedésnél tövenként a bogyók 18,1 % volt repedt. A második szedésnél csak a piros hálós kezelésnél nem volt repedt bogyó, itt tövenként a bogyók 9,8 % volt repedt. A harmadik szedésnél viszonylag elhanyagolható volt a repedt bogyók mennyisége, tövenként a bogyók 3,4 %-a. A piros és zöld hálók alatt találunk repedt bogyókat. A 'Karpex' paprika második szedésénél minden kezelésnél voltak repedt bogyók, tövenként a bogyók 13,4 %-a. A harmadik szedésénél tövenként a bogyók 1,9 %-nál volt repedés megfigyelhető, a kontroll és a zöld hálós kezeléseknél nem volt repedt bogyó.

## 2015

2015-ben a 'Kárpia' paprikánál az átlagos paprika bogyótömege a szedéseket egyben tekintve  $78,5 \pm 8,2$  g volt, az első szedésnél  $113,4 \pm 10$  g, a második szedésnél ez  $79,7, \pm 6$  g-ra csökkent. A harmadik szedésnél  $42,4 \pm 8,6$  g volt az átlagos bogyótömeg. Szignifikánsan az első szedésnél volt a legmagasabb a paprikák bogyótömege. A második szedés pedig a harmadik szedésnél eredményezett szignifikánsan nagyobb bogyókat ( $F_{(2,36)} = 173,256$ ;  $p < 0,001$ ). A kezelések között nem volt eltérés ( $F_{(3,36)} = 1,485$ ;  $p = 0,235$ ). A statisztikai elemzés eredményeit valamint az egyes kezelések és szedések átlag és szórás értékeit a 18. táblázat tartalmazza mindkét fajtánál.

A 'Karpex' paprikánál az első szedésnél szignifikánsan nagyobbak voltak a bogyók, mint a második vagy harmadik szedésnél ( $F_{(2,36)} = 36,303$ ;  $p < 0,001$ ). Átlagosan  $134,5 \pm 9$  g volt egy paprika bogyó az első szedésnél, a második  $90,4 \pm 24,1$  g, a harmadiknál pedig  $53,7 \pm 8$  g volt az átlagos bogyóméret. Az egész tenyészidőt nézve az átlagos bogyóméret  $92,9 \pm 13,7$  g volt. A kezelések közül egyik sem gyakorolt hatást az átlagos bogyóméretre ( $F_{(3,36)} = 1,010$   $p = 0,40$ ).

**18. táblázat.** A szedési idő és az árnyékoló hálók hatása a piacképes paprika átlagos bogyótömegére átlag és szórás értékeire 2015-ben. ( $n=4$ )

Bogyó átlagtömeg [g]					
Fajta	Szedési időpont	Kontroll	Fehér háló	Piros háló	Zöld háló
'Kárpia'	1. szedés	$104,6 \pm 7,94$ Ca	$113,86 \pm 12,65$ Ca	$114,23 \pm 14,14$ Ca	$120,89 \pm 5,26$ Ca
	2. szedés	$76,41 \pm 5,26$ Ba	$75,02 \pm 4,08$ Ba	$89 \pm 6,6$ Ba	$93,81 \pm 7,8$ Ba
	3. szedés	$45,23 \pm 7,59$ Aa	$38,72 \pm 2,81$ Aa	$36,02 \pm 14,11$ Aa	$49,59 \pm 26,01$ Aa
'Karpex'	1. szedés	$129,99 \pm 7,84$ Ba	$124,84 \pm 12,8$ Ba	$136,49 \pm 7,6$ Ba	$146,64 \pm 7,75$ Ba
	2. szedés	$82,24 \pm 7,75$ Aa	$100,94 \pm 46,95$ Aa	$77,33 \pm 44,65$ Aa	$91,78 \pm 22,29$ Aa
	3. szedés	$49,91 \pm 10,78$ Aa	$46,39 \pm 5,48$ Aa	$63,83 \pm 9,33$ Aa	$54,82 \pm 6,59$ Aa

A Tukey HSD post-hoc teszt eredményei alapján az azonos nagybetűvel jelölt értékek oszlopon belül a szedési idő vonatkozásában, és az azonos kisbetűvel jelölt értékek soron belül az árnyékolás vonatkozásában nem térnek el egymástól 5 %-os szignifikancia szinten.

Egyöntetű paprikákat, ahol nem volt 30 g-nál nagyobb eltérés a kezeléseken belül egyedül a 'Kárpia' paprikánál a második szedésnél, a 'Karpex' paprikánál első és a harmadik szedésénél kaptunk.

Napégett bogyót a 'Kárpia' paprikánál minden szedésnél találtunk, bár számuk a 2013-as szabadföldi szedésnél tapasztaltakhoz képest csekély, az első és harmadik szedésnél tövenként a bogyók 1,8 és 1,0 % volt napégett, a második szedésnél tövenként a bogyók 6,2 %-a. Az első két szedésnél csak a kontroll és a fehér hálós kezeléseknél találtunk napégett bogyókat. A harmadik szedésnél pedig már csak a kontroll kezelésnél. A 'Karpex' paprikánál ugyancsak voltak napégett bogyók, az első szedésnél tövenként a bogyók 1,5 % volt napégett, itt csak a kontrollnál voltak napégett bogyók. A második szedésnél tövenként a bogyók 2,2 % volt napégett, csak a zöld hálós kezelésnél. A harmadik szedésnél már nem voltak napégés okozta szövetelhalásos tünetek a paprikákon.

Repedt bogyók a 2015-ös évben is voltak. A 'Kárpia' paprikánál csak a második szedés alkalmával találtunk, tövenként a bogyók 18,1 % volt repedt, és mindegyik kezelésnél megtalálhatóak voltak. A 'Karpex' paprikánál az első szedésnél tövenként a bogyók 10 % volt repedt. Mindegyik kezelésnél találtunk repedéseket egyes bogyók felületén. A második szedésnél tövenként a bogyók 10,2 % volt repedt. Ennél a szedésnél csak a zöld háló alatt nem voltak repedt bogyók.

#### **A kísérletek eredményeinek összevetése**

FERREIRA és munkatársai (2012) eredményeivel ellentétben nem találtunk szignifikáns különbséget a bogyók tömegében egyik kezelés hatására sem.

A két fajta átlagos bogyótömegének összehasonlításához páros t-próbát használtunk, mely szerint szignifikánsan nagyobb bogyók voltak a 'Karpex' paprikában, mint a 'Kárpia' paprikában, 2013-ban a piros, a sárga és a zöld hálós kezeléseknél, 2014-ben szabadföldön a piros hálós kezelésnél, és 2015-ben hajtásban a zöld hálós kezelésnél (Függelék 1. táblázat). A négy kísérlet adatait összegezve, a 'Kárpia' paprikában átlagosan az összes betakarított bogyó 86,08 %-a volt piacképes, 2,86 %-a napégett, 5,14 %-a beteg és 7,9 %-a repedt. A 'Karpex' paprikában 83,39 % volt piacképes, 3,69 %-a napégett, 9,5 %-a beteg és 4,5 %-a repedt.

A hajtás és a szabadföldi termesztés átlagos bogyóméretre gyakorolt hatásának vizsgálatához független mintás t-próbát alkalmaztunk. A szórás homogenitás nem teljesült, ezért a Welch-próbát használtuk ( $d_{326}=0,014$ ;  $p=0,989$ ), a különbség nem volt szignifikáns, a bogyóméret szempontjából a termesztési mód nem volt meghatározó.

Az évjárat hatását az átlagos bogyóméretre többtényezős varianciaanalízissel vizsgáltuk, mely szignifikáns eltérést mutatott ( $F_{(328,3)}=8,498$ ;  $p<0,001$ ). A post-hoc teszt alapján, a 2013-as

és a 2015-ös év szignifikánsan kisebb bogyótömeggel rendelkezett, mint a 2014-es évben a szabadföldi vagy a hajtatasos kísérlet.

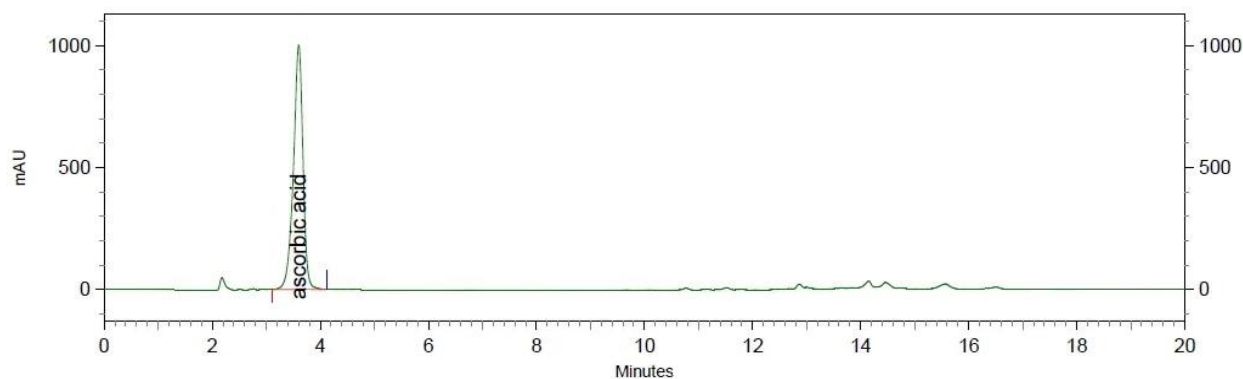
#### 4.4 Beltartalmi mérések

Megfigyeléseink alapján az első bogyókezdemények megjelenésétől átlagosan 35 nap telik el a kormosodásig és 45 nap a teljes piros színezettségig, az 50. nap környékén érik el a paprikák a biológiai érettség állapotát. A gazdasági érettség előtti 4-5 napban NAGY (1977) vizsgálatai alapján a C-vitamin tartalom csak a teljes C-vitamin tartalom 30%-át éri el, a még zsenge bogyókban csupán 8%-a található meg. Az egyenletes felhalmozódásnak köszönhetően a legtöbb C-vitamint pedig biológiai éréskor tartalmazza a paprika (SOMOS 1981; ORBÁN et al. 2011; TERBE et al. 2011). Az érésdinamikai vizsgálatok alapján megállapítottuk, hogy a karotinoidok nagy része a teljes bogyóméret kialakulásakor, a kormosodás kezdetekor, 15 nappal a biológiai érettség előtt kezd el felhalmozódni. Ezért a környezeti tényezők hatását a bogyók beltartalmára a szedés előtti 15 napban vizsgáltuk.

##### 4.4.1 C-vitamin tartalom

A C-vitamin, azaz L-askorbinsav elválasztása HPLC készülékkel egy fordított fázisú oszlopon történt gradiens-elúciós módszerrel. A detektálást diódasoros detektorral végeztük. Az L-askorbinsav mennyiségi meghatározáshoz a csúcsok integrálását 244 nm-en, a csúcsok maximális abszorbancia hullámhosszán végeztük (32. ábra).

32. **ábra.** A legmagasabb C-vitamin tartalommal (4288  $\mu\text{g/g}$ ) rendelkező minta kromatogramja. (2013/ második szedés/'Kárpia' paprika/ rózsaszín háló/ harmadik ismétlés.)



Szabadsföldön 2013-ban két alkalommal, 2014-ben szintén 2 alkalommal, hajtásban ugyan ebben az évben három alkalommal, 2015-ben pedig két alkalommal volt lehetőségünk a C-vitamin tartalom mérésére. Kísérleteink során a C-vitamin tartalom 484,4 és 4288,6  $\mu\text{g/g}$  között alakult. DEEPA és munkatársai (2006) 10 pirosra érő paprikában 482,3 és 1926,3  $\mu\text{g/g}$  közötti C-vitamin tartalmat mértek teljes érettségben. A mi éghajlatunkon termesztett paprikák átlagosan több, mint kétszeres C-vitamin tartalommal rendelkeztek, mint az általuk Indiában termesztett pirosra érő paprika fajták. Kísérleteinkben a legmagasabb C-vitamin tartalmat 2013-ban szabadsföldön mértünk a rózsaszín árnyékoló háló alatt 'Kárpia' paprikában, a legalacsonyabb értéket 2015-ben hajtásban, a zöld háló alatt szintén a 'Kárpia' paprikában.

## Szabadsföld

### 2013

A 2013-as szabadsföldi kísérlet során mindkét fajtát nézve az évi átlagos C-vitamin tartalom 2573,5 $\pm$ 391,6  $\mu\text{g/g}$  volt. Jóval több, mint amelyet ugyancsak szabadsföldön SIMONNE és munkatársai (1997) 17 különleges színeződésű (piros, lila, barna, narancssárga, sárga, zöld, fekete) paprikában mért. Fajtatól függően 620 és 1240  $\mu\text{g/g}$  közötti C-vitamin tartalomról számoltak be. MARTÍNEZ és munkatársai (2005) szabadsföldi kísérleteikben 1489 és 1596  $\mu\text{g/g}$  közötti C-vitamin tartalmat detektáltak pirosra érő paprikában, Spanyolországban.

Kísérletünkben az első szedésnél szignifikánsan alacsonyabb ( $t_{(70)}=-4,139$ ;  $p<0,0001$ ) C-vitamin tartalmat, 2309,1 $\pm$ 291,1  $\mu\text{g/g}$ -ot, a második szedésnél magasabb, 2838,3 $\pm$ 492,1  $\mu\text{g/g}$ -ot mértünk. Paprika fajtánként vizsgálva a 'Kárpia' paprikában átlagosan 2733 $\pm$ 326,5  $\mu\text{g/g}$ -nyi, a 'Karpex' paprikában 2414,4 $\pm$ 456,8  $\mu\text{g/g}$ -nyi C-vitamint mértünk, a fajták között a különbség nem volt szignifikáns ( $t_{(70)}=1,87$ ;  $p=0,066$ ).

A fajtákat külön is megvizsgálva, a 'Kárpia' paprikánál az első szedés során az átlagos C-vitamin tartalom 2544,4 $\pm$ 391,2  $\mu\text{g/g}$  volt, a második szedésnél 2873,9 $\pm$ 542,7  $\mu\text{g/g}$ , ami szignifikánsan magasabb volt, mint amit az első szedésnél tapasztaltunk ( $F_{(1,24)}=9,929$ ;  $p=0,004$ ) (19. táblázat). A varianciaanalízis alapján, az árnyékoló hálók szignifikáns hatást gyakoroltak a paprikák C-vitamin tartalmára 5%-os szignifikancia szinten ( $F_{(5,24)}=3,18$ ;  $p=0,024$ ). A post-hoc teszt (páronkénti összehasonlítás) alapján, a kontroll és a rózsaszín hálónál mért C-vitamin értékek elváltak egymástól. A legjobb eredményt a rózsaszín háló alatt termesztett paprikák hozták a második szedés során, átlagosan 3621,61 $\pm$ 638,23  $\mu\text{g/g}$ -ot.



**19. táblázat.** A szedési idő és az árnyékoló hálók hatása a C-vitamin tartalom átlag $\pm$ SD (n=3) értékeire 2013-ban.

C-vitamin [ $\mu\text{g/g}$ ]							
Fajta	Szedési időpont	Kontroll	Fehér háló	Piros háló	Zöld háló	Sárga háló	Rózsaszín háló
'Kárpia'	1. szedés	2524,59 $\pm$ 487,63 Aa	2146,07 $\pm$ 59,06 Aab	2655,74 $\pm$ 426,63 Aab	2427,52 $\pm$ 429,8 Aab	2381,3 $\pm$ 536,34 Aab	2944,36 $\pm$ 118,5 Ab
	2. szedés	2468,54 $\pm$ 49,54 Ba	2701,6 $\pm$ 15,58 Bab	2866,94 $\pm$ 79,05 Bab	2872,65 $\pm$ 225,84 Bab	3186,13 $\pm$ 851,68 Bab	3621,61 $\pm$ 638,23 Bb
'Karpex'	1. szedés	2390,95 $\pm$ 137,57 Aa	2178,49 $\pm$ 377,35 Aa	1968,31 $\pm$ 257,98 Aa	2303,95 $\pm$ 193,39 Aa	1803,65 $\pm$ 141,15 Aa	1984,68 $\pm$ 328,48 Aa
	2. szedés	3143,6 $\pm$ 303,74 Ba	3025,26 $\pm$ 234,13 Ba	2798,55 $\pm$ 1310,38 Ba	2904,77 $\pm$ 716,05 Ba	2305 $\pm$ 677,25 Ba	2165,12 $\pm$ 803,88 Ba

A Tukey HSD post-hoc teszt eredményei alapján az azonos nagybetűvel jelölt értékek oszlopon belül a szedési idő vonatkozásában, és az azonos kisbetűvel jelölt értékek soron belül az árnyékolás vonatkozásában nem térnek el egymástól 5 %-os szignifikancia szinten.

Célunk volt a napégett bogyók C-vitamin tartalmának megmérése. Ennél a fajtánál az első szedés során a mérések kivitelezéséhez elegendő napégett bogyót tudtunk betakarítani. A roncsolódott szöveteket kivágtuk, így csak a bogyók ép részének C-vitamin tartalmát vizsgáltuk. A napégett bogyók átlagos C-vitamin tartalma (2637,41 $\pm$ 237,97  $\mu\text{g/g}$ ) valamivel alacsonyabb, mint az ép bogyók C-vitamin tartalma. A napégett bogyók és az ép bogyók között nem volt szignifikáns különbség kimutatható ( $F_{(1,34)}=1,585$ ;  $p=0,217$ ).

A szedéseket tekintve ugyanaz a tendencia volt megfigyelhető a 'Karpex' paprikáknál, mint a 'Kárpia' paprikánál, a második szedés szignifikánsan magasabb C-vitamin tartalmat eredményezett, mint az első szedés ( $F_{(1,24)}=10,669$ ,  $p=0,003$ ). Az első szedésnél 2105,01 $\pm$ 239,32  $\mu\text{g/g}$ , a második szedésnél 2723,72 $\pm$ 674,24  $\mu\text{g/g}$  volt a paprikák átlagos C-vitamin tartalma. A 'Karpex' paprika egész éves átlagos C-vitamin mennyisége pedig 2414,36 $\pm$ 456,78  $\mu\text{g/g}$  volt. Az árnyékoló hálók és a kontroll állományában mért C-vitamin tartalmak között nem lehetett szignifikáns eltérést kimutatni ( $F_{(5,24)}=1,641$ ;  $p=0,187$ ).

## 2014

A 2014-es szabadföldi kísérletnél az évi átlagos C-vitamin tartalom 2865,5 $\pm$ 183,6  $\mu\text{g/g}$  volt mindkét fajtát vizsgálva, valamivel magasabb, mint 2013-ban. Hasonlóan a 2013-ban tapasztaltakhoz, szignifikánsan alacsonyabb ( $t_{(62)}=-5,18$ ;  $p<0,001$ ) C-vitamin tartalmat mértünk

az első szedésnél ( $2715 \pm 156 \mu\text{g/g}$ ), mint a másodikonál ( $3016 \pm 204,1 \mu\text{g/g}$ ). Ez egybehangzik NAGY és munkatársai (2016) eredményeivel, akik szintén két szedési időpontot összehasonlítva a második szedésnél magasabb C-vitamin tartalmat mértek, mint az első szedés alkalmával, csilipaprika állományban folytatott vizsgálataik során. A ‘Kárpia’ paprikában átlagosan  $2859,88 \pm 126,13 \mu\text{g/g}$ -nyi, a ‘Karpex’ paprikában  $2871,1 \pm 234 \mu\text{g/g}$ -nyi C-vitamint mutattunk ki, nem volt közöttük szignifikáns különbség ( $d_{(52)} = -1,61$ ;  $p = 0,873$ ).

A ‘Kárpia’ paprikánál a statisztikai elemzés kimutatta, hogy a szedési idő ( $F_{(1,24)} = 27,606$ ;  $p < 0,001$ ) és az árnyékolás hatása ( $F_{(3,24)} = 4,744$ ;  $p < 0,01$ ) is szignifikánsan hatott a paprika bogyók C-vitamin tartalmára (20. táblázat). A második szedés eredményezte itt is a magasabb C-vitamin tartalmat, mint 2013-ban. Az első szedés során az átlagos C-vitamin mennyisége  $2729,4 \pm 137,5 \mu\text{g/g}$  volt, a második szedéskor  $2990,4 \pm 114,8 \mu\text{g/g}$ . A takarás nélküli paprikákban volt a legmagasabb a C-vitamin tartalom, mely szignifikánsan magasabb értéket adott, mint a piros háló alatti paprika bogyók. Nem tért el egymástól a kontroll, a fehér és a zöld háló alatti paprikabogyók C-vitamin tartalma. A második szedés során is a kontroll állományban mértük a legmagasabb C-vitamin tartalmat,  $3072,64 \pm 31,21 \mu\text{g/g}$ -ot. A szabadföldi ‘Karpex’ paprikában is a második szedés alkalmával volt szignifikánsan magasabb a C-vitamin tartalom ( $F_{(1,24)} = 14,21$ ;  $p < 0,001$ ), mint az első szedéskor. Az átlagos C-vitamin mennyisége  $2700,5 \pm 174,5 \mu\text{g/g}$  az első szedéskor, a második szedéskor  $3041,6 \pm 293,5 \mu\text{g/g}$  volt. Az árnyékoló hálók hatása közötti különbség 5 %-os szignifikancia szinten vizsgálva nem volt szignifikáns ( $F_{(3,24)} = 2,945$ ;  $p = 0,053$ ). A legmagasabb C-vitamin tartalmat itt is a második szedés során a kontroll állományban mértük,  $3143,09 \pm 457,22 \mu\text{g/g}$ -ot.

**20. táblázat.** A szedési idő és az árnyékoló hálók hatása a C-vitamin tartalom átlag $\pm$ SD (n=4) értékeire 2014-ben szabadföldön.

C-vitamin [ $\mu\text{g/g}$ ]					
Fajta	Szedési időpont	Kontroll	Fehér háló	Piros háló	Zöld háló
‘Kárpia’	1. szedés	$2878,59 \pm 100,07$ Ab	$2693,31 \pm 105,49$ Aab	$2556,51 \pm 208,94$ Aa	$2789,2 \pm 135,45$ Aab
	2. szedés	$3072,64 \pm 31,21$ Bb	$2941,21 \pm 114,32$ Bab	$2904,54 \pm 80,86$ Ba	$3043,05 \pm 232,69$ Bab
‘Karpex’	1. szedés	$3037,29 \pm 138,68$ Ab	$2648,63 \pm 202,28$ Aa	$2589,82 \pm 160,09$ Aab	$2589,82 \pm 160,09$ Aab
	2. szedés	$3143,09 \pm 457,22$ Bb	$2817,66 \pm 154,43$ Ba	$3008,75 \pm 345,03$ Bab	$3008,75 \pm 345,03$ Bab

A Tukey HSD post-hoc teszt eredményei alapján az azonos nagybetűvel jelölt értékek oszlopon belül a szedési idő vonatkozásában, és az azonos kisbetűvel jelölt értékek soron belül az árnyékolás vonatkozásában nem térnek el egymástól 5 %-os szignifikancia szinten.

## Hajtatás

### 2014

Hajtatás során mindkét fajtát átlagolva az éves C-vitamin tartalom  $2651,5 \pm 163,1$   $\mu\text{g/g}$  volt, szignifikánsan alacsonyabb, mint ugyan ebben az évben szabadföldön ( $t_{158}=3,92; p<0,001$ ). Ez a mennyiség jóval magasabb, mint amit TOPUZ ÉS OZDEMIR (2007) mért öt pirosra érő paprikafajtában. Kísérleteik során hajtatásban 152 és 649  $\mu\text{g/g}$  közötti C-vitamin értékeket detektáltak. 2014-ben az első két szedés során ( $2814,6 \pm 125,8$   $\mu\text{g/g}$  és  $2878,9 \pm 130,8$   $\mu\text{g/g}$ ) nagyságrendileg megegyező C-vitamin tartalmat mértünk. A harmadik szedésnél viszont az átlagos C-vitamin tartalom szignifikánsan csökkent,  $2260,9 \pm 232,7$   $\mu\text{g/g}$ -ra ( $F_{(2,93)}=58,84; p<0,001$ ). A 'Kárpia' paprikában átlagosan  $2670,3 \pm 183,5$   $\mu\text{g/g}$ -nyi, a 'Karpex' paprikában  $2632,7 \pm 142,7$   $\mu\text{g/g}$ -nyi C-vitamin volt, szignifikáns különbség nem volt közöttük ( $d_{(83)}=0,492; p=0,624$ ).

A 'Kárpia' paprika első két szedése között nincs statisztikai különbség a C-vitamin mennyiségének tekintetében ( $2917,3 \pm 106$   $\mu\text{g/g}$  és  $2931,1 \pm 174,7$   $\mu\text{g/g}$ ) (21. táblázat). Viszont az első két szedés eredménye szignifikánsan magasabb volt, mint a harmadik szedés során mért ( $2162,3 \pm 269,6$   $\mu\text{g/g}$ -nyi) C-vitamin tartalom ( $F_{(2,36)}=53,625; p<0,001$ ). Az árnyékoló hálók hatásában nem volt különbség az egyes kezelések között  $F_{(3,36)}=2,009; p=0,13$ . Hajtatásban a 'Karpex' paprika szedési ideje és az árnyékolás hatása között szignifikáns interakciót találtunk ( $F_{(6,36)}=2,589; p=0,034$ ). A harmadik szedés bizonyult a C-vitamin tartalom szempontjából a legrosszabbnak, átlagosan  $2359,6 \pm 195,7$   $\mu\text{g/g}$ -mal, az első ( $2711,9 \pm 145,6$   $\mu\text{g/g}$ ) és második szedés ( $2826,6 \pm 86,9$   $\mu\text{g/g}$ ) eredményei között nem volt statisztikai eltérés. A post-hoc teszt alapján megállapíthatjuk, hogy az árnyékolatlan kontroll paprikákban mértük a legmagasabb C-vitamin tartalmat, az árnyékoló hálók hatásai között nem volt eltérés kimutatható.

**21. táblázat.** A szedési idő és az árnyékoló hálók hatása a C-vitamin tartalom átlag $\pm$ SD (n=4) értékeire 2014-ben hajtásban.

C-vitamin [ $\mu\text{g/g}$ ]					
Fajta	Szedési időpont	Kontroll	Fehér háló	Piros háló	Zöld háló
'Kárpia'	1. szedés	2960,96 $\pm$ 147,61 Ba	3020,21 $\pm$ 133,47 Ba	2906,79 $\pm$ 95,76 Ba	2781,33 $\pm$ 47,09 Ba
	2. szedés	2868,31 $\pm$ 194,93 Ba	2951,68 $\pm$ 78,34 Ba	3001,1 $\pm$ 360,59 Ba	2903,32 $\pm$ 65,08 Ba
	3. szedés	2335,46 $\pm$ 78,91 Aa	2369,96 $\pm$ 616,6 Aa	1931,12 $\pm$ 148,29 Aa	2012,81 $\pm$ 234,69 Aa
'Karpex'	1. szedés	2893,96 $\pm$ 93,25 Bb	2582,58 $\pm$ 327,01 Ba	2634,24 $\pm$ 72,87 Ba	2736,62 $\pm$ 89,17 Ba
	2. szedés	2953,47 $\pm$ 73,57 Bb	2783,42 $\pm$ 117,92 Ba	2805,71 $\pm$ 96,32 Ba	2763,81 $\pm$ 59,57 Ba
	3. szedés	2726,06 $\pm$ 203,28 Ab	2416,38 $\pm$ 177,39 Aa	2222,93 $\pm$ 110,62 Aa	2072,82 $\pm$ 291,58 Aa

A Tukey HSD post-hoc teszt eredményei alapján az azonos nagybetűvel jelölt értékek oszlopon belül a szedési idő vonatkozásában, és az azonos kisbetűvel jelölt értékek soron belül az árnyékolás vonatkozásában nem térnek el egymástól 5 %-os szignifikancia szinten.

## 2015

2015-ben hajtásban az éves C-vitamin tartalom 2533,7 $\pm$ 274,4  $\mu\text{g/g}$  volt, nagyságrendileg annyi, mint amennyit a 2014-es évben hajtott paprikáknál tapasztalhattunk. Az első szedésnél 2616,5 $\pm$ 182,2  $\mu\text{g/g}$ , a második szedésnél 2450,9 $\pm$ 366,7  $\mu\text{g/g}$ , volt átlagosan a paprikák C-vitamin tartalma, közöttük a különbség nem volt szignifikáns ( $t_{(62)}=1,8$ ;  $p=0,078$ ). A 'Kárpia' paprikában átlagosan 2487,2 $\pm$ 290,4  $\mu\text{g/g}$ -nyi, a 'Karpex' paprikában 2580,2 $\pm$ 258,5  $\mu\text{g/g}$ -nyi C-vitamin volt, szintén nem találtunk szignifikáns különbséget ( $t_{(62)}=-0,99$ ;  $p=0,328$ ). A 'Kárpia' paprikánál az első szedésnél az átlagos C-vitamin tartalom 2631,3 $\pm$ 203,6  $\mu\text{g/g}$  volt, a második szedésnél pedig valamivel alacsonyabb, 2343,2 $\pm$ 377,2  $\mu\text{g/g}$ . A statisztikai elemzés alapján viszont nem volt az első és a második szedés között szignifikáns különbség a C-vitamin értékek között, bár a p érték igencsak megközelítette a szignifikancia határt, nagyobb elemszám esetén, valószínűleg nem csak 10%-os szignifikancia szinten lenne szignifikáns a két szedési időpont közötti különbség ( $F(1,24)=4,135$ ;  $p=0,053$ ) (22. táblázat). Az árnyékoló hálók használata sem hatott szignifikánsan 5 %-os szignifikancia határ mellett a C-vitamin tartalomra ( $F(3,24)=2,225$ ;  $p=0,111$ ). A 'Karpex' paprika C-vitamin tartalmában az első (2601,8 $\pm$ 160,7) és második szedés (2558,6 $\pm$ 356,2) között nem volt különbség ( $F(1,24)=0,178$ ,  $p=0,677$ ). Az árnyékoló hálókat vizsgálva sem volt szignifikáns különbség tapasztalható ( $F(3,24)=2,940$ ,  $p=0,054$ ). Árnyékolás

nélkül tapasztaltuk a legmagasabb C-vitamin tartalmat, viszont a fehér és a piros árnyékoló hálók alatt képződött mennyiségétől a kontroll értéke nem tért el.

**22. táblázat.** A szedési idő és az árnyékoló hálók hatása a C-vitamin tartalom átlag $\pm$ SD (n=4) értékeire 2015-ben hajtatásban.

C-vitamin [ $\mu$ g/g]					
Fajta	Szedési időpont	Kontroll	Fehér háló	Piros háló	Zöld háló
'Kárpia'	1. szedés	2772,63 $\pm$ 258,88 Aa	2593,9 $\pm$ 240,57 Aa	2651,58 $\pm$ 211,53 Aa	2506,96 $\pm$ 103,51 Aa
	2. szedés	2728,91 $\pm$ 64,88 Aa	2423,75 $\pm$ 300,71 Aa	2254,09 $\pm$ 149,68 Aa	1965,99 $\pm$ 993,46 Aa
'Karpex'	1. szedés	2916,75 $\pm$ 138,23 Ab	2625,5 $\pm$ 221,11 Aab	2428,78 $\pm$ 142,82 Aab	2436,14 $\pm$ 140,81 Aa
	2. szedés	2712,99 $\pm$ 563,69 Ab	2571,32 $\pm$ 265,29 Aab	2582,91 $\pm$ 302,38 Aab	2366,97 $\pm$ 293,25 Aa

A Tukey HSD post-hoc teszt eredményei alapján az azonos nagybetűvel jelölt értékek oszlopon belül a szedési idő vonatkozásában, és az azonos kisbetűvel jelölt értékek soron belül az árnyékolás vonatkozásában nem térnek el egymástól 5 %-os szignifikancia szinten.

### A kísérletek eredményeinek összevetése

A négy kísérletből egyedül a rózsaszín hálónál 2013-ban szabadföldön mértünk magasabb C-vitamin tartalmat, mint a kontrollnál. A rózsaszín háló eresztette át az árnyékoló hálók közül a legtöbb fényt. Ez összhangban van MASHABELA és munkatársai (2015) eredményeivel, ahol paprikában a legtöbb fényt átengedő gyöngyház hálónál mérték a legmagasabb C-vitamin tartalmat. Azt is megállapították, hogy a kék tartományba és a piros tartományba eső fény az, mely a C-vitamin tartalmat serkenteni tudja. Ebben a két tartományban alacsony a rózsaszín háló abszorbanciája a fotoszintetikusán aktív sugárzás (PAR) tartományában (SZUVANDZSIEV et al. 2015 b), azaz a rózsaszín háló a piros és kék fényt átengedi, nem szűri meg.

A szabadföldi mérések során tapasztalt tendenciának, miszerint a második szedés magasabb C-vitamin tartalommal jár, mint az első szedés, oka a környezeti tényezőkben keresendő. Szabadföldön mindkét kísérleti évben az első szedést (aug. 27.) megelőző 15 nap felhősebb, csapadékosabb volt, mint a második szedést (okt. 01.) megelőző időszak. 2013-ban 8 °C-kal volt magasabb az átlagos hőmérséklet az első szedés során. 2014-ben pedig az első szedést (aug. 28.) megelőző 15 napban 3,3 °C-kal volt magasabb az átlagos hőmérséklet, mint a második szedést (okt. 14.) megelőző 15 napban. A borult égbolt és a magasabb hőmérséklet, (29-34 °C) nem kedvezett a C-vitamin bioszintézisének. A derült idővel együtt járó jobb fényellátottság viszont magasabb C-vitamin tartalom kialakulásához vezetett. Ezt alátámasztja, hogy több szerző is

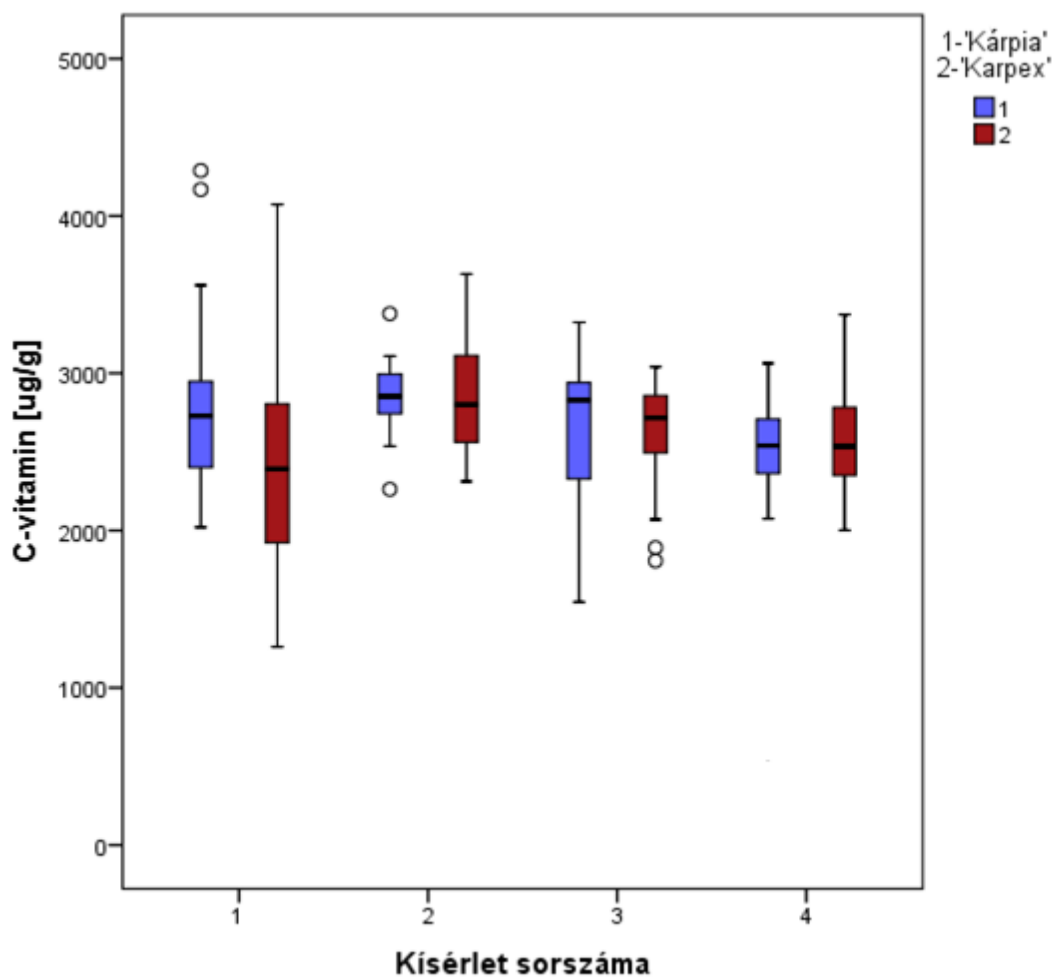
beszámolt a magasabb fényintenzitás C-vitamin tartalmat serkentő hatásáról (SOMOS 1981; LEE & KADER 2000; LÓPEZ-MARÍN et al. 2011; MILENKOVIĆ et al. 2012).

Hazai körülmények között OMBÓDI és munkatársai (2016) polietilén fóliaborítás mellett ugyanebben a két kápia típusú paprikában 1290 és 2400 µg/g közötti C-vitamin tartalmat detektált. Ehhez az értékhez hasonlóan a magyar fűszerpaprikában GNAYFEED és munkatársai (2001) mutattak ki, 1800 µg/g-ot. Kísérleteinkben valamivel magasabb értékeket mértünk. A C-vitamin tartalom szabadföldön 2013-ban átlagosan 2553,5±425,7 µg/g volt, 2014-ben több, 2865,5±183,6 µg/g. Hajtatásban, 2014-ben mindhárom szedésnél tudtunk C-vitamin tartalmat mérni, átlagosan 2651,5±163,1 µg/g volt a paprikákban. 2015-ben már csak az első két szedésnél volt lehetőség az analitikai vizsgálatokra, ebben az évben 2533,7±274,4 µg/g C-vitamin tartalmat mértünk. Így ugyan az átlag értékek közel megegyeznek, de ehhez elengedhetetlen megjegyezni, hogy a 2014-es évben a harmadik szedés eredményei rontják az első két szedés átlagát, ami 2846,7±128,3 µg/g lenne a harmadik szedés nélkül, gyakorlatilag annyi, mint szabadföldön ugyanebben az évben. Az évjárathatást vizsgálva, a statisztikai elemzésből kiderül, hogy van különbség az egyes évjáratok között ( $F_{(3,296)}=7,784$ ;  $p<0,001$ ). A post-hoc teszt alapján pedig megállapítottuk, hogy a 2014-es év szabadföldi kísérlete eredményezte a legmagasabb C-vitamin tartalmat, mely statisztikailag is elvált a többi kísérletben mért C-vitamin tartalomtól (33. ábra). Ebben az évben az átlagos hőmérséklet alacsonyabb volt az első szedésnél, valamint több csapadék is esett, mint amit a 2013-as szabadföldi kísérletnél tapasztaltunk. 2014-ben a legmagasabb C-vitamin tartalom a szedés előtti 15 nap hőmérsékleti adatait nézve 22 °C-os maximumok mellett alakult ki, ezzel szemben 2015-ben hajtatásban, ahol a legalacsonyabb C-vitamin tartalmat detektáltuk, az első szedést megelőző 15 napban gyakran ment 40 °C fölé a hőmérséklet, 44 °C volt a maximum. Ez arra enged következtetni, hogy a C-vitamin termelődését is (nem csak a karotinoidokét) negatívan befolyásolja a magas, 30 °C feletti hőmérséklet. Ezt alátámasztja WU és munkatársai (2001) állítása, miszerint az étkezési paprika fotoszintetikus aktivitását a magas hőmérséklet gátolja. A 2013-ban hirtelen jövő lehűlés sem kedvezett a C-vitamin tartalomnak, a 2014-es évben a hőmérséklet tekintetében kiegyenlítettebb időszak magasabb C-vitamin tartalommal járt együtt.

A két fajta közötti különbséget az összes kísérletnél meghatározott C-vitamin tartalom tekintetében páros t-próbákkal vizsgáltuk. A próbák alapján elmondható, hogy a két fajta közel azonos C-vitamin tartalommal rendelkezik, egyedül a sárga és a rózsaszín háló esetében volt magasabb a C-vitamin a 'Kárpia' paprikában, mint a 'Karpex' paprikában 2013-ban. A t-próbák eredményeit a Függelék 1. táblázata mutatja.

A szabadföldi és a hajtatásos kísérletek között fellépő esetleges különbséget Welch-próbával vizsgáltuk. Az összehasonlító elemzésből kiderül, hogy a C-vitamin tartalom nem függ a

termesztés módjától 5%-os szignifikancia szinten ( $d_{(294)}=1,772$ ;  $p=0,078$ ). Bár közel ugyanazt a C-vitamin tartalmat és érettségi állapotot hajtatással majd egy hónappal előrébb tudtuk elérni 2014-ben.



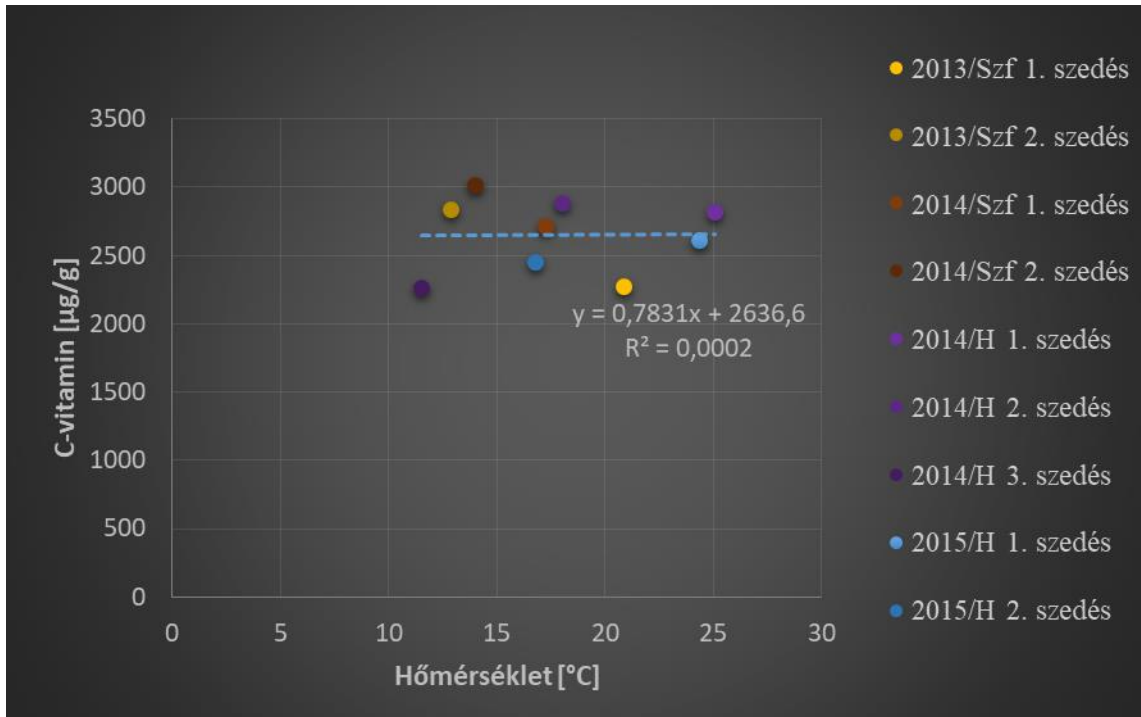
33. **ábra.** A kísérletek során mért C-vitamin tartalom [ $\mu\text{g/g}$ ] alakulása paprika fajtánként.

A kísérletek sorszámanál az 1-es a 2013-as, a 2-es a 2014-es év szabadföldi kísérletnek, a 3-as a 2014-es hajtatásos kísérletnek, a 4-es a 2015-ös hajtatásos kísérletnek felel meg.

2015-ben vizsgálni tudtuk a kapcsolatot az egyes kezelésekhez tartozó hőmérséklet és a C-vitamin tartalom között. A szedést megelőző 15 nap átlaghőmérsékletét és az ezekhez tartozó C-vitamin tartalmakat Pearson-féle korrelációval vizsgáltuk. Nem találtunk szignifikáns kapcsolatot az egyes kezelésekhez tartozó szedést megelőző 15 napos átlag hőmérséklet és a hozzájuk tartozó C-vitamin tartalom között.

2013 és 2015 között összesen 9 alkalommal történt szedés. A szedésekhez tartozó átlagos C-vitamin értékeket (a két fajta átlagolásával) és a szedést megelőző 15 nap átlaghőmérsékleteit

vizsgálva sem találtunk szignifikáns kapcsolatot Pearson-féle korreláció elemzéssel ( $p=0,97$ ;  $R=0,001$ ) (34. ábra.).



34. **ábra.** A kísérletek során mért C-vitamin tartalom [µg/g] és a hőmérséklet közötti együtt járás vizsgálata az összes szedés tekintetében.

Az azonos színű pontok egyazon kísérlet szedési időpontjait jelzik. SZF=szabadföld, H=hajtatás



#### 4.4.2 A karotinoid tartalom alakulása az érés során

A kápia fajtakörbe tartozó paprikák érésdinamikáját hazai körülmények között még nem vizsgálták. Ezzel kívántam elérni azt, hogy pontosabb képet kapjunk arról, (i), hogy mikor halmozódnak fel a paprikában a bioaktív komponensek, (ii), hogy mikor a legmagasabb a kápia típusú paprikában az összkarotinoid tartalom, (iii), hogy hogyan oszlik meg a sárga és piros színű karotinoidok aránya az érés során, (iiii), hogy melyik érési stádium legjellemzőbb a kápia paprika típusra, hogy tudjuk mikorra időzítsük a szedéseket.

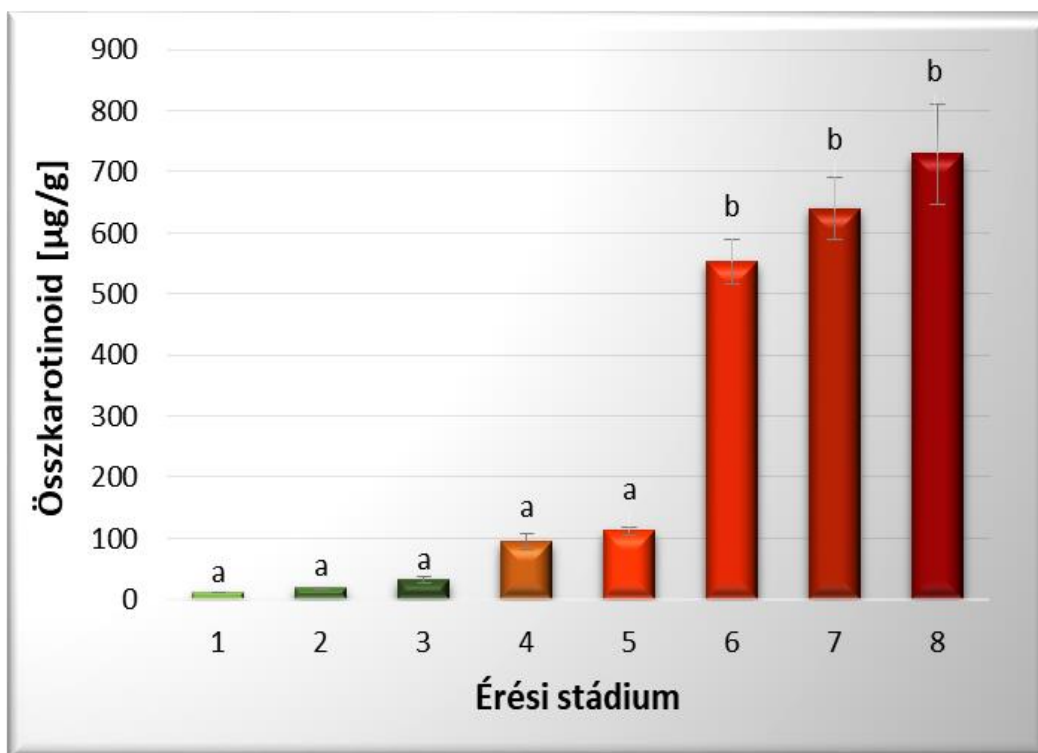
A 'Kárpia' paprika érésdinamikája alapján 8 különböző érési stádiumot különítettünk el (35. ábra).



35. **ábra.** Érésdinamikai mérésekhez szedett paprikák és az extraktumok az érési stádiumoknak megfelelő sorrendben.

A teljesen zöld paprika bogyókban kisebb mennyiségben volt neoxantin, violaxantin, kukurbitaxantin, lutein és  $\beta$ -karotin (Függelék 2. táblázat). Tehát összesen 5 karotinoid volt jelen a nagy mennyiségű klorofill-a és a klorofill-b mellett, melyek zöld színűek. Mind az 5 karotinoid az oxigént tartalmazó xantofillekhez tartozik, sárga színüket a klorofilok nyomják el, ezért is zöld színű az éretlen paprika. Ezek a klorofilok az érés előrehaladtával egyre kisebb mennyiségben találhatóak meg, ez jelzi a kloroplaszt rendszer lebomlását, helyét a kromoplaszt rendszernek adva át, melyben a karotinoidok bioszintézise játszódik le. Kormosodás kezdetén (2. stádium) jelent meg a kapszantin, a paprika legjelentősebb piros színű karotinoidja, mely 70%-ban felelős az érett paprika piros színéért. A 3. érési stádiumnál sikerült detektálnunk a piros színű kapszorubint, az anteraxantint, a zeaxantint és ezen vegyületek mono- és diésztereit. A 4. és 5. csoportnál már több mint 35 karotinoidot választottunk el. A neoxantin már lebomlott, a  $\beta$ -kukurbitaxantin cikloviolaxantinná, a lutein anteraxantinná és zeaxantinná, a kapszantin egy része pedig kriptokapszinná alakult át. A hatodik érési stádiumnál folytatódott a lutein anteraxantinná alakulása és megjelent a mutatoxantin és a kapszantin epoxid is, valamint egyre több kapszantin származék volt látható a kromatogramokon, 50 komponenst különítettünk el. A 7. csoportban az zeaxantin diészterek számában történt változás, újabb 2 zeaxantin diésztert sikerült meghatározni. A már túlértett, bordó színű bogyók (8. stádium) kromatogramjainak tanulmányozása során 54 karotinoidot határoztunk meg és azonosítottunk. A hatodik érési stádiumhoz képest a 7. és 8. stádiumban a komponensek kisebb mértékben változtak, a szín stabilitásáért felelős kapszorubin diészterek száma, valamint a piros színű karotinoidok aránya nőtt meg.

Ez a tendencia volt megfigyelhető a karotinoidok mennyiségi változásában is (36. ábra). A teljesen zöld paprikabogyók összes karotinoid tartalma  $10,29 \pm 0,4 \mu\text{g/g}$  volt. Ezek a karotinoidok mind sárga színűek. A 2. stádiumban az általunk detektált karotinoidok összes mennyisége  $17,75 \pm 1,18 \mu\text{g/g}$  volt. A harmadik csoportban ez szinte megduplázódott,  $31,49 \pm 10,03 \mu\text{g/g}$ -ra emelkedett. A 4. stádiumban ez az érték több mint háromszorosára nőtt,  $94,01 \pm 26,8 \mu\text{g/g}$ -ra. A negyedik és ötödik stádium nem különült el egymástól, az ötödik csoportnál  $111,41 \pm 13,15 \mu\text{g/g}$  volt az összes karotinoid mennyisége. A 6. stádiumnál majdnem ötször annyi karotinoidot találtunk, mint az 5. stádiumnál,  $552,57 \pm 72,98 \mu\text{g/g}$ -ot. A már élénk piros paprikák  $639,33 \pm 102,41 \mu\text{g/g}$  karotinoidot tartalmaztak. A már túlértett bordó színű paprikák összes karotinoidjának mennyisége  $728,58 \pm 164,96 \mu\text{g/g}$  volt.



**36. ábra.** A Karotinoid tartalom alakulása az érés során.

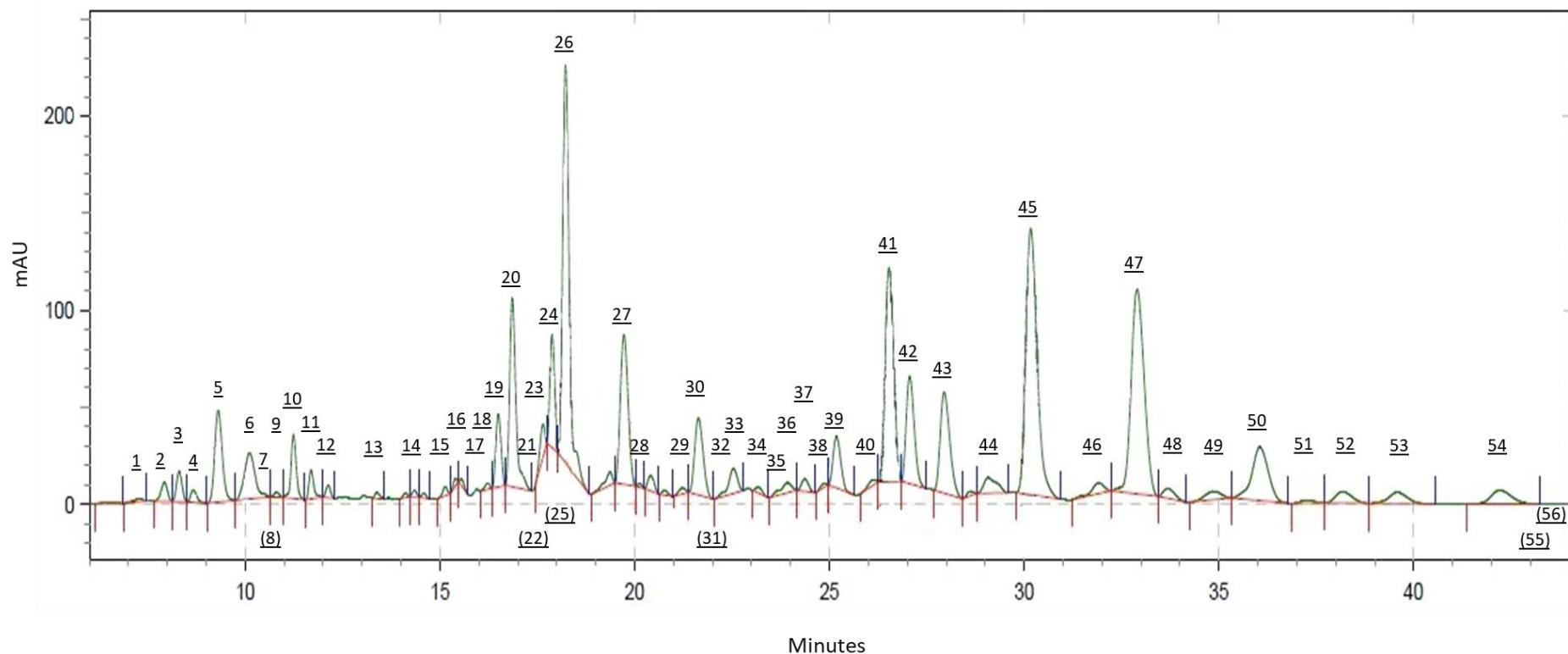
A Tukey HSD post-hoc teszt eredményei alapján az azonos betűvel jelölt értékek nem térnek el egymástól 5 %-os szignifikancia szinten.

#### 4.4.3 Karotinoid tartalom

##### Karotinoid összetétel

A kísérleteink során termesztett paprikák HPLC — magas nyomású folyadék kromatográfiás — vizsgálata során több, mint 60 karotinoidot választottunk szét mind a két fajtánál. Ebből a több, mint 60 komponensből 56-ot azonosítottunk és határoztuk meg a mennyiségét (37. ábra).

37. **ábra.** A diódasoros detektorral azonosított karotinoid komponensek kromatogramja. A minta 2015-ből származik, a 'Kárpia' paprika fehér hálós kezelés első ismétléséből. A kromatogram 477 nm-es hullámhosszhoz tartozó csúcsokat ábrázolja. Az ábra alján felsorolásszerűen a számokhoz tartozó komponensek neve található.



1. Kapszorubin 2. Kukurbitaxantin 3. Violaxantin 4. Kapszantin-epoxid 5. Kapszantin 6. Cikloviolaxantin 7. Kapszantin származék 8. Kapszantin származék 9. Mutatoxantin 10. Anteroxantin 11. Zeaxantin 12. Cisz-zeaxantin 13. Szabad kriptokapszin 14. Kukurbitaxantin B ME-1 15. Kapszantin származék 16. Kapszantin származék 17. Ismeretlen keverék 18. Cisz-zeaxantin 19. Kapszantin származék 20. Kapszantin-epoxid ME 1 21. Cikloviolaxantin ME-1 22. Kukurbitaxantin B ME-2 23. Kapszantin ME-1 24. Kapszantin ME-2 25. Kukurbitaxantin ME-1 26. Kapszantin ME-3 27. Kriptokapszin ME-1 28. Cisz-kriptokapszin ME -1 29. Kukurbitaxantin A ME-1 30. Zeaxantin ME-1 31. Zeaxantin ME-2 32. Mutatoxantin ME-1 33. Zeaxantin ME-3 34. Cisz-zeaxantin ME-1 35. Kapszorubin DE-1 36. Zeaxantin ME-4 37. Kapszantin-DE-1 38. Cisz-kapszantin-epoxid DE-1 39. Kapszantin-epoxid-DE-1 40. Kapszantin-epoxid-DE-2 41. Béta-karotin 42. Kapszorubin DE-2 43. Kapszantin DE-2 44. Kapszorubin DE-3 45. Kapszantin DE-3 46. Kapszantin DE-4 47. Kapszantin DE-5 48. Zeaxantin DE-1 49. Zeaxantin DE-2 50. Kapszantin DE-6 51. Zeaxantin DE-3 52. Zeaxantin DE-4 53. Cisz-kapszantin DE-1 54. Zeaxantin DE-5 55. Zeaxantin DE-6 56. Zeaxantin DE-7

Hasonló karotinoid összetételt detektáltak fűszerpaprikában és pirosra érő csili paprikában BIACS ÉS DAOOD (1994), valamint GIUFFRIDA és munkatársai (2013), kisebb eltérések a kis mennyiségben jelen lévő komponenseknél találhatóak. A mintáinkban lévő karotinoidokat polaritásuk alapján három csoportba sorolhatjuk, a nem észtereződött xantofillekre, a monoészterekre és egy kevésbé poláros csoportba, ami a karotinokat és a kétszeres zsírsav észtereket (diésztereket) tartalmazza. A legtöbb karotinoid zsírsavval észtereződve mono- és diészter formában van jelen, melyről bebizonyosodott, hogy a karotinoidok stabilitását növeli a tárolás és a feldolgozás során (BIACS et al. 1989; BIACS et al. 1992). Továbbá azt is megállapították, hogy a karotinoidok táplálkozási és biológiai fontosságát az észterifikáció nem csökkenti, mert bizonyos enzimek, mint az acil-hidroláz és a lipáz hidrolizálják (de-észterezik) őket (ZORN et al. 2003).

A mennyiségileg és minőségileg meghatározott komponensek közül a zeaxantin, a  $\beta$ -kriptoxantin, a  $\beta$ -karotin és ezek cisz-izomerjei és zsírsav észterei azok, melyek biológiailag is aktív komponensek. Ezek a komponensek mind megtalálhatóak az emberi vérben és vérszérumban (vérsavó) (OLMEDILLA-ALONSO et al. 2005). Ezzel szemben a nagy mennyiségben jelen lévő komponensek, mint a kapszantin, a kapszorubin, a violaxantin, a kukurbitaxantin, az anteraxantin, ezek izomerjei és zsírsav észterei nehezen szívódnak fel az emberi bélrendszerben (PÉREZ-GÁLVEZ et al. 2005).

Táplálkozási szempontból a biológiailag aktív komponensek mennyisége a meghatározó, melyek méréseink során  $22,6 \pm 10,7$  és  $110 \pm 23,7$   $\mu\text{g/g}$  között mozogtak. Ez nagyságrendileg egy átlagos méretű - 100 gramm - frissen szedett paprikában 2-11 mg bioaktív karotinoidot jelent. A legalacsonyabb értéket 2013-ban az első szedés / 'Karpex' fajta / sárga háló kombináció adta, a legmagasabb értéket 2015-ben hajtás során a második szedés / 'Karpex' fajta / kontroll kombináció. A 2013-as évben a 'Kárpia' közel kétszer több biológiailag aktív komponenst tartalmazott, mint a 'Karpex' fajta, 2014-ben szabadföldön szintén jobban szerepelt a 'Kárpia', mint a 'Karpex'. Hajtásban nem találtunk számottevő különbséget a két fajta között. A bioaktív karotinoidok mennyiségének 60-90%-a  $\beta$ -karotin, melyet arányaiban a zeaxantin követ. A legmagasabb  $\beta$ -karotin tartalmat 2013-ban a 'Kárpia' mintákból mértük, átlagosan  $62,59 \pm 9,06$   $\mu\text{g/g}$ -ot a második szedés során a zöld háló alatt. A legalacsonyabb mennyiséget a 'Karpex' esetében 2015-ben hajtásban,  $3,74 \pm 1,18$   $\mu\text{g/g}$ -ot a piros takaróháló alatt. Az általunk detektált legalacsonyabb mennyiséghez hasonló mennyiséget DEEPA et al. 2007-ben mutatott ki tíz különböző fajtát vizsgálva,  $0,94$ - $6,94$   $\mu\text{g/g}$  között mozogtak az értékek.

A minőségi szempontból fontos csoportokat nézve a szabad kapszantin valamint mono- és diészterei 2015-ben voltak a legmagasabbak. A termesztési mód és a fajták között sem volt szignifikáns mértékű különbség. Szabadföldön 2013-ban és 2014-ben is azt tapasztaltuk, hogy a

'Karpex' fajta több piros és kevesebb sárga színű karotinoidot tartalmazott, mint a 'Kárpia', azaz magasabb a piros/sárga színanyagok aránya, ami a pirosság valódi fokát és a szín stabilitását mutatja meg.

A táplálkozástani és a minőség szempontjából fontos karotinoid csoportokat és mennyiségüket kísérletenként és fajtánként lebontva a Függelék 3. táblázatától a 10. táblázatig tartalmazza.

## **Összes karotinoid tartalom**

Az egyes minták összkarotinoid tartalmát úgy kaptuk meg, hogy a mintában azonosított karotinoidok mennyiségét összeadtuk. Kísérleteinkben az összes karotinoid mennyisége  $57,25 \pm 11,43$  és  $541,44 \pm 120,14$   $\mu\text{g/g}$  között változott a fajtától, a termesztéstechnológiától, a szedési időponttól, az árnyékoló hálótól és az évjárártól függően. A legmagasabb összes karotinoidot 2015-ben hajtatásban mértük árnyékolás nélkül a 'Karpex' fajta esetében, a legalacsonyabb értéket pedig 2013-ban szabadföldön, ugyancsak árnyékolás nélkül szintén a 'Karpex' fajtánál kaptuk. HWA és munkatársai (2007) 20 és 1043  $\mu\text{g/g}$  közötti összkarotinoid tartalmat mértek hat pirosra érő paprika fajtában teljes érettségben. Az általunk detektált, azonosított és mennyiségileg meghatározott karotinoidok listája kísérletenként a Függelék 11. táblázatától a 14. táblázatáig látható.

## **Szabadföldi kísérlet**

### **2013**

Az első kísérleti évben  $217,9 \pm 111,4$   $\mu\text{g/g}$  összes karotinoid tartalmat mértünk a két fajta átlagát tekintve. A 'Kárpia' paprikánál az összes karotinoid tartalom  $289,3 \pm 93,8$   $\mu\text{g/g}$  volt. A statisztikai elemzés alapján sem a szedési időpontok ( $F_{(1,24)} = 3,987$ ;  $p = 0,057$ ), sem az árnyékoló hálók ( $F_{(5,24)} = 1,398$ ;  $p = 0,261$ ) nem gyakoroltak szignifikáns hatást a paprika összkarotinoid tartalmára 5%-os hibahatár mellett (23. táblázat), azonban a szedési időpont megközelítette ezt az értéket. 10%-os hibahatáron belül van az érték, azaz az első szedésnél tapasztalt magasabb karotinoid tartalom beleillik a tendenciába. A 'Karpex' paprika esetében az összes karotinoid tartalom alacsonyabb volt ( $146,5 \pm 76,92$   $\mu\text{g/g}$ ), mint amit a 'Kárpia' paprikánál tapasztaltunk. Az árnyékoló hálók hatásában ( $F_{(5,24)} = 2,213$ ;  $p = 0,086$ ) itt sem volt különbség, a szedési időpontok között viszont igen ( $F_{(1,24)} = 220,030$ ;  $p < 0,001$ ). Az első szedés szignifikánsan magasabb összkarotinoid tartalmat eredményezett, mint amit a második szedésnél mértünk. Az első szedés összkarotinoid tartalma több, mint duplája volt, mint amit a második szedésnél tapasztaltunk.

**23. táblázat.** A szedési időpont és az árnyékoló hálók hatása az összkarotinoid tartalom átlag±SD (n=3) értékeire 2013-ben szabadföldön.

Összkarotinoid [ $\mu\text{g/g}$ ]							
Fajta	Szedési időpont	Kontroll	Fehér háló	Piros háló	Zöld háló	Sárga háló	Rózsaszín háló
'Kárpia'	1. szedés	281,71±58,54 Aa	266,75±32,54 Aa	317,42±33,05 Aa	319,58±34,85 Aa	350,27±73,71 Aa	281,26±119,55 Aa
	2. szedés	211,63±33,63 Aa	228±81,32 Aa	250,04±120,1 Aa	353,8±115,13 Aa	278,78±52,46 Aa	235,69±89,68 Aa
'Karpex'	1. szedés	228,2±24,12 Ba	248,61±37,76 Ba	233,94±34,42 Ba	212,49±41,11 Ba	182,45±42,99 Ba	187,07±26,36 Ba
	2. szedés	57,25±11,43 Aa	111,43±7,58 Aa	59,07±6,82 Aa	63,07±16,52 Aa	87,09±23,28 Aa	87,83±29,17 Aa

A Tukey HSD post-hoc teszt eredményei alapján az azonos nagybetűvel jelölt értékek oszlopon belül a szedési idő vonatkozásában, és az azonos kisbetűvel jelölt értékek soron belül az árnyékolás vonatkozásában nem térnek el egymástól 5 %-os szignifikancia szinten.

A napégett bogyók összes karotinoid tartalmának megméréséhez a roncsolódott szöveteket kivágtuk, így csak a bogyók ép részét vizsgáltuk. A napégett bogyók összes karotinoid tartalma (átlagosan 214,14±38,96  $\mu\text{g/g}$ ) alacsonyabb, mint az ép bogyóké, (318,88±92,04  $\mu\text{g/g}$ ) a napégett bogyók és az ép bogyók között szignifikáns különbség mutatható ki ( $d_{(34)}=4,446$ ;  $p<0,0001$ ).

## **2014**

2014-ben a két fajta átlagos összkarotinoid mennyisége 243,7±83,4  $\mu\text{g/g}$  volt. Fajtánként külön vizsgálva a 'Kárpia' paprika összkarotinoid tartalma 255,1±70,5  $\mu\text{g/g}$  volt, amit szignifikánsan befolyásolt a szedési időpont megválasztása ( $F_{(1,24)}=47,689$ ;  $p<0,001$ ). A 'Kárpia' paprikánál az első szedés bizonyult jobbnak, az árnyékoló hálók viszont nem gyakoroltak hatást az összkarotinoid tartalomra ( $F_{(3,24)}=2,161$ ;  $p=0,119$ ) (24. táblázat). 'Karpex' paprika összkarotinoid tartalma 232,3±94,3  $\mu\text{g/g}$  volt. A 'Karpex' paprikánál szintén különbséget lehetett tenni a szedések között, viszont összkarotinoid tartalom szempontjából az első szedés rosszabb volt, mint a második ( $F_{(1,24)}=29,448$ ;  $p<0,001$ ). A kezeléseknek itt sem volt statisztikailag mérhető hatása ( $F_{(3,24)}=1,368$ ;  $p=0,277$ ).

**24. táblázat.** A szedési időpont és az árnyékoló hálók hatása az összkarotinoid tartalom átlag $\pm$ SD (n=4) értékeire 2014-ben szabadföldön.

Összkarotinoid [ $\mu$ g/g]						
Fajta	Szedési időpont	Termesztési mód	Kontroll	Fehér háló	Piros háló	Zöld háló
'Kárpia'	1. szedés	Szabadföld	295,61 $\pm$ 37,53 Ba	315,17 $\pm$ 34,04 Ba	338,57 $\pm$ 66,78 Ba	287,6 $\pm$ 24,84 Ba
	2. szedés	Szabadföld	188,19 $\pm$ 53,12 Aa	219,7 $\pm$ 38,26 Aa	222,88 $\pm$ 28,71 Aa	173,24 $\pm$ 54,48 Aa
'Karpex'	1. szedés	Szabadföld	215,03 $\pm$ 39,48 Aa	162,28 $\pm$ 23,89 Aa	152,95 $\pm$ 15,33 Aa	150,16 $\pm$ 23,8 Aa
	2. szedés	Szabadföld	266,1 $\pm$ 74,08 Ba	251,76 $\pm$ 100,64 Ba	379,57 $\pm$ 109,51 Ba	280,25 $\pm$ 55,21 Ba

A Tukey HSD post-hoc teszt eredményei alapján az azonos nagybetűvel jelölt értékek oszlopon belül a szedési idő vonatkozásában, és az azonos kisbetűvel jelölt értékek soron belül az árnyékolás vonatkozásában nem térnek el egymástól 5 %-os szignifikancia szinten.

## Hajtatás

### 2014

Hajtatás során a fajták átlagos összes karotinoid tartalma 210,4 $\pm$ 76,9  $\mu$ g/g volt. A 'Kárpia' paprika 200,1 $\pm$ 94,8  $\mu$ g/g összes karotinoidot tartalmazott. A szedési idő ( $F_{(2,36)}=22,401$ ;  $p<0,001$ ) és az árnyékolás ( $F_{(3,36)}=6,394$ ;  $p<0,01$ ) is külön-külön szignifikánsan hatott a 'Kárpia' paprika összes karotinoid tartalmára. A szedések közül a harmadik szedés statisztikailag elkülöníthető a másik két szedéstől, ami magasabb összkarotinoid tartalommal rendelkező paprikát hozott (25. táblázat). Mind a három szedésnél a fehér háló alatt nevelt paprikákban volt a legmagasabb az összkarotinoid tartalom, a legalacsonyabb a piros és a kontroll állományban.

A 'Karpex' paprika 220,7 $\pm$ 52,3  $\mu$ g/g összes karotinoid tartalommal rendelkezett. A 'Karpex' paprikában a szedési időpont és az árnyékoló háló közötti kapcsolat szignifikáns hatással volt ( $F_{(6,36)}=3,772$ ;  $p<0,01$ ). A post-hoc teszt alapján a második szedés hozta a legmagasabb összkarotinoid tartalommal rendelkező paprikákat. A piros árnyékoló háló szignifikánsan alacsonyabb karotinoid tartalommal rendelkező bogyókat adott, mint az összes többi kezelés.



**25. táblázat.** A szedési időpont és az árnyékoló hálók hatása az összkarotinoid tartalom átlag±SD (n=4) értékeire 2014-ben hajtatásban.

Összkarotinoid [µg/g]						
Fajta	Szedési időpont	Termesztési mód	Kontroll	Fehér háló	Piros háló	Zöld háló
'Kárpia'	1. szedés	Hajtatás	207,07±40,89 Ba	245,84±24,05 Bb	170,48±25,36 Ba	237,84±15,43 Bab
	2. szedés	Hajtatás	231,86±59,21 Ba	365,75±172 Bb	168,95±45,89 Ba	295,14±75,3 Bab
	3. szedés	Hajtatás	99,84±27,82 Aa	153,12±16,13 Ab	108,92±25,54 Aa	116,79±36,33 Aab
'Karpex'	1. szedés	Hajtatás	219,25±43,7 Ab	220,27±23,62 Ab	178,62±15,1 Aa	211,51±38,34 Ab
	2. szedés	Hajtatás	250,33±49,67 Bb	250,24±33,9 Bb	183,71±20,81 Ba	339,45±29,17 Bb
	3. szedés	Hajtatás	222,59±24,37 Ab	186,71±43,19 Ab	177,21±37,75 Aa	208,14±15,5 Ab

A Tukey HSD post-hoc teszt eredményei alapján az azonos nagybetűvel jelölt értékek oszlopon belül a szedési idő vonatkozásában, és az azonos kisbetűvel jelölt értékek soron belül az árnyékolás vonatkozásában nem térnek el egymástól 5 %-os szignifikancia szinten.

## 2015

A két fajta átlagos összes karotinoid tartalma 327±146,8 µg/g volt a hajtatásos kísérlet második évében. A 'Kárpia' paprikáé 318,8±121,3 µg/g. A szedési időpont és az árnyékoló hálók együttesen hatottak a 'Kárpia' paprika összkarotinoid tartalmára ( $F_{(3,24)}=6,554$ ;  $p<0,005$ ). A post-hoc teszt alapján a második szedésnél lényegesen magasabb volt az összkarotinoidok mennyisége az első szedéshez képest (26. táblázat). A fehér árnyékoló háló alatt mértük a legalacsonyabb értékeket, A piros hálónál mért értékek egyik kezeléstől sem különültek el, viszont a zöld és a kontroll szignifikánsan magasabb összkarotinoid tartalommal rendelkezett, mint amit a fehér háló alatt mértünk. A 'Karpex' paprikánál az összkarotinoid tartalom 335,3±170,2 µg/g volt. A szedési időpont és az árnyékoló háló szintén együttesen fejtették ki hatásukat, mint a 'Kárpia' paprikánál ( $F_{(3,24)}=3,28$ ;  $p=0,038$ ). A post-hoc teszt alapján itt is a második szedés volt kedvezőbb. Ez összhangban van NAGY és munkatársai (2016) és OMBÓDI és munkatársai (2015) megállapításával is, miszerint a második (őszi szedés) kedvezőbb karotinoid tartalom szempontjából, mint az első (nyári) szedés. A kontroll állományban mért összkarotinoid tartalom volt a legmagasabb, 541,4±120,1 µg/g, és ez az eredmény szignifikánsan eltér a piros és a zöld háló alatti paprikákban mért értékektől.

**26. táblázat.** A szedési időpont és az árnyékoló hálók hatása az összkarotinoid tartalom átlag±SD (n=4) értékeire 2015-ben hajtásban.

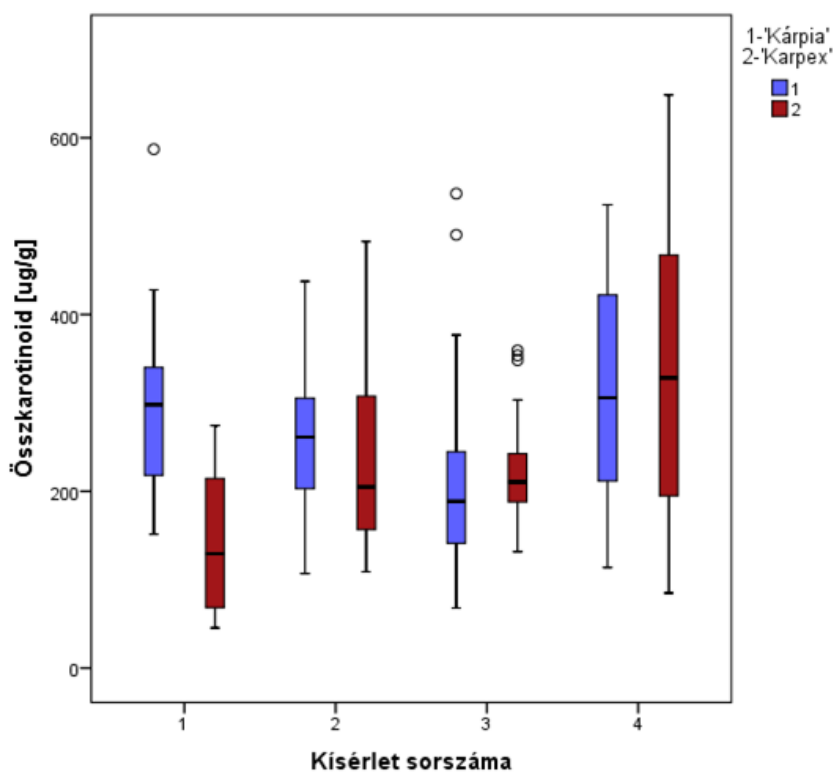
Összkarotinoid [ $\mu\text{g/g}$ ]						
Fajta	Szedési időpont	Termesztési mód	Kontroll	Fehér háló	Piros háló	Zöld háló
'Kárpia'	1. szedés	Hajtás	293,98±64,1 Ab	196,3±35,33 Aa	168,64±38,32 Aab	215,39±9,31 Ab
	2. szedés	Hajtás	407,92±81,8 Bb	339,09±45,04 Ba	473,02±34,45 Bab	456,1±45,67 Bb
'Karpex'	1. szedés	Hajtás	232,32±11,34 Ab	181,37±44,89 Aab	123,95±28,83 Aa	198,02±65,48 Aa
	2. szedés	Hajtás	541,44±120,14 Bb	533,87±72,14 Bab	479,07±26,32 Ba	392,04±13,41 Ba

A Tukey HSD post-hoc teszt eredményei alapján az azonos nagybetűvel jelölt értékek oszlopon belül a szedési idő vonatkozásában, és az azonos kisbetűvel jelölt értékek soron belül az árnyékolás vonatkozásában nem térnek el egymástól 5 %-os szignifikancia szinten.

### A kísérletek eredményeinek összevetése

Az összes karotinoid tartalom szabadföldön 2013-ban 217,9±111,4  $\mu\text{g/g}$  volt, 2014-ben valamivel több, 243,7±83,4  $\mu\text{g/g}$  volt. Ugyan ebben az évben hajtásban 210,4±76,9  $\mu\text{g/g}$  összes karotinoid tartalmat mértünk, 2015-ben pedig a legmagasabbat, 327±146,8  $\mu\text{g/g}$ -ot. RUSSO ÉS HARWARD (2002) kísérletükben 10,36 és 153,99  $\mu\text{g/g}$  összes karotinoid tartalmat mértek 5 pirosra érő étkezési paprika fajtát vizsgálva.

Az évjáráthatást vizsgálva a statisztikai elemzésből kiderül, hogy van különbség az egyes évjáratok között ( $F_{(3,296)}=17,98$ ;  $p<0,001$ ). A post-hoc teszt alapján pedig megállapítottuk, hogy a 2015-ös év eredményezte a legmagasabb összes karotinoid tartalmat, elvált az összes többi kísérlet eredményeitől. A szabadföldi kísérletek és a 2014-es évi hajtásos kísérletek viszont nem váltak el egymástól (38. ábra).



38. **ábra.** A kísérletek során mért összes karotinoid tartalom [ $\mu\text{g/g}$ ] alakulása fajtánként.

A kísérletek sorszámanál az 1-es a 2013-as évnek, a 2-es a 2014-es év szabadföldi kísérletnek, a 3-as a 2014-es hajtatasos kísérletnek, a 4-es a 2015-ös hajtatasos kísérletnek felel meg.

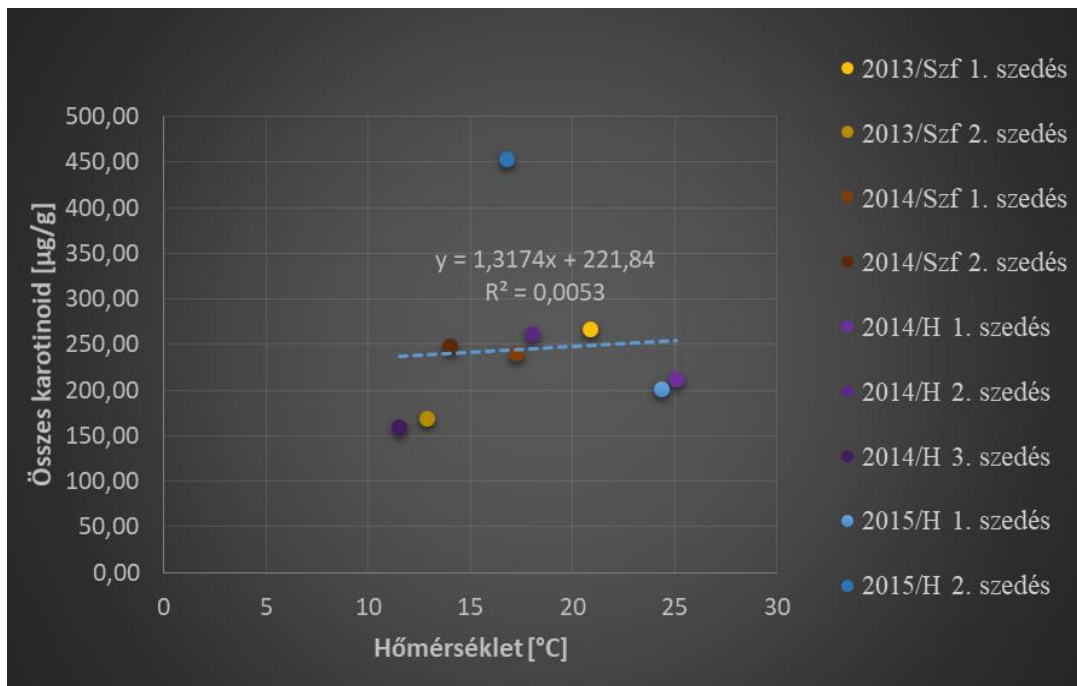
A két fajtát minden évben páros t-próbával összehasonlítva, egyértelműen a 'Kárpia' paprika teljesített jobban összkarotinoid tartalom szempontjából. Szignifikánsan magasabb volt a 'Kárpia' paprika összkarotinoid tartalma 2013-ban szabadföldön a fehér, a sárga és a rózsaszín hálónál, valamint a kontroll kezelésnél. Ugyanezt tapasztaltuk 2014-ben hajtatasban a fehér hálónál és a kontroll kezelésnél (Függelék 1. táblázat).

A szabadföldi és a hajtatasos kísérletek között fellépő esetleges különbséget Welch-próbával vizsgáltuk. Az összehasonlító elemzésből kiderült, hogy a karotinoid tartalom szempontjából hajtatas során magasabb összes karotinoid tartalmat érhetünk el, mint szabadföldön ( $d_{(294)} = -2,077$ ;  $p = 0,039$ ).

2015-ben a szedést megelőző 15 nap átlagos napi hőmérséklete az első szedéskor 23,88 és 24,87 °C között mozgott, a második szedéskor 16,61 és 17,18 °C között alakult. Az első szedést megelőző időszakban többször volt huzamosabb ideig 30 °C-nál (sőt, előfordult 40 °C-nál is) magasabb hőmérséklet, mely magas hőmérséklet a karotinoidok bioszintézisét már megzavarja (LEE et al. 2005; HELYES et al. 2007). A második szedés során elvétve volt csak 30 °C-nál magasabb hőmérséklet. Ezzel magyarázható, hogy ebben az évben a második szedésnél tapasztaltunk szignifikánsan magasabb karotinoid tartalmat, mint az első szedésnél. Ezt RUSSO

és HARWARD (2002) megállapítása is alátámasztja, miszerint a védettebb körülmények és a kisebb kitétség növeli a paprika összes karotinoid tartalmát, főleg a már pirosra színeződött paprikánál.

2013 és 2015 között történt 9 szedéshez tartozó átlagos összes karotinoid értékeket (a két fajta átlagolásával) és a szedést megelőző 15 nap átlaghőmérsékleteit vizsgálva nem találtunk szignifikáns kapcsolatot Pearson-féle korreláció elemzéssel ( $p=0,852$ ;  $R=0,0053$ ) (40. ábra).



39. **ábra.** A kísérletek során mért összes karotinoid tartalom [ $\mu\text{g/g}$ ] és a hőmérséklet közötti együtt járás vizsgálata az összes szedés tekintetében.

Az azonos színű pontok egyazon kísérlet szedési időpontjait jelzik. SZF=szabadföld, H=hajtatás

## 4.5 Új tudományos eredmények

- Bebizonyítottam, hogy klimatikus viszonyaink között a fotoszelektív árnyékoló hálók közül szabadföldön a kápia fajtakörhöz tartozó 'Karpex' paprika termésmennyiségének növelésére a sárga színű háló alkalmas. A zöld színű árnyékoló háló használata a termésmennyiségben csökkenést okozhat, viszont a bogyó minőségére egyértelműen pozitív hatást gyakorol.
- Megállapítottam, hogy hazai viszonyok között a 'Kárpia' paprika C-vitamin szintézisét a rózsaszín háló tudja elősegíteni szabadföldi körülmények mellett. A piros és a fehér háló viszont negatív hatást gyakorol mennyiségére.
- Igazoltam, hogy a szabadföldi paprikatermesztésben az árnyékoló háló nem befolyásolja a 'Kárpia' és 'Karpex' fajták összes karotinoid tartalmának alakulását a mi éghajlati viszonyaink mellett.
- Megállapítottam, hogy szabadföldön a különösen erős UV sugárzás szövetkárosító hatásának, azaz a napégés kivédésére a zöld háló alkalmas.
- Bebizonyítottam, hogy a napégett bogyó egészséges szövetei és az ép bogyók szövetei között nincs különbség a C-vitamin tartalomban, a C-vitamin szintézisét összességében az erős sugárzás nem zavarja meg.
- Kimutattam, hogy a napégett bogyók egészséges szöveteinek szignifikánsan kevesebb a karotinoid tartalma, mint az ép bogyóké.
- Hazánkban a hajtás során a 'Kárpia' és 'Karpex' fajtáknál magasabb összes karotinoid tartalom érhető el, mint szabadföldi körülmények között.

## 5. KÖVETKEZTETÉSEK ÉS JAVASLATOK

A fotoszelektív árnyékoló hálókat értékeltük a termésmennyiség, a termékek minősége, a C-vitamin tartalom és az összes karotinoid tartalom szempontjából.

Szabadföldön az árnyékoló hálók közül a sárga színűt tudjuk javasolni, mivel szignifikánsan magasabb termésmennyiséget eredményezett használata a kontrollhoz képest. A rózsaszín háló pedig a C-vitamin tartalmat serkentette. 2014-ben szabadföldi körülmények között bebizonyosodott, hogy évjáráttól függően, a termesztők által széles körben használt zöld háló negatív hatást gyakorolhat a termésmennyiségre. Annak ellenére, hogy a termés mennyiség csökkenését okozhatja, megállapítottuk, hogy a zöld háló a termékek minőségére egyértelműen pozitív hatást gyakorolt. Szabadföldön a zöld háló volt az, ahol egyik fajtánál sem találtunk napégett bogyókat. Ezért szabadföldön a különösen erős ultraibolya (UV) és ezek közül is leginkább az UV Ba sugarak szövetkárosító hatásának kivédésére a zöld háló alkalmas volt, valamint használatakor majdnem minden esetben egyöntetű bogyókat tapasztaltunk. Ugyanakkor ennek ellenére is kisebb termésmennyiséget eredményezett, így piaci célra szánt paprika termesztése esetében használata nem ajánlott. Emellett a zöld háló a 'Karpex' paprikák C-vitamin tartalmát és összes karotinoid tartalmát is negatívan befolyásolta 2015-ben.

Ugyan ebben az évben hajtásban a piros árnyékoló háló mindkét fajtánál alacsonyabb termésmennyiséget eredményezett, mint az árnyékoló háló nélküli kontroll. Továbbá, szabadföldön negatívan befolyásolta a C-vitamin tartalmát, a 2014-es évben mindkét fajtánál egyértelműen csökkentette a paprikák összes karotinoid tartalmát, a 2015-ös évben a 'Karpex' paprikáét is. Ennek a hálónak a fényáteresztése volt a legalacsonyabb, ezzel magyarázható, hogy hajtásban nem voltak napégett bogyók a piros háló alatt, egy alkalomtól eltekintve, 2014-ben a második szedéstől. Az alacsonyabb termésmennyiség- és összes karotinoid tartalom értékek oka, hogy a Richel növényház duplafalú fólia borítása már túl sok fényt szűrt meg az árnyékoló hálóval együtt. Ezért a magas árnyékolási faktorral rendelkező hálók (piros, zöld) használata semmiképpen sem ajánlott duplafalú fólia borítás mellett.

Hajtásban a fehér háló a 'Karpex' paprika C-vitamin tartalmát 2014-ben csökkentette. Ugyan ebben az évben növelte a 'Kárpia' paprika összes karotinoid tartalmát, 2015-ben viszont csökkentette. A két kísérlet beállításában a különbség az előbb említett Richel fóliaház duplafalú UV stabil fólia borítása és a Soroksár 70-es fóliasátor egyrétegű polietilén fólia borításának fényáteresztésében nyilvánul meg. Ebből az következik, hogy a fehér háló megfelelő fényintenzitás mellett növelni tudja az összes karotinoid tartalmát, a küszöbérték alatt, viszont csökkentő hatás érhető el használatával.

A termelők számára a legkézzelfoghatóbb és egyben a legfontosabb értékmérők a termésmennyiség és a minőség, ezek határozzák meg bevételük mértékét. A paprikatermesztőknek a 'Karpex' fajtát ajánljuk a 'Kárpia' paprikával szemben. Kísérleteink során megállapítottuk, hogy szignifikánsan magasabb piacképes termésmennyiséget ad, és a bogyó átlagtömeg is szignifikánsan nagyobb a 'Karpex' paprikánál, mint a másik fajtánál. Továbbá megállapítottuk azt is, hogy a napégés tüneteit mindkét fajta szinte azonos arányban mutatta. A 'Karpex' fajta valamivel fogékonyabb a betegségekre, a 'Kárpia' paprika pedig hajlamosabb a repedésekre.

A 'Kárpia' és 'Karpex' paprikák C-vitamin tartalma között nem találtunk különbséget. Valószínűleg azért, mert a genotípus determinálja, hogy jellemzően milyen magas lehet a paprika C-vitamin tartalma és ez a két fajta hasonló genetikai háttérrel rendelkezik. Így mindkét fajta ajánlható a magas C-vitamin tartalmú paprika termesztés érdekében.

A két fajta közül a 'Kárpia' paprika az, mely átlagosan több biológiailag aktív komponenszt tartalmazott, így ha ezt a fajtát vesszük termesztésbe, magasabb biológiailag aktív karotinoiddal rendelkező paprikákat kapunk. A két fajta közül a 'Kárpia' paprikának magasabb az összkarotinoid tartalma. Azonban gazdasági szempontok alapján a 'Karpex' paprika termesztése előnyösebb, intenzívebb piros színe miatt, ugyanis több piros és kevesebb sárga színű karotinoidot tartalmaz, mint a 'Kárpia'.

A két termesztési technológia (hajtatás és szabadföldi termesztés) a bogyóméret és a piacképes termésmennyiség szempontjából nem meghatározó. Azonban az összes termés mennyiségét nézve nagyobb arányban volt a piacképes paprika a hajtatás során, mint a szabadföldi termesztésnél. Továbbá szabadföldön több betegséggel fertőzött bogyót találtunk, mint hajtatásban. Ugyanakkor a hosszanti száraz repedések a paprikákon gyakoribbak voltak a hajtatás során.

A beltartalmi paramétereket elemezve a hajtatás során szignifikánsan magasabb összkarotinoid tartalmat érhetünk el, mint szabadföldön, ajánlott tehát hajtatásban nevelni a paprikákat, ha a minél magasabb karotinoid tartalom a cél. A C-vitamin tekintetében nem volt különbség, ennek ellenére érdemes mégis a hajtatást választani, mert ugyanakkora C-vitamin tartalom mellett a piacra jutásban hajtatással akár egy hónap nyerhető, ami igen jelentős profittöbblettel jár együtt.

Az évjáráthatást vizsgálva megállapítottuk, hogy 2013-ben valószínűleg azért nem talákoztunk a repedt paprika bogyókkal, csak elhanyagolható mértékben, mert a páratartalom ebben az évben kiegyenlítettebb volt, mint a többi kísérleti évben. 2014-ben viszont jóval kevesebb napégett bogyó volt, mint 2013-ban. Szabadföldön a 2013-as évben szignifikánsan kisebb volt a termésmennyiség, mint a 2014-es évben. Hajtatásban nem volt különbség a két év

termésmennyisége között. Nemcsak a termésmennyiség, hanem a bogyóátlag tömegének szempontjából is a 2014-év volt a legkedvezőbb. Ennek oka az lehetett, hogy 2014-ben a bogyók képződésének időszakában hűvösebb volt a szokásosnál, így a párolgás is alacsonyabb volt, így relatívan több vízhez juthattak a tövek, mint a szárazabb és melegebb 2013-as évben.

A C- vitamin képződésének is a 2014-es év kísérlet körülményei feleltek meg leginkább, ezen belül is a szabadföldi kísérleté, szignifikánsan magasabb volt a C-vitamin tartalom, mint a többi kísérletnél. 2014-ben a szedéseket megelőző 15 napban hűvösebb volt a megszokottnál, a napi maximumok szabadföldön nem mentek 30 °C fölé, a legmagasabb C-vitamin tartalom 22 °C-os maximumok mellett alakult ki. A 2015-ös évben az augusztusi szedést megelőző 15 nap 39-44 °C-os maximumai sem serkentették a C-vitamin bioszintézisét. Ez arra enged következtetni, hogy a C-vitamin termelődését is (nem csak a karotinoidokét) negatívan befolyásolja a magas, 30 °C feletti hőmérséklet. Mindemellett a 2015-ös évben detektáltuk a szignifikánsan a legmagasabb összes karotinoid tartalmat, ennek oka az őszi szedésnél tapasztalt kiemelkedően magas összes karotinoid tartalom volt.

A szabadföldi kísérleteknél minden esetben a kora őszi betakarítás eredményezett szignifikánsan magasabb C-vitamin tartalmat, annak ellenére, hogy 2013-ban 8 °C-kal, 2014-ben 3,3 °C-kal volt alacsonyabb az átlagos hőmérséklet a kora őszi szedésnél. Viszont a nyári szedéseknél többször és jóval több mennyiségű csapadék hullott le a betakarítást megelőző 15 napos időszakban. A borult égbolt és a magasabb hőmérséklet, 34-29 °C nem kedvezett a C-vitamin bioszintézisének. Ebből azt a következtetést tudjuk levonni, hogy a C-vitamin termelődését jobban befolyásolja a fényintenzitás, mint a hőmérséklet. Továbbá, megállapítottuk azt is, hogy hajtásban a nyári vagy kora őszi betakarítás magasabb C-vitamin tartalmat eredményezett, mint egy késő őszi betakarítás, szintén a magasabb fényellátottságnak köszönhetően.

Szabadföldön a nyári szedések hoztak magasabb összes karotinoid tartalmat, hajtásban pedig az őszi szedések. Ennek oka, hogy a hajtás során a nyári időszakban gyakran (naponta akár 4 órán keresztül) 40 °C-ot is meghaladó hőmérséklet által okozott hőstressz hátráltatta a karotinoid bioszintézist.



## 6. ÖSSZEFOGLALÁS

Az étkezési paprika az egyik legfontosabb zöldségnövényünk világszerte, értéke gazdasági és táplálkozás-tudományi szempontból is kiemelkedő. Hazánkban a paprikát a zöldségfélék közül az egyik legnagyobb mennyiségben termeljük és zöldségajtatásunk mintegy 50%-át teszi ki. Számos család foglalkozik paprikatermesztéssel, megélhetésük a paprikatermesztés eredményességétől függ. Napjaink szélsőséges időjárási viszonyai között azonban ez egyre nagyobb kihívás, ugyanis óriási problémát jelent a növényeket érő hőstressz és az intenzív besugárzás, mely többek között napégést, és ezáltal termésmennyiség és termésminőség csökkenést eredményezhet. A problémára megoldást jelenthet a speciális optikai tulajdonságokkal rendelkező fotoszelektív hálók használata. Ugyanis a hálók a szövet sűrűségétől és a kromatikus adalékanyagok milyenségétől függően megváltoztatják a beeső sugárzás spektrumát, intenzitását és az alatta kialakuló klimatikus tényezőket. Ezek a tulajdonságok előnyösek az időzítés, a termésmennyiség, a belső és külső minőségi paraméterek szempontjából.

Ezért célul tűztük ki egy olyan tanulmány elkészítését, amely a fotoszelektív árnyékoló hálók alkalmazásának előnyeit és hátrányait egyaránt bemutatja kitérve a legfontosabb értékmérő tulajdonságokra, mint a termésmennyiség, minőség és a beltartalmi tulajdonságok közül a C-vitamin tartalom és a karotinoid tartalom.

A termesztésbe vett paprikák a 'Kárpia' és 'Karpex' fajták voltak. 2013-ban szabadföldön, 2014-ben szabadföldön és hajtatásban (Soroksár 70 típusú fóliasátor), 2015-ben pedig csak hajtatásban (Richel 8 típusú, dupla falú fóliaház) állítottuk be kísérleteinket. Az első évben öt fotoszelektív hálót (fehér, piros, zöld, sárga, rózsaszín), a második és harmadik évben 3-3 hálót (fehér, piros, zöld) volt lehetőségünk alkalmazni. A környezeti tényezőket, mint a hőmérséklet, a csapadék mennyisége és eloszlása, és a fényintenzitás monitorozását végeztük a tenyészidőszak során. A lombzat hálók által megszűrt fényre adott válaszában értékeléséhez relatív klorofill tartalmat mérő SPAD készüléket használtunk. Szedéskor a paprika terméseket piacképes ép, napégett, betegséggel fertőzött és repedt minőségi osztályokba soroltuk. Betakarítás után a 'Kárpia' és 'Karpex' fajták C-vitamin tartalmának és az összes karotinoid tartalmának roncsolás mentes analitikai vizsgálatát HPLC készülék segítségével végeztük. A kárpia fajtakör karotinoidjainak változását az érési folyamat során szintén HPLC készülékkel detektáltuk.

A HPLC készülék segítségével több, mint 60 karotinoidot választottunk szét mind a két fajtánál. A szétválasztott komponensek közül 56-ot azonosítottunk és mennyiségileg is meghatároztuk ezeket.

Az érésdinamikai vizsgálatok során 8 különböző érési stádiumot különítettünk el, a zöld színű, csupán 5 sárga karotinoidot  $10,29 \pm 0,4$   $\mu\text{g/g}$  mennyiségben tartalmazó paprikáktól egészen a már körülbelül 60 karotinoidot  $728,58 \pm 164,96$   $\mu\text{g/g}$  mennyiségben tartalmazó túlérett, mély bordó színű paprikáig. A kapszantin, a paprika legjelentősebb piros színű karotinoidja a kormosodás kezdetén jelenik meg. Az utolsó érési stádiumban a legmagasabb a paprika összes karotinoid tartalma, és a piros színű karotinoidok aránya. A biológiailag aktív komponensek mennyisége az érés során fokozatosan nő.

A fotoszelektív árnyékoló hálókat értékeltük a termésmennyiség, a termések minősége, a C-vitamin tartalom és az összes karotinoid tartalom szempontjából. A hálók közül szabadföldön egyedül a sárga színű hálónál tapasztaltunk szignifikánsan magasabb termésmennyiséget. Ugyanezt a paramétert vizsgálva, azt is megállapítottuk, hogy a zöld színű árnyékoló háló szignifikánsan negatív hatást gyakorolt a termésmennyiségre. Hajtatásban a piros színű árnyékoló hálónál tapasztaltunk termésmennyiség csökkentő hatást, mégpedig a duplafalú fóliaházban termesztett paprikáknál. Hajtatásban a termés mennyiség és minőség növelése érdekében nem érdemes árnyékoló hálót alkalmazni, főleg nem duplafalú fólia esetében. A rózsaszín háló használata előnyösnek bizonyult, ez a háló serkentette a paprikák C-vitamin tartalmát szabadföldön. A fehér színű árnyékoló háló hajtatásban a karotinoidok bioszintézisét serkenteni tudta, a piros árnyékoló háló viszont csökkenti mennyiségüket. A fotoszelektív hálók hatását az időjárási- és a termesztési körülmények nagyban befolyásolják.

2013-ban tapasztaltuk a legtöbb napégésre utaló szövetelhalást. Szabadföldön a zöld hálónál nem találtunk napégett bogyókat. Ezért szabadföldön a különösen erős UV sugárzás szövetkárosító hatásának kivédésére a zöld háló alkalmas. Hajtatásban a piros háló volt az, mely alacsony fényáteresztése miatt leginkább védett a napégestől. A napégett bogyó egészséges szövetei és az ép bogyók szövetei között nincs különbség a C-vitamin tartalomban, tehát a szövetelhalásos tünet nem jár együtt csökkent C-vitamin tartalommal, a C-vitamin szintézisét összességében az erős sugárzás nem zavarja meg. Ezzel szemben van különbség az összes karotinoid tartalomban, a napégett bogyók egészséges szöveteinek szignifikánsan kevesebb a karotinoid tartalma, mint az ép bogyóké. Az eredményeim alapján javaslatom, hogy erős napsugárzásnak kitett paprika állománynál használjuk a fotoszelektív árnyékoló hálókat, azonban érdemes a hálók tényleges árnyékolását ellenőrizni, túl magas árnyékolási faktoriall ép ellenkező hatást érhetünk el, mint szeretnénk.

A legmagasabb termésátlagot és bogyóátlag tömeget hajtatásban és szabadföldön is az első szedés során érték el. Szabadföldön a mi éghajlati adottságaink alapján a kora őszi betakarítás magasabb C-vitamin tartalmat eredményez, mint a nyári. Hajtatásban a nyári vagy kora őszi betakarítás jár együtt magasabb C-vitamin tartalommal a késő őszi betakarítással szemben.

Szabadszabványon a nyári szedések hoztak magasabb összes karotinoid tartalmat, hajtatásban pedig az őszi szedések. Ennek oka, hogy a hajtatás során a nyári időszakban gyakran (naponta akár 4 órán keresztül) 40 °C-ot is meghaladó hőmérséklet által okozott hőstressz hátráltatta a karotinoid bioszintézist.

A két termesztési technológia, a hajtatás és a szabadszabványi termesztés összehasonlítását elvégeztük a termésmennyiség, a minőség, a C-vitamin tartalom, és az összes karotinoid tartalom alapján. Egyedül a karotinoid tartalom az, ahol a termesztési technológiák között szignifikáns különbséget találtunk. A karotinoid tartalom szempontjából hajtatás során magasabb összkarotinoid tartalmat érhetünk el, mint szabadszabványon. Annak ellenére, hogy a többi paraméterben nem mutatkozott különbség, mégis érdemes a hajtatást választani, mert ugyanolyan termésmennyiség, minőség és C-vitamin tartalom mellett a piacra jutásban hajtatással akár egy hónap nyerhető, ami igen jelentős profit többlettel jár együtt.

Vizsgálataink alapján megállapítottuk, hogy a 'Karpex' fajta bogyoinak átlagtömege és termésmennyisége is magasabb, mint a 'Kárpia' paprikáé, (még azzal együtt is, hogy a 'Kárpia' paprikában magasabb a piacképes bogyoók aránya). Nem találtunk különbséget a két fajta C-vitamin tartalma között. Mindkettő ajánlható a magas C-vitamin tartalmú paprika termesztés érdekében. A két fajta közül a 'Kárpia' paprika az, mely átlagosan több biológiailag aktív karotinoid komponens tartalmat tartalmaz, és ennek a fajtának az összes karotinoid tartalma is magasabb. Gazdasági szempontok alapján viszont a 'Karpex' paprika termesztése előnyösebb, intenzívebb piros színe miatt, valamint nagyobb termésátlagából adódóan.

## 6.1 Összefoglalás angol nyelven

Sweet pepper is one of our most important vegetable crops worldwide, and their value is outstanding from both an economic and nutritional point of view. In Hungary, peppers are produced in one of the largest quantities of vegetables and account for about 50% of our vegetable sprouts. In Hungary, many families grow peppers, and their livelihood depends on the success of pepper production. However, in today's extreme weather conditions, this is an increasing challenge, as heat stress of plants and intense radiation are a huge problem, which can result sunscald and thus a decrease in yield and crop quality. The use of photosensitive shading nets with special optical properties can be a solution to the problem. This is because nets change the spectrum of radiation, the intensity of the radiation and the climatic factors, depending on the density of the weave and the nature of the chromatic additives. Photosensitive nets also reduce air movement, thereby increasing relative humidity. These properties are advantageous in terms of timing, yield, internal and external quality parameters. Therefore, our aim was to write a study that presents both the advantages and disadvantages of using photosensitive shading nets,

covering the most important value-measuring properties such as yield, quality and nutritional properties.

The peppers cultivated were 'Kárpia' and 'Karpex' variety. We conducted our experiments in the open field in 2013 and 2014, and in forcing (Soroksár 70 type plastic tent) in the same year, and in 2015 (Richel 8 type, double-walled foil house). In the first year we had the opportunity to use five photosensitive nets (white, red, green, yellow and pink), in the second and third years we used 3-3 nets (white, red, green).

Environmental factors such as temperature, precipitation amount and distribution, relative humidity, and light intensity were monitored during the growing season. A SPAD instrument measuring relative chlorophyll content was used to assess the condition of the plants and to evaluate the response of the foliage to the light filtered by the nets. At the harvest, we classified the peppers into different categories: marketable, sunscalded, infected and cracked quality classes. After harvest, non-destructive analytical analysis of the most important content parameters, such as vitamin C content and total carotenoid content of 'Kárpia' and 'Karpex' cultivars was performed using HPLC (High Performance Liquid Chromatography). Changes in carotenoids in the karpia type during the maturation process were also detected by HPLC.

More than 60 carotenoids in both cultivars were separated by HPLC. 56 of the separated components were identified and quantified. During the ripening dynamics studies, 8 different ripening stages were distinguished, from green peppers containing only 5 yellow carotenoids in an amount of  $10.29 \pm 0.4 \mu\text{g} / \text{g}$  to overripe, deep red peppers already containing about 60 carotenoids in an amount of  $728.58 \pm 164.96 \mu\text{g} / \text{g}$ . Capsanthin, the most significant red carotenoid in peppers, appears at the onset of color breaking. In the last ripening stage, the total carotenoid content of peppers and the proportion of red carotenoids are the highest. The amount of biologically active components gradually increased during maturation.

Photosensitive shading nets were evaluated based on yield, yield quality, vitamin C content, and total carotenoid content. We found significantly higher yields in the case of yellow net at the open field experiments. Examining the same parameter, we also found that the green shading net had a significant negative effect on yield. At the forcing, we found a yield-reducing effect in the case of the red shading net, namely in the case of peppers grown in a double-walled plastic housing. In order to increase the quantity and quality of the crop at the forcing, it is not advisable to use a shading net, especially in the case of double-walled plastic house. The use of pink net proved to be beneficial, this net stimulated the vitamin C content of the peppers at open field. The white shading net at forcing was able to stimulate the biosynthesis of carotenoids, while the red shading net reduced their amount. The effect of photosensitive nets is greatly influenced by weather and growing conditions.

In 2013, we experienced the most tissue deaths because of sunscald. We did not find sunscalded peppers at the green net in the open field. Therefore, the green net is suitable for preventing the tissue-damaging effects of particularly strong UV radiation. At forcing, it was the red net that was most protected from sunscald due to its low light transmission. There is no difference in vitamin C content between the healthy tissues of a sunscalded pepper and the tissues of intact peppers, so the symptom of tissue necrosis is not associated with decreased vitamin C content, and the synthesis of vitamin C is not disturbed by strong radiation. In contrast, there is a difference in total carotenoid content, with healthy tissues of sunscalded peppers having significantly less carotenoid content than intact peppers. Based on my results, my suggestion is to use photosensitive shading nets for peppers exposed to strong sunlight, but it is worth checking the actual shading of the nets, with too high shading factor we can achieve the opposite effect as we would like.

The highest average yield and average pepper weight were achieved both at the forcing and in the open field during the first harvest, so it is definitely worth to time crop so that the market price of the peppers is the highest during the first harvest.

In the open field, based on our climatic conditions, early autumn harvest results in higher vitamin C content than summer. At the forcing, on the other hand, summer or early autumn harvest is associated with higher vitamin C content compared to late autumn harvest. In the open air, summer harvests brought higher total carotenoid content, and at forcing, autumn harvests. This is due to the fact that heat stress caused by temperatures above 40 ° C, during the summer (up to 4 hours per day), inhibited carotenoid biosynthesis at the forcing.

Comparisons of the two cultivation technologies, forcing and field cultivation, were made based on yield, quality, vitamin C content, and total carotenoid content. Only the carotenoid content is where we found a significant difference between cultivation technologies. In terms of carotenoid content, higher total carotenoid content can be achieved during forcing than in the open field. Despite the fact that there was no difference in the other parameters, it is still worth choosing the forcing, because with the same yield, quality and vitamin C content, it can take up to a month to get on the market, which means a very significant profit surplus.

Based on our studies, we found that the average weight and yield of peppers of the 'Karpex' genotype were higher than those of 'Kárpia' peppers. We found no difference in vitamin C content between the two genotypes. Both are recommended for growing peppers with a high vitamin C content. Of the two genotypes, 'Kárpia' pepper is the one that contains, on average, more biologically active components, and this genotype also has a higher total carotenoid content. From an economic point of view, however, the cultivation of 'Karpex' peppers is more advantageous because of its more intense red color and its higher average yield.

## 7. MELLÉKLETEK

### 7.1 M1. Irodalomjegyzék

#### Internetes források:

1. HTTP 1.: <https://www.museolarco.org/en/gallery/fruits-in-ancient-peru/#&gid=1&pid=10> 2020. 05. 18.
2. HTTP 2.: <https://artgallery.yale.edu/collections/objects/63653> 2020. 05. 18.
3. HTTP 3.: [https://www.agroinform.hu/kerteszeti\\_szoleszet/felemas-a-paprika-idei-merlege-is-29388-001](https://www.agroinform.hu/kerteszeti_szoleszet/felemas-a-paprika-idei-merlege-is-29388-001) 2020. 05. 05.
4. HTTP 4.: <https://www.ksh.hu/docs/hun/xftp/gyor/vet/vet1505.pdf> 2020. 03. 10.
5. HTTP 5.: [https://www.ksh.hu/docs/hun/xstadat/xstadat\\_eves/i\\_omn004o.html?down=48](https://www.ksh.hu/docs/hun/xstadat/xstadat_eves/i_omn004o.html?down=48) 2020. 03. 10.
6. HTTP 6.: <https://www.ksh.hu/docs/hun/xftp/gyor/vet/vet1606.pdf> 2020. 03. 10.
7. HTTP 7.: <https://magazin.fruitveb.hu/bulletin-zoldsegtermesztes/> 2020. 02. 14.
8. HTTP 8.: <https://magyarmezogazdasag.hu/2019/06/30/jol-kezdodott-kapiaszazon> 2020. 04. 18.
9. HTTP 9.: <https://fruitveb.hu/a-zoldsegagazat-helyzetertekelese-a-2019-ev-januar-augusztus-idoszak-tortenesei-alapjan/> 2020. 04. 20.
10. HTTP 10.:  
[https://ec.europa.eu/food/plant/plant\\_propagation\\_material/plant\\_variety\\_catalogues\\_databases/search/public/index.cfm?event=SearchVariety&ctl\\_type=H&species\\_id=14&variety\\_name=&listed\\_in=0&show\\_current=on&show\\_deleted](https://ec.europa.eu/food/plant/plant_propagation_material/plant_variety_catalogues_databases/search/public/index.cfm?event=SearchVariety&ctl_type=H&species_id=14&variety_name=&listed_in=0&show_current=on&show_deleted) 2020. 08. 12.
11. HTTP 11.:  
<https://www.google.hu/maps/@47.5928938,19.3544626,1010a,20y,90h/data=!3m1!1e3> 2015. 10. 27.
12. HTTP 12.: <https://docplayer.hu/2470052-Szines-paprika-paletta.html> 2020. 08. 10.
13. HTTP 13.: <http://www.ginegar.com/polysack-nets/chromatinet-red/red-shade-40.html> 2016. 02. 10.
14. HTTP 14.: <http://www.kenderfono.hu/hu/termekeink/raschel-lapkelme/> 2020. 08. 10.
15. HTTP 15.: <https://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2011:157:0001:0163:HU:PDF> 2020. 02. 29.

## Irodalmi források:

16. AGARWAL, S., RAO, A. V. (2000): Carotenoids and chronic diseases. *Drug Metabolism and Drug Interactions*, 17 (1-4):189-210. p.
17. AMBRÓZY, ZS. (2017): A vízellátottság és a mikorrhizakezelés hatása az étkezési paprika mennyiségi és minőségi paramétereire. *Kertgazdaság*, 49 (4): 3-11p.
18. ANGELI, L. (1955): Paprikatermelés. Budapest: Mezőgazdasági kiadó. 144. p.
19. ANGELI, L. (1968): Paprikatermesztés. Budapest: Mezőgazdasági kiadó. 224. p.
20. ANDREWS, J. (1995): Peppers: The domesticated *Capsicums*. Austin: University Of Texas Press, 129. p.
21. ARTHURS, S. P., STAMPS, R. H., GIGLIA, F. F. (2013): Environmental Modification Inside Photosensitive Shadehouses. *HortScience*, 48 (8): 975-979. p.
22. BAUERNFEIND, J. C. (1981): Carotenoids as colorants and vitamin A precursors. New York: Academic press, 938 p.
23. BEN-YAKIR, D., ANTIGNUS, Y., OFFIR, Y., SHAHAK, Y. (2012): Colored shading nets impede insect invasion and decrease the incidences of insect-transmitted viral diseases in vegetable crops. *Entomologia Experimentalis Et Applicata*, 144 (3): 249-257. p.
24. BIACS, P. A., DAOOD, H. G., PAVISA, A., HAJDU, F. (1989): Studies on the carotenoid pigments of paprika (*Capsicum annum* L.var Sz-20). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 37 (2): 350–353. p.
25. BIACS, P. A., CZINKOTAI, B., & HOSCHKE, A. (1992): Factors affecting stability of colored substances in paprika powders. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 40 (3): 363-367. p.
26. BIACS, P. A., DAOOD, H. G. (1994): High-performance liquid chromatography with photodiode-array detection of carotenoids and carotinoid esters in fruits and vegetables. *Journal of Plant Physiology*, 143 (4-5): 520-525. p.
27. BLOCK, G., PATTERSON, B., SUBAR, A. (1992): Fruit, vegetable, and cancer prevention: a review of the epidemiological evidence. *Nutrition and Cancer*, 18: 1–29. p.
28. BOSLAND, P. W., VOTAVA, E. J. (2000): Peppers: Vegetable and spice *Capsicums*. New York: CABI Publishing, 204. p.
29. BOSLAND, P. W. (1994): Chiles: History, cultivation, and uses. In: Charalambous, G. (Szerk.): *Species, Herbs, and Edible Fungi*. New York: Elsevier publishing, p. 347-366
30. CARUSO, G., COZZOLINO, E., CUCINIELLO, A., MAIELLO, R., CENVINZO, V., GIORDANO, M., DE PASCALE, S., ROUPHAEL, Y. (2020): Yield and quality of greenhouse organic

- pepper as affected by shading net in Mediterranean area. *Acta Horticulturae*, 1268, 335-340 p.
31. CAZZONELLI, I. C. (2001): Carotenoids in nature: insights from plants and beyond. *Functional Plant Biology*, 38, 833–847 p.
  32. COLLINS, A. R. (2001): Carotenoids and genomic stability. *Mutation Research*, 475 (1-2): 21-28 p.
  33. CONFORTI, F., STATTI, G. A., MENICHINI, F. (2007): Chemical and biological variability of hot pepper fruits (*Capsicum annuum* var. *acuminatum* L.) in relation to maturity stage. *Food Chemistry*, 102 (4): 1096-1104. p.
  34. CONKLIN, P. L.(2001): Recent advances in the role and biosynthesis of ascorbic acid in plants. *Plant, Cell and Environment*, 24 (4): 383-394 p.
  35. CZÓBEL, SZ., NAGY, J., SZERDAHELYI, T., SZIRMAI, O. (2007): A zárvatermők törzsének részletes rendszere. In: TUBA Z., SZERDAHELYI T., ENGLONER A., NAGY J. (Szerk.): *Botanika II. Bevezetés a növénytanba, algológiába, gombatanba és a funkcionális növényökológiába*. Budapest: Nemzeti Tankönyvkiadó, p. 217-522
  36. CSELŐTEI, L.(1955): Egyes zöldségnövények vízhasznosítási kérdései. Budapest: Kertészeti és Szőlészeti Főiskola 19. Évkönyve. 85 p.
  37. CSELŐTEI L., NYÚJTÓ, S., CSÁKY, A. (1993): Kertészet. Budapest: Mezőgazda Kiadó, 615. p.
  38. DEEPA, N., KAUR, C., SINGH, B., KAPOOR, H. (2006): Antioxidant activity in some red sweet pepper cultivars. *Journal of Food Composition and Analysis*, 19 (6): 572-578. p.
  39. DEEPA, N., KAUR, C., GEORGE, B., SINGH, B., KAPOOR, H. (2007): Antioxidant constituents in some sweet pepper (*Capsicum annuum* L.) genotypes during maturity. *LWT-Food Science and Technology*, 40 (1):, 121-129. p.
  40. DEWITT, D., BOSLAND, P. W. (1996): Peppers of the World. Berkeley, California: Ten Speed Press. 219 p.
  41. DÍAZ-PÉREZ, J. C. (2013): Bell Pepper (*Capsicum annum* L.) crop as affected by shade level: microenvironment, plant growth, leaf gas exchange, and leaf mineral nutrient concentration. *HortScience*, 48 (2): 175–182 p.
  42. DÍAZ-PÉREZ, J. C. (2014): Bell pepper (*Capsicum annum* L.) crop as affected by shade level: fruit yield, quality, and postharvest attributes, and incidence of phytophthora blight (caused by *Phytophthora capsici* Leon.). *HortScience*, 49 (7): 89–900 p.
  43. DÍAZ-PÉREZ, J. C., ST. JOHN, K. (2019): Bell pepper (*Capsicum annum* L.) under colored shade nets: plant growth and physiological responses. *HortScience*, 54 (10): 1795–1801 p.



44. DURING, A., HARRISON, E. H. (2005): An in vitro model to study the intestinal absorption of carotenoids. *Food Research International*, 38. 1001–1008. p.
45. ELAD, Y., MESSIKA, Y., BRAND, M., DAVID, D. R., SZTEJNBERG, A. (2007): Effect of colored shade nets on pepper powdery mildew (*Leveillula taurica*). *Phytoparasitica* 35 (3): 285–299. p.
46. FALLIK, E., ALKALAI-TUVIA, S., PARSELAN, Y., AHARON, Z., ELMANN, A., OFFIR, Y., MATAN, E., YEHEZKEL, H., RATNER, K., ZUR, N., SHAHAK, Y. (2009): Can colored shade nets maintain sweet pepper quality during storage and marketing? *Acta Horticulturae* 830. 37–44. p.
47. FAOSTAT (2020): <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC>
48. FERREIRA, T. A. P. C., VALADARES, K. O., SOUZA, M. J. F., SANTANA, J. Q., BALBINO, M. P., FERREIRA, R. C. (2012): Yellow and Red Sweet Pepper Quality under Photosensitive Screens and Field Crop Conditions. *Acta Horticulturae*, 956, 473-479 p.
49. FERREIRA, R. C., BEZERRA, R. S., ROSA, J. Q. S. (2014): Effects of light intensity modification by reflective aluminized screenhouse on sweet pepper growth and yield. *Engenharia. Agrícola*, 34 (4):626-635 p.
50. FRANK, C. A., NELSON, R. G., SIMONNE, E. H., BEHE, B. K., SIMONNE, A. H. (2001): Consumer Preferences for Color, Price, and Vitamin C Content of Bell Peppers. *Hortscience*, 36 (4):795–800. p.
51. FODOR F. (2016): Duna-Tisza közti homokhátság délkeleti részének paraszti gazdálkodása a 20. században. *Doktori (PhD) értekezés*. Eötvös Lóránd Tudományegyetem, Budapest. 29. p.
52. GARCÍA, M. I., LOZANO, M., DE ESPINOSA, V. M., AYUSO, M. C., BERNALTE, M. J., VIDAL-ARAGÓN, M. C., PÉREZ, M. M. (2007): Agronomic characteristics and carotenoid content of five Bola-type paprika red pepper (*Capsicum annuum L.*) cultivars. *Scientia Horticulturae*, 113 (2): 202-207. p.
53. GIUFFRIDA, D., DUGO, P., TORRE, G., BIGNARDI, C., CAVAZZA, A., CORRADINI, C., DUGO, G. (2013): Characterization of 12 *Capsicum* varieties by evaluation of their carotenoid profile and pungency determination. *Food Chemistry*, 140 (4): 794-802. p
54. GNAYFEED, M. H., DAOOD, H. G., BIACS, P. A., ALCARAZ C. F. (2001): Content of bioactive compounds in pungent spice red pepper (paprika) as affected by ripening and genotype. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 81 (15): 1580-1585.
55. GONZÁLEZ-DUGO, V., ORGAZ, F., FERERES, E. (2007): Responses of pepper to deficit irrigation for paprika production. *Scientia Horticulturae*, 114 (2): 77-82. p.

56. GOREN, A., ALKALAI-TUVIA, S., PERZELAN, E., AHARON Z., FALLIK, Y. (2011): Photosensitive shade nets reduce postharvest decay development in pepper fruits. *Advances in Horticultural Science*, 25 (1): 26–31. p.
57. GULYÁS, S., TAKÁCS, E., ZALATNAY, I., DOBOS, I., HORVÁTH, I. (1970): Wirkung der Spektralzusammensetzung des Lichts auf die Gewebestruktur der *Capsicum*-, *Fagopyrum*-, *Phaseolus*- und *Vicia*-Arten. *Acta Biologica Szeged*, 16. (3-4): 51-61. p.
58. GYÚRÓS, J. (2009): Étkezési paprika In: HODOSSI S., KOVÁCS A., TERBE I. (Szerk.): *Zöldségtermesztés szabadföldön*. Budapest: Mezőgazda Kiadó. 140-149. p.
59. HASSAN, N. M., YUSOF, N. A., YAHAYA, A. F., ROZALI, N. N. M., OTHMAN, R. (2019): Review: Carotenoids of *Capsicum* Fruits: Pigment Profile and Health-Promoting Functional Attributes. *Antioxidants*, 8 (10): 469. 1-25. p.
60. HEALEY, K. D., HAMMER, G. L., RICKERT, K. G., BANGE, M. P. (1998): Radiation use efficiency increases when the diffuse component of incident radiation is enhanced under shade. *Australian Journal of Agricultural Research*, 49 (4): 665 – 672. p.
61. HEGEDŰS, A. (2013): A csonthéjas gyümölcsök antioxidáns hatásában megnyilvánuló genetikai variabilitás jellemzése. Akadémiai Doktori Értekezés, Budapesti Corvinus Egyetem, Budapest. 204 p.
62. HELYES, L., LUGASI, A., PÉK, Z. (2007): Effect of natural light on surface temperature and lycopene content of vine ripened tomato fruit. *Canadian Journal of Plant Science*, 87 (4):927-929. p.
63. HOWARD, L. R., SMITH, R. T., WAGNER, A. B., VILLALON, B., BURNS, E. E. (1994): Provitamin A and Ascorbic Acid Content of Fresh Pepper Cultivars (*Capsicum annuum*) and Processed Jalapenos. *Journal of Food Science*, 59 (2): 362-365. p.
64. HWA, H. S., KIM, J. B., PARK, J. S., LEE, S. W., CHO, K. J. (2007): A comparison of the carotenoid accumulation in *Capsicum* varieties that show different ripening colours: deletion of the capsanthin-capsorubin synthase gene is not a prerequisite for the formation of a yellow pepper. *Journal of Experimental Botany*, 58. (12): 3135–3144. p.
65. INOUE, T., UMEMURA, T., MAEEDA, M., ISHII, Y., OKAMURA, T., TASAKI, M., NISHIKAWA, A. (2008): Safety assessment of dietary administered paprika colour in combined chronic toxicity and carcinogenicity studies using F344 rats. *Food and Chemical toxicology*, 46, 2689-2693. p.
66. ILIĆ, Z. S., MILENKOVIĆ, L., ĐUROVKA, M., KAPOULAS, N. (2011): The effect of color shade nets on the greenhouse climate and pepper yield. In: 46<sup>th</sup> Croatian and 6<sup>th</sup> International Symposium on Agriculture (2011) (Opatija, Croatia) Symposium Proceedings, 529-532. p.

67. ILIĆ, Z. S., FALLIK, E. (2017): Light quality manipulation improves vegetable quality at harvest and postharvest: a review. *Environmental and Experimental Botany*, 139. 79-90. p.
68. ILIĆ, Z. S., MILENKOVIĆ, L., ŠUNIĆ, L., MANOJLOVIĆ, M. (2018): Color shade nets improve vegetables quality at harvest and maintain quality during storage. *Contemporary Agriculture*, 67(1):9-19 p.
69. JANG, Y., MUN, B., DO, K., UM, Y., CHUN, C. (2014). Effects of photosynthetic photon flux and carbon dioxide concentration on the photosynthesis and growth of grafted pepper transplants during healing and acclimatization. *Horticulture Environment and Biotechnology*, 55, 387-396. p.
70. JONES, R. B., STEFANELLI, D., TOMKINS, R. B. (2014): Pre-harvest and post-harvest factors affecting ascorbic acid and carotenoid content in fruits and vegetables. *Acta Horticulturae*, 1106, 31-42 p. DOI: 10.17660/ActaHortic.2015.1106.6
71. KAPELLER, K. (1994): A fűszerpaprika. In: BALÁZS S. (Szerk.): *Zöldségtermesztők kézikönyve*. Budapest: Mezőgazda Kiadó, 256-276. p.
72. KIM, J., AN, C. G., PARK, J., LIM, Y. P., KIM, S. (2016): Carotenoid profiling from 27 types of paprika (*Capsicum annuum* L.) with different colors, shapes, and cultivation methods. *Food Chemistry*, 201.:64-71 p.
73. KONG, Y., AVRAHAM, L., RATNER, K., SHAHAK, Y. (2012): Response of photosynthetic parameters of sweet pepper leaves to light quality manipulation by photoselective shade nets. *Acta Horticulturae*, 956. 501–506. p.
74. KONG, Y., AVRAHAM, L., PERZELAN, Y., ALKALAI-TUVIA, S., RATNER, K., SHAHAK, Y., FALLIK, E. (2013): Pearl netting affects postharvest fruit quality in ‘Vergasa’ sweet pepper via light environment manipulation. *Scientia Horticulturae*, 150:290–298. p.
75. KRINSKY, N. I., JOHNSON, E. J. (2005): Carotenoid actions and their relation to health and disease. *Molecular Aspects of Medicine*, 26 (6): 459-516 p.
76. LANTOS, F. (2013): Az idén is a nyári paprikahajtatás gondja a kalciumhiány és a napégés. *Agrofórum*, 24 (8): 108-110. p.
77. LEDÓNÉ, D. H. (2010): A kápia típusú paprikafajták jellemzői. *Zöldség- Gyümölcs Piac és Technológia*, 14 (8):13-14. p.
78. LEDÓNÉ, D. H. (2011): A vándorfólia alatti paprikatermesztés tapasztalatai. *Zöldség- Gyümölcs Piac és Technológia*, 8:10-12. p.
79. LEE, S. K., KADER, A. A. (2000): Preharvest and postharvest factors influencing vitamin C content of horticultural crops. *Postharvest Biology and Technology*, 20 (3): 207–220 p.

80. LEE, J. J., CROSBY, K. M., PIKE, L. M., YOO, K. S., LESKOVAR, D. I. (2005): Impact of genetic and environmental variation on development of flavonoids and carotenoids in pepper (*Capsicum spp.*). *Scientia Horticulturae*, 106 (3): 341-352.
81. LEGARRA, S., KARNIELI, A., FERERES, A., WEINTRAUB, P. G. (2010): Comparison of UV-absorbing nets in pepper crops: spectral properties, effects on plants and pest control. *Photochemistry and Photobiology*, 86 (2): 324-330. p.
82. LEONG, S. Y., OEY, I. (2012): Effects of processing on anthocyanins, carotenoids and vitamin C in summer fruits and vegetables. *Food Chemistry*, 133 (4):1577-1587.
83. LEKALA, C.S., MADANI, K. S. H., PHAN, A. D. T., MABOKO, M. M., FOTOUO, H., SOUNDY, P., SULTANBAWA, Y., SIVAKUMAR, D. (2019): Cultivar-specific responses in red sweet peppers grown under shade nets and controlled-temperature plastic tunnel environment on antioxidant constituents at harvest. *Food Chemistry*, 275, 85–94 p.
84. LÓPEZ-MARÍN, J., GONZÁLEZ, A., GÁLVEZ, A. (2011): Effect of shade on quality of greenhouse peppers. *Acta Horticulturae*. 893. 895-900. p.
85. MADEIRA, A. C., FERREIRA, A., VARENNE, A., VIEIRA, M. I. (2003): SPAD meter versus tristimulus colorimeter to estimate chlorophyll content and leaf colour in sweet pepper. *Communication in Soil Science and Plant Analysis*, 34, 2461-2470. p.
86. MARÍN, A., FERRERES, F., TOMÁS- BARBERÁN, F. A., GIL, M. I. (2004): Characterization and Quantitation of Antioxidant Constituents of Sweet Pepper (*Capsicum annuum L.*). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 52 (12): 3861–3869 p.
87. MARTÍNEZ, S., LÓPEZ, M., GONZÁLEZ-RAURICH, M., ALVAREZ, B. (2005): The effects of ripening stage and processing systems on vitamin C content in sweet peppers (*Capsicum annuum L.*). *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, 56 (1): 45-51 p.
88. MASHABELA, M. N., SELAHLE, K. M., SOUNDY, P., CROSBY, K. M., SIVAKUMAR, D. (2015): Bioactive compounds and fruit quality of green sweet pepper grown under different colored shade netting during postharvest storage. *Journal of Food Science*, 80 (11): H2612-H2618. p.
89. MATEOS, R. M., JIMÉNEZ, A., ROMÁN, P., ROMOJARO, F., BACARIZO, S., LETERRIER, M., GÓMEZ, M., SEVILLA, F., DEL RÍO, L. A., CORPAS, F. J., PALMA, J. M. (2013): Antioxidant systems from pepper (*Capsicum annuum L.*): Involvement in the response to temperature changes in ripe fruits. *International journal of molecular sciences*, 14 (5): 9556-9580. p.
90. MAYNE, S. T. (1996): Beta-carotene, carotenoids, and disease prevention in humans. *The Federation of American Societies for Experimental Biology*, 10 (7): 690–701. p.
91. MAOKA, T., MOCHIDA, K., KUZOKA, M., ITO, Y., FUJIWARA, Y., HASHIMOTA, K., ENJO, F., OGATA, M., NOBUKUNI, Y., TOKUDA, H., NISHINO, H. (2001): Cancer chemopreventive

- activity of carotenoids in the fruits of red paprika *Capsicum annuum* L. *Cancer Letter*, 172, 103-109. p.
92. MILENKOVIC, L., ILIC, Z. S., ĐUROVKA, M., KAPOULAS, N., MIRECK, N., FALLIK, E. (2012): Yield and pepper quality as affected by light intensity using colour shade nets. *Agriculture and Forestry*, 58. (1): 19-33. p.
  93. MIYAJI, T., KUROMORI, T., TAKEUCHI, Y., YAMAJI, N., YOKOSHO, K., SHIMAZAWA, A., SUGIMOTO, E., OMOTE, H., FENG MA, J., SHINOZAKI, K., MORIYAMA, Y. (2015): AtPHT4;4 is a chloroplast-localized ascorbate transporter in Arabidopsis. *Nature Communications* (6), 5928 1-11. p.
  94. MORRIS, S., MACKLEY, L. (2001): Fűszer Enciklopédia. Budapest: Glória kiadó. 256 p.
  95. MÓZSIK, GY., DÖMÖTÖR, A., PAST, T., VAS, V., PERJESI, P., KUZMA, M., BLAZICS, GY., SZOLCSÁNYI, J. (2009): Capsaicinoids –from the plant cultivation to the production of the human medical drug. Budapest: Akadémiai kiadó. 255 p.
  96. NAGY, J. (1977): Konténeres paprikatermesztés újabb eredményei és a fejlesztés iránya. *Hajtatás, korai termesztés*, 8 (2):14-17. p.
  97. NAGY, ZS., DAOOD, H., AMBRÓZY, ZS., HELYES, L. (2015): Determination of polyphenols, capsaicinoids, and vitamin C in new hybrids of chili peppers. *Journal of analytical methods in chemistry*, (33):1-10 p.
  98. NAGY, Z., DAOOD, H., HELYES, L. (2016): Szedés és árnyékolás hatása sárgára érő chili paprika beltartalmára és bogyó paramétereire. *Kertgazdaság*, 48 (2): 3-9 p.
  99. OBOH, G., PUNTEL, R. L., ROCHA, J. B. T. (2007): Hot pepper (*Capsicum annuum*, Tepin and *Capsicum Chinese*, Habanero) prevents Fe<sup>2+</sup>-induced lipid peroxidation in brain-in vitro. *Food Chemistry*, 102, 178-185. p.
  100. OLMEDILLA-ALONSO, B., GRANADO-LORENCIO, F., BLANCO-NAVARRO, I. (2005): Carotenoids, retinol and tocopherols in blood: Comparability between serum and plasma (Li-heparin) values. *Clinical biochemistry*, 38 (5): 444-449. p.
  101. OMBÓDI, A. (2007): Étkezési paprika 134-144 . p. In: DIMÉNY J., GÓGÁN A., HELYES L., OMBÓDI, A., PÉK Z. *Zöldségtermesztés*. Gödöllő: Szent István Egyetem Nyomda és könyvesbolt, 284 p.
  102. OMBÓDI, A., PÉK, Z., SZUVANDZSIEV, P., TÓTHNÉ, T. ZS., KOHÁZI-KIS, A., KOVÁCS, A., LEDÓNÉ, D. H., HELYES, L. (2015): Effects of External Coloured Shade Nets on Sweet Peppers Cultivated in Walk-in Plastic Tunnels. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca* 43 (2): 398-403 p.
  103. OMBÓDI, A., PÉK, Z., SZUVANDZSIEV, P., LUGASI, A., LEDÓNÉ, D. H., HELYES, L. (2016): Effect of coloured shade nets on some nutritional characteristics of a kapia type pepper

- grown in plastic tunnel. *Columella - Journal of Agricultural and Environmental Sciences*, 3 (2): 25-33 p.
104. ORBÁN, CS., FÜSTÖS, ZS., GILINGER, M. P. (2011): Changes in quality of sweet pepper types during the post-harvest ripening. *Journal on Processing and Energy in Agriculture*, 15 (2):109-112. p.
  105. OREN-SHAMIR, M., GUSSAKOVSKY, E., EUGENE, E., NISSIM-LEVI, A., RATNER, K., OVADIA, R., GILLER, Y., SHAHAK, Y. (2001): Coloured shade nets can improve the yield and quality of green decorative branches of *Pittosporum variegatum*. *Journal of Horticultural Science and Biotechnology*. 76. (3): 353–361. p.
  106. QUAGLIOTTI, L., LEPORI, G., BIGOTTI, P. G. (1974): Responses to solar radiation by two varieties of pepper (*Capsicum annum L.*). *Korean Journal of Breeding Science*, 6 (1): 29-33 p.
  107. PALOZZA, P., KRINSKY, N. I. (1992): Antioxidant effects of carotenoids in vivo and in vitro: An overview. *Methods in Enzymology*, 213:403-420. p
  108. PÉREZ, M., PLAZA, B. M., JIMÉNEZ, S., LAO, M. T., BARBERO, J., BOSCH J. L. (2006): The radiation spectrum through ornamental net houses and its impact on the climate generated. *Acta Horticulturae*, 719. 631–636. p.
  109. PÉREZ-GÁLVEZ, A., MÍNGUEZ-MOSQUERA, M. I. (2005): Esterification of xanthophylls and its effect on chemical behavior and bioavailability of carotenoids in the human. *Nutrition Research*, 25 (7): 631-640. p.
  110. PÉREZ-LÓPEZ, A. J., MOISÉS DEL AMOR, F., SERRANO-MARTÍNEZ, A., FORTEA, M. I., NÚÑEZ-DELICADO, E. (2007): Influence of agricultural practices on the quality of sweet pepper fruits as affected by the maturity stage. *Science of Food and Agriculture*, 87 (11): 2075-2080 p.
  111. PFANDER, H., RIESEN, R., NIGGLI, U. (1994): HPLC and SFC of carotenoids – scope and limitations. *Pure Applied Chemistry*, 66:947-954.
  112. POGSON, B. J., RISSLER, H. M. (2000): Genetic manipulation of carotenoid biosynthesis and photoprotection. *Philosophical Transactions: Biological Sciences*, 355 (1402): 1395–1403.
  113. RIGAKIS, N., KATSOULAS, N., BELITSIOTIS, B., KITTAS, C., BARTZANAS, T. (2014): Pepper crop production under shading and insect proof screenhouses. *Acta Horticulturae*, 1037, 599-604 p.
  114. RODRIGUEZ-AMAYA, D. B., KIMURA, M. (2004): HarvestPlus Handbook for Carotenoid Analysis. (Washington: International Food Policy Research Institute (IFPRI) and

- International Center for Tropical Agriculture (CIAT)) HarvestPlus Technical Monograph (2). 1-63 p.
115. ROSALES, M. A., RUIZ, J. M., SORIANO, T., ROMERO, L. (2006): Antioxidant content and ascorbate metabolism in cherry tomato exocarp in relation to temperature and solar radiation. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 86 (10):1545-1551. p.
  116. RUSSO, V. M., HOWARD, L. R. (2002): Carotenoids in pungent and non-pungent peppers at various developmental stages grown in the field and glasshouse. *Science of Food and Agriculture*, 82 (6): 615-624. p.
  117. RUSSO, V. M. (2012): Peppers: Botany, production and uses. Cambridge: CABI publishing. 280. p.
  118. SELAHLEA, K. M., SIVAKUMAR, D., JIFON, J., SOUNDYA, P. (2015): Postharvest responses of red and yellow sweet peppers grown under photo-selective nets. *Food Chemistry*, 173, 951-956. p.
  119. SHAHAK, Y. (2008): Photo-selective netting for improved performance of horticultural crops. A review of ornamental and vegetable studies carried out in Israel. *Acta Horticulturae*, 770. 161–168. p.
  120. SHAHAK, Y., GUSSAKOVSKY, E., GAL, E. E., GANELEVIN, R. (2004): ColorNets: crop protection and light-quality manipulation in one technology. *Acta Horticulturae*, 659. 143–151. p.
  121. SIMONNE, A. H., SIMONNE, E. H., EITENMILLER, R. R., MILLS, H. A., GREEN, N. R. (1997): Ascorbic acid and provitamin a contents in unusually colored bell peppers (*Capsicum annuum* L.) *Journal of Food Composition and Analysis*, 10. 299-311. p.
  122. SMIRNOFF, N., WHEELER, G. L. (2000): Ascorbic acid in plants: biosynthesis and function. *Critical Reviews in Biochemistry and Molecular Biology*, 35(4): 291-314. p.
  123. SNODDERLY, D. M. (1995): Evidence for protection against age-related macular degeneration by carotenoids and antioxidant vitamins. *American Journal of Clinical Nutrition*, 62: 1448–1461. p.
  124. SOMOS, A. (1981): A paprika. Budapest: Akadémiai kiadó. 395 p.
  125. SOCACIU, C. (2007): Food colorants: Chemical and functional properties. Boca Raton: CRC Press. 648 p.
  126. STAMPS, R. H. (2009): Use of Colored Shade Netting in Horticulture. *HortScience*, 44 (2):239–241.p.
  127. STEINMETZ, K. A., POTTER, J. D. (1996): Vegetables, fruit, and cancer prevention: A review. *Journal of the American Dietetic Association*, 96: 1027–1039. p.

128. STUMMEL, J. R., BOSLAND, P. (2006): Ornamental pepper. *Capsicum annuum*. p. 561-599. In: Anderson, N. O. (Szerk.). *Flower breeding and genetics: issues, challenges, and opportunities for the 21<sup>st</sup> Century*. Dordrecht: Springer 822 p.
129. SUN, T., XU, Z., WU, C. T., JANES, M., PRINYAWIWATKUL, W., NO, H. K. (2007): Antioxidant Activities of Different Colored Sweet Bell Peppers (*Capsicum annuum* L.). *Journal of Food Science*, 72 (2): 98-102 p.
130. SUNTORNSUK, L., GRITSANAPUN, W., NILKAMHANK, S., PAOCHOM, A. (2002): Quantitation of vitamin C content in herbal juice using direct titration. *Journal of pharmaceutical and Biomedical Analysis*, 28 (5): 849-855. p.
131. SZABÓ, Z., ERDÉLYI, A., GUBICKÓNÉ, K. A., UNGÁR, T., LÁSZLÓNÉ, P. É., SZEKERESNÉ, SZ. SZ., KOVÁCS, R. E., RAPOSA, L. B., FIGLER, M. (2016) A növényi alapú étrendről, Plant-based diets: a review. *Orvosi Hetilap*, 157 (47): 1859-1865. p.
132. SZARKA, A. (2016). Vízoldható antioxidánsok kéz a kézben: C-vitamin és Glutathion Doktori Disszertáció, Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem. 173. p.
133. SZENT-GYÖRGYI, A., HAWORTH, W. N. (1933): 'Hexuronic Acid' (Ascorbic Acid) as the Antiscorbutic Factor. *Nature*, 131: 24. p.
134. SZUVANDZSIEV, P., VAJNAI, A., AMBRÓZY, ZS., LEDÓNÉ, D. H. (2015 a): Színes árnyékoló hálók alkalmazása szabadföldi kápia paprikafajtáknál. *Agrofórum*. 26. 132-134. p.
135. SZUVANDZSIEV, P., LEDÓNÉ, D. H., AMBRÓZY, ZS., VAJNAI, A. (2015 b): Fotoszelektív hálók hatása kápiapaprikák spektrális tulajdonságaira és termésmennyiségére. *Kertgazdaság*. 47 (4):11-18. p.
136. TERBE, I., SLEZÁK, K., NÉMETHYNÉ, U. H., KÓSÁSNÉ, M. Á. (2001): Kiváló C-vitamin forrás a paprika, A SZIE Zöldségtermesztési Tanszék kutatási eredményeinek összefoglalása 21-25.p.
137. TINYANE, P. P., SIVAKUMAR, D., SOUNDY, P. (2013): Influence of photo-selective netting on fruit quality parameters and bioactive compounds in selected tomato cultivars. *Scientia Horticulturae*, 161, 340–349. p.
138. TOPUZ, A., & OZDEMIR, F. (2007). Assessment of carotenoids, capsaicinoids and ascorbic acid composition of some selected pepper cultivars (*Capsicum annuum* L.) grown in Turkey. *Journal of Food Composition and Analysis*, 20 (7): 596-602. p.
139. TÖMPE, A. (2012): A paprika előélete. *Kertészet-és Szőlészet*, 61 (48): 9-11.p.
140. TÖMPE, A. (2013): Üzenetek a kápiáról. *Kertészet és Szőlészet*, 62 (3): 6-8. p.
141. TURCSÁNYI, G., TURCSÁNYINÉ SILLER, I. (2005): Növénytan. Budapest: Mezőgazda kiadó,



142. VAN IEPEREN, W. (2012): Plant morphological and developmental responses to light quality in a horticultural context. *Acta Horticulturae*, 956: 131-139. p.
143. VECSEY, T., HARMATNÉ L. (1972): néhány időjárás elem hatása a paradicsomalakú paprika kapszaicin tartalmára. *Series Biologica*, Debrecen, 17: 73-91. p
144. WHEELER, G. L., JONES, M. A., SMIRNOFF, N. (1998): The biosynthetic pathway of vitamin C in higher plants. *Nature*, 393: 365-369. p.
145. WINGERATH, T., STAHL, W., KIRSCH, D., KAUFMANN, R., SIES, H. (1996): Fruit juice carotenol fatty acidesters and carotenoids as identified by matrix-as-sisted laser desorption ionization (MALDI) massspectrometry. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 44 (8): 2006-2013.
146. WU, H.Y., SHOU, S.Y., ZHU, Z.J., YANG, X.T. (2001): Effects of high temperature stress on photosynthesis and chlorophyll fluorescence in sweet pepper (*Capsicum frutescens* L.) *Acta Horticulturae Sinica*, 28 (6):517-521. p.
147. ZATYKÓ, F. (1994): Étkezési paprika. 229. p. In: BALÁZS S. (Szerk.) *Zöldségtermesztők kézikönyve*. Budapest: Mezőgazda Kiadó. 694 p.
148. ZATYKÓ, L.- MÁRKUS, F. (2006): Étkezési és fűszerpaprika termesztése. Budapest: Mezőgazdasági Kiadó. 242 p.
149. ZECHMANN, B., MAUCH, M., STUMPE, F. (2011): Immunocytochemical determination of the subcellular distribution of ascorbate in plants. *Planta*, 233 (1):1-12. p.
150. ZHIGILA, D. A., SAWA, F. B. J., ALUKO, T. A., OLADELE, F. A., ABDUL RAHAMAN, A. A. (2015): Leaf Epidermal Anatomy in Five Varieties of *Capsicum annum L. Solanaceae*. *American Journal of Experimental Agriculture*, 5 (4): 392-399. p.
151. ZORN, H., BREITHAUPT, D. E., TAKENBERG, M., SCHWACK, W., BERGER, R. G. (2003): Enzymatic hydrolysis of carotenoid esters of marigold flowers (*Tagetes erecta L.*) and red paprika (*Capsicum annum L.*) by commercial lipases and *Pleurotus sapidus* extracellular lipase. *Enzyme and Microbial Technology*, 32 (5): 623-628. p.

## 7.2 M2. További mellékletek

### Függelék – ábrák:

**Függelék 1. ábra.** 2013-ban a paprika állomány kiültetés előtt (bal oldali kép) és az első betakarítás előtt (jobb oldali kép).



**Függelék 2. ábra.** Napégett paprikabogyók 2014-ben.



**Függelék 3. ábra.** 2014. 07. 21-én történt felvételezés során készült képek jobbról balra nézve, a felső képek a fehér és a piros háló alatti, az alsó képek a kontroll és a zöld háló alatti állományt, és annak fényviszonyait mutatja be a Soroksár 70-es fóliasátorban. A fényviszonyok közötti különbség szabad szemmel is látható.



Függelék 4. ábra. Karotinoid extrakció egyes lépései.



## Függelék – táblázatok

**Függelék 1. táblázat.** A két fajta összehasonlítása páros t-próbával a termésmennyiség, a bogyó átlagtömeg, a C-vitamin tartalom és az összes karotinoid tartalom szempontjából kezelésként vizsgálva. A vastagon szedett számok 5%-os hibahatár mellett szignifikáns különbséget mutatnak.

	Kezelés	Termésmennyiség		Bogyó átlagtömeg		C-vitamin		Összes karotinoid	
		t-érték	p-érték	t-érték	p-érték	t-érték	p-érték	t-érték	p-érték
2013 szabadföld	Kontroll	0,875	0,422	-1,81	0,13	-1,321	0,244	3,733	<b>0,014</b>
	Fehér háló	0,319	0,763	-2,386	0,063	-1,435	0,211	2,124	0,087
	Piros háló	-1,403	0,22	-2,934	<b>0,032</b>	0,986	0,369	4,183	<b>0,009</b>
	Zöld háló	-0,778	0,472	-5,25	<b>0,003</b>	0,21	0,842	3,894	<b>0,011</b>
	Sárga háló	-3,941	<b>0,011</b>	-4,74	<b>0,005</b>	2,949	<b>0,032</b>	8,343	<b>0</b>
	Rózsaszín háló	-1,534	0,186	-2,003	0,102	4,737	<b>0,005</b>	2,464	0,057
2014 szabadföld	Kontroll	1,424	0,197	-0,397	0,703	-1,004	0,349	0,39	0,97
	Fehér háló	1,118	0,301	-0,244	0,814	1,287	0,239	1,246	0,253
	Piros háló	0,04	0,969	-2,876	<b>0,024</b>	-1,391	0,207	0,204	0,844
	Zöld háló	0,571	0,586	-0,324	0,756	0,889	0,404	0,308	0,767
2014 hajtatás	Kontroll	-5,31	<b>0</b>	-0,528	0,608	-1,787	0,101	-2,501	<b>0,029</b>
	Fehér háló	-4,241	<b>0,001</b>	-0,733	0,479	1,607	0,136	1,047	0,317
	Piros háló	-5,946	<b>0</b>	0,788	0,448	0,552	0,592	-2,264	<b>0,045</b>
	Zöld háló	-3,159	<b>0,009</b>	0,104	0,919	0,538	0,601	-1,561	0,147
2015 hajtatás	Kontroll	0,993	0,342	-0,567	0,582	-0,382	0,714	-7,96	0,452
	Fehér háló	-0,187	0,855	-0,661	0,522	-0,659	0,531	-1,979	0,088
	Piros háló	-0,573	0,578	-0,793	0,445	-0,447	0,668	1,218	0,263
	Zöld háló	-0,55	0,593	-2,703	<b>0,021</b>	-0,558	0,594	2,018	0,083

**Függelék 2. táblázat.** Az egyes érési stádiumokban jelen lévő karotinoid komponensek átlag (n=3) értékei.

Karotinoidok [µg/g]			Érési stádium							
	Név	Szín	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.
1.	Kapszorubin	Piros	0,00	0,00	0,06	0,35	0,35	0,00	0,00	0,00
2.	Kukurbitaxantin	Sárga	0,42	0,75	0,61	0,41	0,08	0,38	0,68	1,25
3.	Violaxantin	Sárga	2,73	3,65	3,07	2,93	3,94	2,57	2,02	1,58
4.	Kapszantin-epoxid	Piros	0,00	0,00	0,00	0,07	0,07	0,22	0,20	0,39
5.	Kapszantin	Piros	0,00	2,36	4,10	10,51	9,10	9,09	10,67	14,92
6.	Cikloviolaxantin	Sárga	0,74	1,85	1,92	2,54	2,24	7,27	8,86	10,76
7.	Mutatoxantin	Sárga	0,00	0,00	0,00	0,20	0,24	0,37	0,00	0,41
8.	Anteraxantin	Sárga	0,27	1,20	0,57	0,51	0,87	3,73	4,83	8,29
9.	Zeaxantin	Sárga	4,01	0,43	0,81	4,32	3,51	3,21	3,26	3,80
10.	Cisz-zeaxantin	Sárga	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,50	0,77	1,22

11.	Szabad kriptokapszin	Piros	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,07	0,28
12.	Kukurbitaxantin B ME-	Sárga	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,33	0,38	0,63
13.	Kapszantin származék	Piros	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,45	0,57	1,06
14.	Kapszantin származék	Piros	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,62	0,62	0,48
15.	Ismeretlen keverék	Piros	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,16	0,09	0,49
16.	Cisz-zeaxantin	Sárga	0,00	0,00	0,00	0,00	0,49	0,44	0,44	0,38
17.	Kapszantin származék	Piros	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,30	0,32	0,48
18.	Kapszantin -epoxid ME	Piros	0,07	0,22	0,25	0,30	0,59	4,21	4,68	6,12
19.	Cikloviolaxantin ME-	Sárga	0,00	0,00	0,00	0,33	0,00	0,80	0,80	0,54
20.	Kukurbitaxantin B ME-	Sárga	0,00	0,00	0,08	0,56	0,96	1,78	1,61	1,50
21.	Kapszantin ME-	Piros	0,00	0,00	0,00	0,26	0,68	4,15	5,07	7,10
22.	Kapszantin ME-	Piros	0,46	0,55	0,66	1,03	2,38	20,09	24,54	38,21
23.	Kukurbitaxantin ME-	Sárga	0,00	0,48	1,38	5,27	6,75	15,21	14,59	14,12
24.	Kapszantin ME-	Piros	0,00	0,00	0,31	0,62	0,85	6,68	8,70	11,01
25.	Kriptokapszin ME-	Piros	0,00	0,00	0,24	3,50	6,08	47,11	55,97	74,43
26.	Cisz-kriptokapszin ME	Piros	0,00	0,40	0,92	2,60	3,41	2,65	1,95	0,82
27.	Kukurbitaxantin A ME	Sárga	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,34	0,50	1,85
28.	Zeaxantin ME-	Sárga	0,00	0,00	0,36	1,96	2,80	22,68	27,39	33,23
29.	Zeaxantin ME-	Sárga	0,00	0,00	0,10	0,20	0,17	2,59	2,90	2,54
30.	Mutatoxantin ME-	Sárga	0,00	0,00	0,00	0,00	0,17	0,48	0,56	1,25
31.	Zeaxantin ME-	Sárga	0,00	0,00	0,45	0,51	2,23	15,93	19,27	20,29
32.	Cisz-zeaxantin ME	Sárga	0,00	0,00	0,14	1,59	0,89	8,23	9,59	10,58
33.	Kapszorubin DE-	Piros	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,46	0,78	1,22
34.	Zeaxantin ME-	Sárga	0,00	0,00	0,07	0,95	0,67	2,02	2,47	1,96
35.	Kapszantin-DE	Piros	0,00	0,00	0,09	0,65	0,00	0,57	0,77	1,51
36.	Cisz-kapszantin-epoxid DE	Piros	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,89	0,88	0,54
37.	Kapszantin-epoxid-DE	Piros	0,00	0,00	0,09	0,97	1,34	6,89	9,11	11,38
38.	Kapszantin-epoxid-DE	Piros	0,00	0,07	0,00	0,07	0,00	0,00	0,00	0,00
39.	Béta-karotin	Sárga	1,59	2,30	3,99	14,41	18,65	72,17	79,34	86,23
40.	Kapsorubin DE-	Piros	0,00	0,35	0,96	2,99	3,86	24,77	27,97	28,43
41.	Kapszantin DE-	Piros	0,00	0,19	0,31	1,62	2,42	19,87	24,37	34,24
42.	Kapszorubin DE-	Piros	0,00	0,53	1,23	2,86	3,01	12,13	11,97	10,12
43.	Kapszantin DE-	Piros	0,00	0,22	1,47	7,06	8,94	69,11	84,51	103,19
44.	Kapszantin DE-	Piros	0,00	0,51	1,10	2,40	2,39	6,19	5,67	3,56
45.	Kapszantin DE-	Piros	0,00	0,64	2,55	7,92	9,54	85,54	100,21	104,13
46.	Zeaxantin DE-	Sárga	0,00	0,00	0,00	0,34	0,29	0,00	0,00	0,00
47.	Zeaxantin DE-	Sárga	0,00	0,32	0,72	1,73	1,71	5,23	4,78	4,20
48.	Kapszantin DE-	Piros	0,00	0,49	1,57	4,89	5,20	32,02	36,71	34,64
49.	Zeaxantin DE-	Sárga	0,00	0,00	0,00	0,22	0,27	1,16	1,18	0,96
50.	Zeaxantin DE-	Sárga	0,00	0,00	0,32	0,85	0,90	7,48	8,16	7,45
51.	Cisz-Kapszantin DE	Piros	0,00	0,24	0,64	2,04	1,76	8,70	9,88	8,42
52.	Zeaxantin DE-	Sárga	0,00	0,00	0,28	1,51	1,62	14,01	14,81	11,79
53.	Zeaxantin DE-	Sárga	0,00	0,00	0,07	0,00	0,00	0,43	0,41	0,30
54.	Zeaxantin DE-	Sárga	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,33	3,44	4,31
Σ			10,29	17,75	31,49	94,01	111,41	552,57	639,33	728,59

**Függelék 3. táblázat.** A fontosabb karotinoid csoportok átlagértékei az árnyékoló hálók bontásában a ‘Kárpia’ paprikánál 2013-ban szabadföldön. Átlag±SD (n=3)

Karotinoidok [µg/g]							
‘Kárpia’	Kontroll	Fehér háló	Piros háló	Zöld háló	Sárga háló	Rózsaszín háló	Átlag
Összes piros karotinoid	171,64±38,25	172,29±41,3	243,93±111,66	233,41±48,61	221,63±46,3	183,05±73,84	204,33±59,99
Összes sárga karotinoid	74,44±7,81	74,54±16	87,93±31,24	103,29±26,72	92,89±16,87	75,43±30,79	84,75±21,57
Piros/sárga karotinoidok	2,28±0,28	2,32±0,16	2,79±0,89	2,38±0,14	2,37±0,09	2,44±0,07	2,43±0,27
Szabad kapszantin	12,98±2,85	16,57±1,78	15,98±2,76	17,34±1,63	18,19±3	13,27±2,55	15,72±2,43
Kapszantin monoészterek	22,78±2,84	24,6±7,16	26,17±7,03	28,91±5,98	27,15±13,87	23,83±9,36	25,57±7,71
Kapszantin diészterek	97,99±26,21	94,61±23,87	110,05±29,03	136,45±34,23	127,05±22,22	102,46±41,36	111,44±29,49
Összes monoészter	59,46±9,38	60,75±16,15	68,62±17,5	77,98±16,34	74,65±22,36	62,29±24,18	67,29±17,65
Összes diészter	117,93±28,07	112,7±29,08	185,85±102,32	169,94±41,64	155,14±27,04	129,86±56,01	145,24±47,36
Biológiailag aktív	59,95±5,72	58,7±14,11	70,97±27,47	84,38±24,47	73,46±14,64	60,44±26,74	67,98±18,86

**Függelék 4. táblázat.** A fontosabb karotinoid csoportok átlagértékei az árnyékoló hálók bontásában a ‘Karpex’ paprikánál 2013-ban szabadföldön. Átlag±SD (n=3)

Karotinoidok [µg/g]							
‘Karpex’	Kontroll	Fehér háló	Piros háló	Zöld háló	Sárga háló	Rózsaszín háló	Átlag
Összes piros karotinoid	148,67±14,01	222,83±17,37	160,78±19,96	151,12±35,26	162,31±41,37	170,63±39,34	169,39±27,89
Összes sárga karotinoid	47,11±6,4	70,8±8,96	50,39±7,82	47,34±8,9	53,78±14,52	52,78±10,02	53,7±9,44
Piros/sárga karotinoidok	3,17±0,23	3,27±0,18	3,31±0,38	3,22±0,32	3,26±0,59	3,32±0,29	3,26±0,33
Szabad kapszantin	27,84±2,8	34,62±4,13	29,65±4,17	26,89±4,57	27,12±4,53	26,57±5,95	28,78±4,36
Kapszantin monoészterek	23,19±3,43	40,39±3,23	25,7±3,85	24,09±8,59	27,03±9,87	27,77±7	28,03±6
Kapszantin diészterek	67,33±6,03	97,15±10,34	70,73±9,51	66,1±15,61	71,62±17,13	76,72±18,6	74,94±12,87
Összes monoészter	50,95±6,61	83,15±6,81	57,25±8,21	52,89±16,66	59,38±20,01	61,25±14,82	60,81±12,19
Összes diészter	77,63±7,31	112,3±12,11	79,95±9,61	79,54±18,98	85,48±20,42	89,37±22,44	87,38±15,15
Biológiailag aktív	30,41±6,41	46,35±7,18	30,71±5,84	29,74±6,94	34,48±10,44	33,54±7,62	34,21±7,41

**Függelék 5. táblázat.** A fontosabb karotinoid csoportok átlagértékei az árnyékoló hálók bontásában a ‘Kárpia’ paprikánál 2014-ben szabadföldön. Átlag±SD (n=4)

Karotinoidok [µg/g]					
‘Kárpia’	Kontroll	Fehér háló	Piros háló	Zöld háló	Átlag
Összes piros karotinoid	153,2±28,53	169,47±25,86	179,97±33,91	146,03±26,63	162,17±28,73
Összes sárga karotinoid	88,7±16,98	99±12,7	100,75±14,37	84,39±13,15	93,21±14,3
Piros/sárga karotinoidok	1,73±0,06	1,71±0,11	1,77±0,12	1,71±0,09	1,73±0,1
Szabad kapszantin	8,32±1,73	9,74±1,8	9,58±2,29	8,76±1,94	9,1±1,94
Kapszantin monoészterek	13,72±3,53	16,01±3,97	16,95±4,27	12,92±3,19	14,9±3,74
Kapszantin diészterek	103,83±18,07	112,99±15,93	120,3±20,93	98,17±16,47	108,82±17,85
Összes monoészter	58,33±11,97	66,2±12,02	68,75±13,55	55,34±10,15	62,16±11,92
Összes diészter	134,32±24,36	145,58±20,29	154,07±25,79	125,68±21,56	139,91±23
Biológiailag aktív	75,12±13,78	83,68±11,14	84,05±11,57	70,78±10,95	78,41±11,86

**Függelék 6. táblázat.** A fontosabb karotinoid csoportok átlagértékei az árnyékoló hálók bontásában a ‘Karpex’ paprikánál 2014-ben szabadföldön. Átlag±SD (n=4)

Karotinoidok [µg/g]					
‘Karpex’	Kontroll	Fehér háló	Piros háló	Zöld háló	Átlag
Összes piros karotinoid	165,59±39,96	141,85±45,35	178,11±42,06	145,27±24,74	157,71±38,03
Összes sárga karotinoid	74,98±17,03	65,17±17,19	88,15±20,79	69,93±14,87	74,56±17,47
Piros/sárga karotinoidok	2,22±0,14	2,15±0,17	2,06±0,12	2,11±0,12	2,14±0,14
Szabad kapszantin	17,92±3,33	13,85±3,62	15,54±3,6	12,59±1,45	14,98±3
Kapszantin monoészterek	21,71±7,28	19,34±8,27	23,28±7,61	18,72±2,93	20,76±6,52
Kapszantin diészterek	86,69±19,34	73,7±20,2	95,45±20,88	80,87±15,7	84,18±19,03
Összes monoészter	71,1±19,27	61,47±21,35	79,04±20,93	61,53±11,52	68,29±18,27
Összes diészter	108,09±24,48	94,15±26,88	121,75±26,24	102,87±20,13	106,72±24,43
Biológiailag aktív	56,01±11,05	49,35±12,35	67,41±16,33	54,07±11,71	56,71±12,86

**Függelék 7. táblázat.** A fontosabb karotinoid csoportok átlagértékei az árnyékoló hálók bontásában a ‘Kárpia’ paprikánál 2014-ben hajtásban. Átlag±SD (n=4)

Karotinoidok [ $\mu\text{g/g}$ ]					
‘Kárpia’	Kontroll	Fehér háló	Piros háló	Zöld háló	Átlag
Összes piros karotinoid	126,28±30,79	181,28±49,81	104,08±21,62	154,21±29,27	141,46±32,87
Összes sárga karotinoid	53,31±12,04	73,63±22,98	45,37±10,78	62,38±13,82	58,67±14,91
Piros/sárga karotinoidok	2,28±0,16	2,44±0,25	2,28±0,12	2,39±0,2	2,35±0,18
Szabad kapszantin	17,66±3,87	22,68±5,46	13,8±2,9	18,11±3,66	18,06±3,97
Kapszantin monoészterek	15,92±4,63	24,56±7,83	12,75±2,86	19,76±4,79	18,25±5,03
Kapszantin diészterek	65,13±16,11	93,14±25,96	55,92±12,07	83,47±14,67	74,42±17,2
Összes monoészter	55,46±14,82	81,6±23,8	44,37±9,58	66,26±14,3	61,92±15,63
Összes diészter	79,06±16,49	111,53±32,04	67,06±14,94	100,21±18,62	89,47±20,52
Biológiailag aktív	39,77±8,58	54,9±17,78	33,89±9,28	46,52±10,77	43,77±11,6

**Függelék 8. táblázat.** A fontosabb karotinoid csoportok átlagértékei az árnyékoló hálók bontásában a ‘Karpex’ paprikánál 2014-ben hajtásban. Átlag±SD (n=4)

Karotinoidok [ $\mu\text{g/g}$ ]					
‘Karpex’	Kontroll	Fehér háló	Piros háló	Zöld háló	Átlag
Összes piros karotinoid	151,47±22,61	145,86±22,05	120,03±16,23	170,52±18,32	146,97±19,8
Összes sárga karotinoid	79,87±18,33	73,22±11,84	59,81±8,76	82,51±9,82	73,85±12,19
Piros/sárga karotinoidok	1,94±0,2	2±0,08	2,05±0,11	2,06±0,11	2,01±0,13
Szabad kapszantin	9,53±1,79	8,9±1,24	7,68±1,01	9,89±1,39	9±1,36
Kapszantin monoészterek	16,78±4,26	16,94±2,99	13,95±2,36	20,61±2,92	17,07±3,13
Kapszantin diészterek	97,06±17,98	92,6±13,19	75,39±9,81	108,51±11,16	93,39±13,04
Összes monoészter	61,9±11,89	60±10,26	48,96±6,95	69,45±8,77	60,08±9,47
Összes diészter	125,66±19,9	115,78±16,76	94,41±12,58	134,68±14,42	117,63±15,92
Biológiailag aktív	65,62±18,13	59,88±9,67	48,71±7,28	67,03±8,24	60,31±10,83



**Függelék 9. táblázat.** A fontosabb karotinoid csoportok átlagértékei az árnyékoló hálók bontásában a ‘Kárpia’ paprikánál 2015-ben hajtásban. Átlag±SD (n=4)

Karotinoidok [µg/g]					
‘Kárpia’	Kontroll	Fehér háló	Piros háló	Zöld háló	Átlag
Összes piros karotinoid	248,52±54,41	177,57±25,27	226,89±26,59	235,77±18,38	222,19±31,16
Összes sárga karotinoid	102,44±18,74	90,13±20,68	93,94±10,01	99,98±9,41	96,62±14,71
Piros/sárga karotinoidok	2,4±0,11	1,98±0,3	2,39±0,11	2,34±0,07	2,28±0,15
Szabad kapszantin	16,3±3,68	11,66±2,54	14,76±1,87	13,26±1,5	14±2,4
Kapszantin monoészterek	36,06±10,79	26,86±10,94	33,67±4,95	33,62±3,86	32,55±7,64
Kapszantin diészterek	139,76±26,73	103,3±19,61	127,02±14,71	134,89±14,19	126,24±18,81
Összes monoészter	118,73±28,6	82,7±14,07	103,84±13,35	109,59±8,34	103,72±16,09
Összes diészter	165,42±32,03	135,66±23,3	152,57±17,39	162,24±16,23	153,97±22,24
Biológiailag aktív	77,34±11,31	70,36±23,5	73,43±7,5	79,7±8,8	75,21±12,78

**Függelék 10. táblázat.** A fontosabb karotinoid csoportok átlagértékei az árnyékoló hálók bontásában a ‘Karpex’ paprikánál 2015-ben hajtásban. Átlag±SD (n=4)

Karotinoidok [µg/g]					
‘Karpex’	Kontroll	Fehér háló	Piros háló	Zöld háló	Átlag
Összes piros karotinoid	280,83±48,67	259,89±44,45	217,39±18,92	212,08±32,22	242,55±36,07
Összes sárga karotinoid	106,05±17,48	97,73±14,45	84,11±9,84	82,96±11,18	92,71±13,24
Piros/sárga karotinoidok	2,76±0,1	2,77±0,11	2,73±0,18	2,63±0,18	2,72±0,14
Szabad kapszantin	27,78±3,87	27,65±3,96	24,48±4,92	22,62±2,39	25,63±3,79
Kapszantin monoészterek	43,37±8,45	40,94±7,83	35,34±2,82	31,94±6,93	37,9±6,51
Kapszantin diészterek	138,76±27,78	125,13±23,56	101,68±16,95	104,37±15,88	117,49±21,04
Összes monoészter	137,41±24,2	127,05±19,56	106,44±7,58	102,21±16,59	118,28±16,98
Összes diészter	162,79±32,25	146,05±27,74	120,15±20,62	123,32±18,55	138,08±24,79
Biológiailag aktív	76,43±13,41	70,76±10,53	59,66±9,67	60,47±9,66	66,83±10,82

**Függelék 11. táblázat.** Az általunk azonosított és mennyiségileg meghatározott karotinoidok átlagértékei, szórása és a karotinoidok színe 2013-ban szabadföldön. Átlag±SD (n=3)

Karotinoidok [µg/g]			Fajta	
Sorszám	Név	Szín	'Kárpia'	'Karpex'
1.	Kapszorubin	Piros	1,03±1,26	1,44±0,57
2.	Kukurbitaxantin B	Sárga	0±0	0±0
3.	Violaxantin	Sárga	1,4±0,28	2,24±0,74
4.	Kapszantin-epoxid	Piros	0,46±0,15	0,96±0,26
5.	Kapszantin	Piros	1,72±2,94	1,6±0,37
6.	Cikloviolaxantin	Sárga	15,72±2,87	28,78±4,82
7.	Kukurbitaxantin A	Sárga	2,18±0,57	2,76±0,76
8.	Mutatoxantin	Sárga	2,96±0,82	4,83±1,24
9.	Anteraxantin	Sárga	6,91±1,51	6,05±1,12
10.	Zeaxantin	Sárga	0±0	0,04±0,05
11.	Cisz-zeaxantin	Sárga	0,47±0,35	0,78±0,59
12.	Szabad kriptokapszin	Piros	0,34±0,62	0,28±0,3
13.	Kukurbitaxantin B ME-1	Sárga	0,31±0,34	0,69±1,1
14.	Kapszantin származék	Piros	1,43±0,41	1,36±0,53
15.	Cisz-zeaxantin	Sárga	0,14±0,07	0,05±0,05
16.	Kapszantin származék	Piros	0,42±0,49	0,5±0,79
17.	Kapszantin-epoxid ME 1	Piros	2±0,6	2,68±0,72
18.	Cikloviolaxantin ME-1	Sárga	8,92±2,74	10,03±3,39
19.	Kapszantin ME-1	Piros	0,1±0,07	0,12±0,4
20.	Kapszantin ME-2	Piros	3,73±1,17	3,15±0,68
21.	Kapszantin ME-3	Piros	1,99±0,52	2,65±0,99
22.	Kukurbitaxantin ME-1	Sárga	19,85±7,6	22,22±6,99
23.	Kriptokapszin ME-1	Piros	1,32±0,45	1,14±0,42
24.	Cisz-kriptokapszin ME -1	Piros	13,62±3,69	11,93±2,83
25.	Zeaxantin ME-1	Sárga	1,9±0,73	0,7±0,59
26.	Zeaxantin ME-2	Sárga	7,86±2,11	5,37±1,3
27.	Béta-karotin	Sárga	6,57±2,29	2,13±0,67
28.	Kapszorubin DE-1	Piros	40,13±14,7	21,06±5,92
29.	Kapszantin DE-1	Piros	0,51±0,31	2,12±0,83
30.	Cis-β-karotin	Sárga	12,77±3,83	8,8±2,06
31.	Kapszorubin DE-2	Piros	0,36±1,48	0,2±0,12
32.	Kapszantin DE-2	Piros	2,79±0,99	1,88±0,99
33.	Kapszantin DE-3	Piros	31,97±9,56	23,45±5,96
34.	Kapszantin DE-4	Piros	1,45±0,61	1,54±0,48
35.	Cisz-kapszantin DE-1	Piros	38,09±10,86	24,49±6,03
36.	Kapszantin DE-5	Piros	12,33±40,82	1,67±0,45
37.	Kapszantin DE-6	Piros	4,34±5,65	1,98±0,48
38.	Cisz-kapszantin DE-2	Piros	17,77±4,52	11,16±2,63
39.	Cisz-kapszorubin DE-1	Piros	1,73±2,91	0,96±0,57
40.	Kapszantin DE-7	Piros	4,6±1,81	1,9±0,56

41.	Zeaxantin DE-1	Sárga	5,03±1,28	3,52±1,22
42.	Zeaxantin DE-2	Sárga	8,44±3,31	2,44±1,59
Σ			285,66±137,29	221,65±62,16

**Függelék 12. táblázat.** Az általunk azonosított és mennyiségileg meghatározott karotinoidok átlagértékei, szórása és a karotinoidok színe 2014-ban szabadföldön. Átlag±SD (n=4)

Karotinoidok (µg/g)			Genotípus	
Sorszám	Név	Szín	'Kárpia'	'Karpex'
1.	Kapszorubin	Piros	0,7±0,17	1,14±0,29
2.	Kukurbitaxantin	Sárga	1,05±0,23	1,7±0,53
3.	Violaxantin	Sárga	0,92±0,23	1,3±0,46
4.	Kapszantin-epoxid	Piros	0,73±0,17	1,32±0,41
5.	Kapszantin	Piros	9,1±1,87	14,97±4,11
6.	Cikloviolaxantin	Sárga	3,71±0,94	4,87±1,45
7.	Kapszantin származék	Piros	0±0	0±0
8.	Kapszantin származék	Piros	0±0	0±0
9.	Mutatoxantin	Sárga	0,2±0,06	0,39±0,15
10.	Anteraxantin	Sárga	2,54±0,59	4,29±1,52
11.	Zeaxantin	Sárga	3,98±0,65	3,21±0,83
12.	Cisz-zeaxantin	Sárga	0,37±0,12	0,59±0,24
13.	Szabad kriptokapszin	Piros	0,01±0,03	0,04±0,06
14.	Kukurbitaxantin B ME-1	Sárga	0±0	0,1±0,11
15.	Kapszantin származék	Piros	0,16±0,08	0,19±0,14
16.	Kapszantin származék	Piros	0,01±0,03	0,08±0,09
17.	Ismeretlen keverék	Piros	0,17±0,14	0,19±0,16
18.	Cisz-zeaxantin	Sárga	0,23±0,08	0,07±0,08
19.	Kapszantin származék	Piros	0,23±0,12	0,32±0,18
20.	Kapszantin-epoxid ME 1	Piros	1,51±0,35	1,75±0,63
21.	Cikloviolaxantin ME-1	Sárga	0,27±0,1	0,15±0,08
22.	Kukurbitaxantin B ME-2	Sárga	0,42±0,14	0,23±0,12
23.	Kapszantin ME-1	Piros	2,27±0,54	3,18±1,08
24.	Kapszantin ME-2	Piros	7,19±2,08	10,01±3,89
25.	Kukurbitaxantin ME-1	Sárga	4,81±0,86	3,45±1,58
26.	Kapszantin ME-3	Piros	2,78±0,7	3,91±1,29
27.	Kriptokapszin ME-1	Piros	15,59±3,73	20,95±8,52
28.	Cisz-kriptokapszin ME -1	Piros	0,71±0,25	1,33±2,06
29.	Kukurbitaxantin A ME-1	Sárga	0,53±0,13	1,05±1,96
30.	Zeaxantin ME-1	Sárga	11,69±2,13	11,24±4,28
31.	Zeaxantin ME-2	Sárga	1,16±0,27	1±1,39
32.	Mutatoxantin ME-1	Sárga	0,35±0,1	0,31±0,18
33.	Zeaxantin ME-3	Sárga	7,46±1,35	6,03±2,17
34.	Cisz-zeaxantin ME-1	Sárga	3,89±0,71	1,98±1,03
35.	Kapszorubin DE-1	Piros	0,13±0,13	0,33±0,37
36.	Zeaxantin ME-4	Sárga	1,5±0,31	1,71±0,6

37.	Kapszantin-DE-1	Piros	0,47±0,15	0,25±0,17
38.	Cisz-kapszantin-epoxid DE-1	Piros	0,56±0,18	0,19±0,14
39.	Kapszantin-epoxid-DE-1	Piros	3,51±1,03	4,72±2,17
40.	Kapszantin-epoxid-DE-2	Piros	1,48±0,33	0,74±0,33
41.	Béta-karotin	Sárga	29,19±4,46	22,49±6,78
42.	Kapszorubin DE-2	Piros	7,85±1,58	9,33±2,93
43.	Kapszantin DE-2	Piros	10,84±2,28	7,11±2,27
44.	Kapszorubin DE-3	Piros	4,18±1,09	4,48±1,4
45.	Kapszantin DE-3	Piros	31,79±6,25	22,87±6,52
46.	Kapszantin DE-4	Piros	1,41±0,45	1,34±0,86
47.	Kapszantin DE-5	Piros	35,54±6,47	26,9±6,94
48.	Zeaxantin DE-1	Sárga	4±0,66	1,66±0,48
49.	Zeaxantin DE-2	Sárga	2,36±0,47	1,47±0,41
50.	Kapszantin DE-6	Piros	17,47±2,84	14,31±3,41
51.	Zeaxantin DE-3	Sárga	1,01±0,17	0,63±0,17
52.	Zeaxantin DE-4	Sárga	3,14±0,7	1,4±0,39
53.	Cisz-kapszantin DE-1	Piros	5,74±1,13	5,74±1,77
54.	Zeaxantin DE-5	Sárga	5,17±1,02	1,9±0,6
55.	Zeaxantin DE-6	Sárga	0,11±0,01	0,17±0,12
56.	Zeaxantin DE-7	Sárga	3,13±0,56	1,16±0,51
Σ			255,32±51,22	232,24±80,41

**Függelék 13. táblázat.** Az általunk azonosított és mennyiségileg meghatározott karotinoidok átlagértékei, szórása és a karotinoidok színe 2014-ban hajtásban. Átlag±SD (n=4)

Karotinoidok (µg/g)			Genotípus	
Sorszám	Név	Szín	'Kárpia'	'Karpex'
1.	Kapszorubin	Piros	0,76±0,2	0,54±0,16
2.	Kukurbitaxantin	Sárga	1,78±0,53	1,09±0,25
3.	Violaxantin	Sárga	0,73±0,3	0,94±0,33
4.	Kapszantin-epoxid	Piros	1,1±0,35	0,73±0,18
5.	Kapszantin	Piros	18,06±4,2	9±1,74
6.	Cikloviolaxantin	Sárga	3,76±1,35	3,77±0,91
7.	Kapszantin származék	Piros	0±0	0±0
8.	Kapszantin származék	Piros	0±0	0±0
9.	Mutatoxantin	Sárga	0,52±0,18	0,24±0,1
10.	Anteraxantin	Sárga	5,08±1,8	2,85±0,84
11.	Zeaxantin	Sárga	2,67±0,74	3,2±0,66
12.	Cisz-zeaxantin	Sárga	0,65±0,28	0,39±0,16
13.	Szabad kriptokapszin	Piros	0,02±0,03	0,01±0,03
14.	Kukurbitaxantin B ME-1	Sárga	0,02±0,03	0±0
15.	Kapszantin származék	Piros	0,27±0,14	0,19±0,11
16.	Kapszantin származék	Piros	0,01±0,05	0,04±0,05
17.	Ismeretlen keverék	Piros	0,11±0,08	0,08±0,05
18.	Cisz-zeaxantin	Sárga	0,2±0,17	0,16±0,12

19.	Kapszantin származék	Piros	0,2±0,15	0,22±0,18
20.	Kapszantin-epoxid ME 1	Piros	1,26±0,47	1,38±0,42
21.	Cikloviolaxantin ME-1	Sárga	0,01±0,05	0,14±0,07
22.	Kukurbitaxantin B ME-2	Sárga	0,12±0,16	0,32±0,16
23.	Kapszantin ME-1	Piros	2,49±1,07	2,58±0,93
24.	Kapszantin ME-2	Piros	10,2±4,2	8,62±2,53
25.	Kukurbitaxantin ME-1	Sárga	1,84±0,62	3,09±1,01
26.	Kapszantin ME-3	Piros	2,72±1,4	3,31±1,56
27.	Kriptokapszin ME-1	Piros	21,8±8,04	16,7±5,14
28.	Cisz-kriptokapszin ME -1	Piros	0,24±0,08	0,44±0,2
29.	Kukurbitaxantin A ME-1	Sárga	0,67±0,19	0,59±0,87
30.	Zeaxantin ME-1	Sárga	11,56±3,38	10,58±2,73
31.	Zeaxantin ME-2	Sárga	0,47±0,36	1,04±0,46
32.	Mutatoxantin ME-1	Sárga	0,38±0,13	0,51±0,6
33.	Zeaxantin ME-3	Sárga	5,4±1,56	6,42±1,4
34.	Cisz-zeaxantin ME-1	Sárga	1,8±0,75	3,28±1,08
35.	Kapszorubin DE-1	Piros	0,17±0,18	0,21±0,15
36.	Zeaxantin ME-4	Sárga	0,96±0,25	1,08±0,39
37.	Kapszantin-DE-1	Piros	0,5±0,23	0,57±0,19
38.	Cisz-kapszantin-epoxid DE-1	Piros	0,39±0,77	0,51±0,31
39.	Kapszantin-epoxid-DE-1	Piros	2,55±1,54	3,42±1,36
40.	Kapszantin-epoxid-DE-2	Piros	2,17±3,29	1,92±2,99
41.	Béta-karotin	Sárga	12,81±4,55	19,65±5,77
42.	Kapszorubin DE-2	Piros	5,49±2,47	6,54±1,89
43.	Kapszantin DE-2	Piros	7,38±3,39	9,91±2,59
44.	Kapszorubin DE-3	Piros	2,16±0,68	2,99±2,47
45.	Kapszantin DE-3	Piros	22,99±8,1	28,48±8,56
46.	Kapszantin DE-4	Piros	1,37±0,45	1,71±2,85
47.	Kapszantin DE-5	Piros	22,99±6,8	29,63±7,94
48.	Zeaxantin DE-1	Sárga	1,29±0,55	2,54±0,84
49.	Zeaxantin DE-2	Sárga	1,5±0,51	2,1±1,66
50.	Kapszantin DE-6	Piros	10,52±2,47	13,18±3,42
51.	Zeaxantin DE-3	Sárga	0,4±0,11	0,66±0,34
52.	Zeaxantin DE-4	Sárga	1,32±0,73	2,65±1,09
53.	Cisz-kapszantin DE-1	Piros	3,55±0,84	4,05±0,84
54.	Zeaxantin DE-5	Sárga	1,53±1,04	3,85±1,96
55.	Zeaxantin DE-6	Sárga	0,17±0,03	0,04±0,04
56.	Zeaxantin DE-7	Sárga	1,02±0,54	2,67±1,19
Σ			200,13±72,56	220,81±73,87

## Függelék 14. táblázat.

Az általunk azonosított és mennyiségileg meghatározott karotinoidok átlagértékei, szórása és a karotinoidok színe 2015-ben hajtásban. Átlag±SD (n=4)

Karotinoidok (µg/g)			Genotípus	
Sorszám	Név	Szín	'Kárpia'	'Karpex'
1.	Kapszorubin	Piros	0,38±0,08	0,97±0,29
2.	Kukurbitaxantin	Sárga	0,37±0,17	2,37±0,51
3.	Violaxantin	Sárga	1,82±0,47	2,28±0,55
4.	Kapszantin-epoxid	Piros	1,17±0,28	1,9±0,35
5.	Kapszantin	Piros	13,99±3,2	25,63±4,89
6.	Cikloviolaxantin	Sárga	5,57±1,13	6,08±1,67
7.	Kapszantin származék	Piros	0±0	0,25±0,49
8.	Kapszantin származék	Piros	0±0	0,01±0,03
9.	Mutatoxantin	Sárga	0,43±0,14	0,9±0,22
10.	Anteraxantin	Sárga	5,27±1,77	9,29±2,32
11.	Zeaxantin	Sárga	3,79±0,86	2,59±0,71
12.	Cisz-zeaxantin	Sárga	0,82±0,26	1,35±0,34
13.	Szabad kriptokapszin	Piros	0,09±0,11	0,13±0,09
14.	Kukurbitaxantin B ME-1	Sárga	0,07±0,19	0,12±0,09
15.	Kapszantin származék	Piros	0,4±0,19	0,54±0,16
16.	Kapszantin származék	Piros	0,26±0,07	0,01±0,05
17.	Ismeretlen keverék	Piros	0,25±0,11	0,43±0,17
18.	Cisz-zeaxantin	Sárga	0,13±0,11	0,51±0,28
19.	Kapszantin származék	Piros	0,39±0,14	0,43±0,13
20.	Kapszantin-epoxid ME 1	Piros	2,13±0,69	2,25±0,73
21.	Cikloviolaxantin ME-1	Sárga	0,12±0,08	0,03±0,05
22.	Kukurbitaxantin B ME-2	Sárga	0,59±0,69	0,43±0,14
23.	Kapszantin ME-1	Piros	4,93±2,22	5,17±1,23
24.	Kapszantin ME-2	Piros	15,73±5,91	20,41±5,04
25.	Kukurbitaxantin ME-1	Sárga	3,92±1,05	2,47±0,63
26.	Kapszantin ME-3	Piros	7,55±4,56	6,92±1,88
27.	Kriptokapszin ME-1	Piros	34,11±12,25	45,75±11,03
28.	Cisz-kriptokapszin ME -1	Piros	0,05±0,21	0,02±0,09
29.	Kukurbitaxantin A ME-1	Sárga	2,22±4,85	1,08±0,35
30.	Zeaxantin ME-1	Sárga	16,18±5,15	20,93±4,77
31.	Zeaxantin ME-2	Sárga	1,24±0,35	0,37±0,21
32.	Mutatoxantin ME-1	Sárga	1,04±1,27	0,81±0,22
33.	Zeaxantin ME-3	Sárga	9,49±2,49	9,03±2,19
34.	Cisz-zeaxantin ME-1	Sárga	3,1±1,09	1,3±0,6
35.	Kapszorubin DE-1	Piros	0,4±0,26	0,46±0,26
36.	Zeaxantin ME-4	Sárga	1,32±0,91	1,3±0,35
37.	Kapszantin-DE-1	Piros	1,05±0,42	0,9±0,28
38.	Cisz-kapszantin-epoxid DE-1	Piros	0,78±0,52	0,28±0,15
39.	Kapszantin-epoxid-DE-1	Piros	5,03±1,54	5,36±1,39

40.	Kapszantin-epoxid-DE-2	Piros	0,27±0,27	0,4±0,21
41.	Béta-karotin	Sárga	25,93±6,54	23,09±4,74
42.	Kapszorubin DE-2	Piros	11,04±3,33	10,58±2,74
43.	Kapszantin DE-2	Piros	13,8±3,82	12,53±3,47
44.	Kapszorubin DE-3	Piros	3,09±1,37	3,19±0,74
45.	Kapszantin DE-3	Piros	44,07±11,72	39,78±10,45
46.	Kapszantin DE-4	Piros	2,63±4,19	1,61±0,72
47.	Kapszantin DE-5	Piros	39,07±9,59	36,64±8,99
48.	Zeaxantin DE-1	Sárga	2,35±4,26	0,34±0,18
49.	Zeaxantin DE-2	Sárga	1,83±0,49	1,57±0,51
50.	Kapszantin DE-6	Piros	15,45±3,78	15,43±3,53
51.	Zeaxantin DE-3	Sárga	1,1±2,09	0,2±0,12
52.	Zeaxantin DE-4	Sárga	2,9±0,82	1,44±0,45
53.	Cisz-kapszantin DE-1	Piros	4,08±0,95	4,57±1,2
54.	Zeaxantin DE-5	Sárga	4,37±1,16	1,74±0,58
55.	Zeaxantin DE-6	Sárga	0,19±0,58	0,07±0,09
56.	Zeaxantin DE-7	Sárga	0,46±0,67	0,99±0,48
Σ			318,81±111,42	335,23±84,13

## 8. KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

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

Hálásan köszönöm Dr. Helyes Lajos és Dr. Daood Hussein áldozatos munkáját, akik témavezetőként pótolhatatlan segítséget nyújtottak számomra. Helyes Lajos Tanár Úrnak a kísérletekben nyújtott szakmai irányítását, Daood Hussein Tanár Úrnak az analitikai vizsgálatok rejtelmeibe való bevezetését és útmutatását szeretném külön megköszönni.

Köszönöm Dr. Neményi Andrásnak, Dr. Pék Zoltánnak és Dr. Ombódi Attilának, hogy mindig bátran fordulhattam hozzájuk szakmai tanácsért, segítségért.

Köszönettel tartozom továbbá Dr. Nagy Zsuzsának, akire mindig számíthattam, legyen szó a kísérletekkel kapcsolatos, vagy akár az adatok feldolgozásában nyújtott tanácsokról.

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

Valamint szeretném kifejezni hálámat, hogy a GINOP 2.3.2-15-2016-00051-es számú projekt lehetővé tette számomra a dolgozat megírását.