



SZENT ISTVÁN
EGYETEM



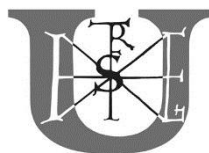
MEZŐGAZDASÁG- ÉS KÖRNYEZET-
TUDOMÁNYI KAR, GÖDÖLLŐ

Doktori (Ph.D.) értekezés tézisei

Nagy Zsuzsa

Gödöllő

2018



SZENT ISTVÁN
EGYETEM



MEZŐGAZDASÁG- ÉS KÖRNYEZET-
TUDOMÁNYI KAR, GÖDÖLLŐ

Szent István Egyetem

Chili paprika minőségi paramétereinek alakulása
különböző színű árnyékoló hálók, genotípusok és
érésfázisok függvényében

Nagy Zsuzsa

Gödöllő

2018

A doktori iskola

Megnevezése: Növénytudományi Doktori Iskola

Tudományága: növénytermesztési és kertészeti tudományok

Vezetője: Dr. Helyes Lajos

egyetemi tanár, intézetigazgató, tudományos rektorhelyettes
Szent István Egyetem, Mezőgazdasági és Környezettudományi Kar
Kertészeti Intézet

Téma vezetője: Dr. Helyes Lajos

egyetemi tanár, intézetigazgató, tudományos rektorhelyettes
Szent István Egyetem, Mezőgazdasági és Környezettudományi Kar
Kertészeti Intézet

Dr. Daood Hussein
c. egyetemi tanár
Szent István Egyetem, RET

.....
Az iskola vezető jóváhagyása

.....
A témavezető jóváhagyása

.....
A témavezető jóváhagyása

1. A munka előzményei, kitűzött célok

A dolgozat témáját képző chili paprikák a *Capsicum* nemzetségen belül a *C. annum*, *C. frutescens*, *C. baccatum*, *C. chinensis*, *C. pubescens* és *C. chacoense* fajokhoz tartozó csípős bogyójú, nem étkezési paprikák, illetve nem magyar fűszerpaprikák gyűjtőneve (Hayano-Kanashiro et al. 2016). A csípős paprikákat értékes áruként tartják számon, amelyek nyersen és feldolgozva egyaránt értékesíthetők. Táplálkozástudományi szempontból a benne található C-vitamin, karotinoidok, polifenolok és tokoferolok miatt fontosak, továbbá a kapszaicinoidok egyetlen természetes forrása (Arimboor et al. 2014).

Csípős étkezési, fűszer illetve chili paprikákon a színes hálós árnyékolás és a tápanyagtartalom kapcsolata egyelőre még minimálisan kutatott terület. Ezen vegyületek és más másodlagos anyagcseretermékek képződését befolyásolják különböző abiotikus tényezők; a fénynek való kitettség és prekursorok jelenléte (Rao és Ravishankar 2002), az UV sugárzás (Wink, 1988; Namdeo, 2007), vízellátottság (Valiente-Banuet és Gutiérrez-Ochoa, 2016), a szedés ideje (Kim et al. 2008), postharvest munkálatok (Lee és Kader 2010) és a színes hálós árnyékolás (Selahle et al. 2014). Étkezési édes paprikák termesztése során a színes árnyékoló hálóval való árnyékolás széles körben, főleg a nagy mennyiségű sugárzásnak kitett termesztő területeken használt és kutatott módszer, például Európa mediterrán térségeiben (Legarrea et al. 2010), Szerbiában (Ilić és Fallik 2017), Izraelben (Shahak 2008), Braziliában (Ferreira et al. 2015), az Egyesült Államok déli területén (Masabni et al. 2016), Indiában (Nangare et al. 2015) és Magyarországon is (Ombódi et al. 2016). A színes hálós árnyékolás az állományt érő besugárzás mennyiségi és spektrális összetételbeli tulajdonságait hivatott befolyásolni. A színes árnyékolás hatása csípős étkezési, fűszer és chili paprikák fitonutrienseire és termés mennyiségére jelenleg korlátolt mértékben kutatott terület, annak ellenére, hogy e paprikák termesztése és fogyasztása elterjedt világviszonylatban és hazánkban is.

Egy másik fontos kérdés a chili paprikatermesztés, feldolgozás és tápanyagtartalom kutatás számára, hogy a bogyók érése során miként alakul a csípősségük és egyéb tápanyagtartalmuk. E terület széles körben és régóta kutatott, mégis az eredmények nincsenek sok esetben, összhangban egymással a különböző genotípusok miatt, és a pontos érésfázis meghatározásának bizonytalansága miatt.

Célkitűzéseimként az alábbiakat fogalmaztam meg:

- a chili bogyóban előforduló bioaktív és minőséget meghatározó vegyületek vizsgálata korszerű folyadékkromatográfiás módszerek alkalmazásával;
- a különböző genotípusok összehasonlító vizsgálata (*Capsicum frutescens* és *Capsicum annuum*) különös tekintettel az bogyók kapszaicinoid, polifenol és C-vitamin tartalmára az érés dinamikája alapján;
- a különböző színű árnyékoló hálók használata és szedés idők szimultán hatása ‘Fire Flame’, ‘Star Flame’ illetve ‘Jalapeno’ (*C. annuum*) genotípusok kapszaicinoid, C-vitamin tartalmára és ‘Fire Flame’ karotinoid összetételére;
- megvizsgálni miként hat a különböző színű árnyékoló hálók használata ‘Fire Flame’, ‘Star Flame’ illetve ‘Jalapeno’ (*C. annuum*) genotípusok fotoszintetikus aktivitására és piacképes termésmennyiségére.

2. Anyag és módszer

Négy különálló kísérletet végeztünk a Szent István Egyetem Kertészeti Tanüzemében 2013-2015 között, Gödöllőn.

- 2013-ban a szabadföldre kiültetett 4 chili genotípus ('Bandai', 'BeibeiHong 695', 'Lolo 736' és 'Chili 3735') szedését szeptember 13-án végeztük el.
- 2014-ben a fóliában nevelt növények Soroksár 70 típusú nagylégterű fóliasátorba voltak kiültetve. A kivalántázásra a fóliában április 29-én került sor 4,16 tő/m² sűrűséggel. Mindhárom szedéshez volt beltartalmi mérés időzítve: július 28; szeptember 16. és október 26.
- 2014-ben, a szabadföldön nevelt május 19-én kivalántázásra kerültek 4,16 tő/m² sűrűséggel a növények. Mindkét szedéshez volt beltartalmi mérés időzítve: augusztus 24-én és szeptember 28-án.
- 2015-ben a kísérletet Rischel 8 típusú duplafalú, blokkosított fóliában végeztük. Összesen 6 szedést végeztünk, ebből kettőhöz volt beltartalmi mérés időzítve: július 27-én és szeptember 28-án.

Az állományt 2014-ben és 2015-ben fehér, zöld (Első Magyar Kenderfonó, Szeged) és piros (Ginegar, Izrael) árnyékoló hálókkal árnyékoltuk és hozzá egy kontroll csoportot is kijelöltünk. Mindhárom háló 7 illetve 8 méter szélességben volt kifeszítve térben merőlegesen az ikersorokra. A színes árnyékolóval végzett kísérleteket a 'Star Flame' F₁ és 'Fire Flame' F₁-en hajtottuk végre (*C. annuum*). Ezek a hibridek a kísérlet megkezdésekor hazánkban még nem voltak köztermesztésben. A 'Star Flame' biológiai érettségben élénk citromsárga átlagosan 12 cm hosszúra paprikákat fejleszt. A 'Fire Flame' nagyobb méretű, átlagosan 14 cm élénkpiros biológiai érettségben. Vegetációs mérések a klorofill-a fluoreszcencia, besugárzás és SPAD mérést foglalták magukba.

Az analitikai méréseket nagyhatékonyságú folyadékkromatográf segítségével (Hitachi, Chromaster) végeztük optimalizált módszerekkel. A kapszaicinoidok kinyerését metanollal, a C-vitamint 3%-os metafoszforsavval, a polifenolokat 2%-os ecetsavval, a karotinoidokat izopropanol: metanol: acetonitril (55: 35: 10) eleggyel végeztük el. Mindegyik vegyület csoportot a kinyerést követően C18-as funkciós csoportot tartalmazó fordított fázisú oszlopon választottunk szét. A kapszaicinoidokat fluoreszcens detektorral, a többi vegyület csoportot diódasoros detektorral azonosítottuk a maximális abszorbanciáján. Funkcionális csoportokat alkottunk a vegyületekből a könnyebb értelmezhetőség érdekében. A TC-t (totál

kapszaicinoid) az NDC, CAP, DC, HCAP 1-2, HDC 1-2 összeadásával kalkuláltuk. Az egyes karotinoid komponensek polaritás alapján (észtereződöttségi szint) lettek besorolva; szabad pigmentek, mono-észterek (ME), β -karotin és di-észterek (DE) csoportokra, továbbá a sárga és piros vegyületek külön alcsoportot képeztek.

Az adatok elemzése IBM SPSS 22 segítségével végeztük. Az összkapszaicinoid (továbbiakban TC), C-vitamin, karotinoid kategóriák koncentráció értékeit két-tényezős ANOVA modellel értékeltük, amelyben a szedés idő és a hálós árnyékolás és ezek lehetséges interakciója magyarázó változóként szerepelt. A 2014-2015-ös kísérletben a piacképes termésátlagot, Fv/Fm értéket, továbbá az érésdinamika vizsgálatban a kapszaicinoid és polifenol komponenseket és a C-vitamin tartalmat egy-tényezős ANOVA modellel vizsgáltuk, amelyben az érés fázis, mint magyarázó változó szerepelt. A páronkénti összehasonlításokat Tukey HSD post-hoc teszttel végeztük.

3. Eredmények (tézisek)

Összesen 6-7 kapszaicinoidot, kb. 60 karotinoidot és 9 polifenol komponenst azonosítottunk a 7 vizsgált genotípusban. A legmagasabb CAP tartalmú genotípus a 'Bandai' zöldérésben ($1176,1 \pm 112,1 \mu\text{g/g}$), legmagasabb C-vitamin tartalmú a 'Fire Flame' ($3689,4 \pm 160,61 \mu\text{g/g}$). Az érésdinamikai vizsgálat eredményei azt mutatják, hogy a csípősség általában csökken (kivétel Beibei hong, mert ebben nem változik), a C-vitamin pedig nő a bogyóérés előrehaladtával. A 'Fire Flame' hibrid esetében a barna színű kormosodáskor mértük a maximális értéket ($2691,2 \pm 40,95 \mu\text{g/g}$), amely tendencia fűszepaprikában is megfigyelhető. A polifenol vegyületek jelentős része növekedést mutat, kivétel a vanilliasav-származék, ami a zöldérés után csökken, vagy nem változik. Legnagyobb mennyiségben a naringenindiglükozid volt az összes vizsgált genotípusban max. ($368,8 \pm 30,77 \mu\text{g/g}$) értéket 'Bandai' pirosérésben detektáltuk.

1. Új tudományos eredmény (tézis)

A korszerű analitikai módszerek segítségével megállapítottam, hogy a vizsgált 7 chili genotípus a csípősség fő komponenseinek maximális tartalma a zöldérésű bogyóban mérhető (kivétel 'Beibei hong'), ezért zölden leszedve nyerhetjük belőlük a legnagyobb mennyiségű kapszaicinoidot.

A 'Star Flamere' az árnyékolás szignifikánsan hatott ($p < 0,001$); a kontroll a piros és fehér árnyékolású bogyókat felülmúlta mindkét szedés alkalmával. A szedés idő is szignifikánsan hatott ($p < 0,001$); a második szedéssel mértünk magasabb értékeket, vagyis összességében a kontroll második szedés alatt mértük a legmagasabb értéket ($3220 \pm 185 \mu\text{g/g}$). A 'Fire Flame' esetében az interakció hatott szignifikánsan ($p = 0,046$). A legmagasabb érték árnyékolatlan második szedésű kezelésből származik. Édes paprikán is hasonlóképpen bebizonyították, hogy árnyékolatlanul természetve majd tárolt formában is megőrzi a magasabb C-vitamin koncentrációt (Frezza et al. 2016). Méréseink alapján az augusztusi napi átlag hőmérséklet (18°C), illetve a napi maximális hőmérsékletek ($26-29^\circ\text{C}$) túl magasnak bizonyult, és ez zavarta a C-vitamin szintézist, ezáltal a szeptemberi szedésben kaptunk jobb eredményeket.

2. Új tudományos eredmény (tézis)

Megállapítottam, hogy a színes hálók használata csökkenteti szabadföldön mind a 'Star Flame' és 'Fire Flame' genotípusoknál a C-vitamin koncentrációját, valamint 'Fire

Flame' C-vitamin tartalma kiemelkedően magas (3748±121 µg/g) szabadföldön árnyékolás nélkül természetve.

A soroksári fóliában (2014) a 'Star Flame' C-vitamin tartalmára szignifikánsan hatott a különböző színű hálók és szedés idők között fellépő interakció ($p=0,004$), a 'Fire Flame' a szedés hatott szignifikánsan ($p<0,001$). Rischel fóliában (2015) 'Star Flame' esetében a háló ($p=0,001$) és a szedés ($p=0,002$) is szignifikánsan hatott. A 'Fire Flame' is a háló ($p=0,006$) és a szedés ($p<0,001$) hatott. Összegezve 2014 Soroksári fóliában mért C-vitamin eredménnyel, megállapítható, hogy a fehér árnyékolás egy jó kiindulási alap, ha C-vitamin tartalom maximalizálás a cél. Mashabela et al. (2015) fóliában gyöngyház fényű árnyékolóval talált magasabb C-vitamin tartalmat édes étkezési paprikában és azt a következtetést vonták le, hogy a magas átengedett vörös/infravörös mennyiség serkenette a C-vitamin szintézist. A fehér háló az UV tartományban nagyobb átengedést biztosított, mint a piros és zöld árnyékolók, amely a szakirodalom szerint általánosságban a fitonutriensek képződését serkenti (Wink, 1988; Namdeo, 2007).

3. Új tudományos eredmény (tézis)

Megállapítottam, hogy fóliás termesztésben a fehér árnyékolónak van a legkedvezőbb hatása a 'Star Flame' és 'Fire Flame' chili paprikák C-vitamin magasabb koncentráció eléréshez.

Szabadföldi termesztésben (2014) a totál kapszaicinoid értékre (TC) 'Star Flame' esetében szignifikánsan hatott a szedésidő ($F_{1,24}=56,107$, $p<0,001$). A 'Fire Flameben' a hálós árnyékolás és szedésidő között fellépő interakció hatott szignifikánsan ($F_{3,24}=8,155$, $p<0,001$). A szedések idő közötti $1,5 \times$ különbség volt mérhető, ezért a szedésidők közötti különbséget találtuk a kifejezettebbnek. Mindkét genotípus a szeptemberi 28-ai szedésben eredményezett nagyobb TC-t, vagyis a 14°C -os hőmérséklet és az augusztusához képest szeptemberben feltétlezett alacsonyabb besugárzás kedvezett a kapszaicinoidok kialakulásának. Úgy találtuk, hogy a minimum hőmérsékletek átlaga jobban mutatja, azt hogy a 2. szedés előtt a paprikákat hideg hatás érte, 14 nap átlagában 6°C volt, amelyben $2-3^{\circ}\text{C}$ is mérhető volt. Egy meleg igényes növény számára ez a hőmérséklet már egy komoly stresszor, és erre válaszolt a növény emelt kapszaicinoid értékkel. Ezt Gurung et al. (2011) különböző magasságokon termesztett chili paprikákat és eredménye alátámasztja, miszerint az alacsonyabb hőmérséklet és besugárzás serkenti a csípősséget. A szeptember végi szedés előtti időszakban az éjjeli

hőmérséklet 5°C alá is lement, Otha (1960) szerint alacsonyabb éjjeli hőmérséklet indukálja, hogy a paprikák csípősebbek legyenek.

4. Új tudományos eredmény (tézis)

Megállapítottam, hogy szabadföldön a szeptember végi szedés előtti hideg időszak (2-3 °C) serkentette a kapszaicinoid szintézisét mindkét vizsgált chili genotípusban.

Az Fv/Fm értéke a növényi stressz indikátora, optimális körülmények közt fejlődő növény, tehát abiotikus stresszt el nem szenvedő növény Fv/Fm értéke szűk egy skálán mérhető (Bolhar-Nordenkamp et al. 1989). Szabadföldön a Fv/Fm és TC között a 'Star Flameben' negatív és szignifikáns a kapcsolatot (Pearson=-0,66, $p<0,01$, N=32) mértünk 'Fire Flamenél' (Pearson=-0,74, $p<0,01$, N=32) is. A fóliában (soroksári, 2014) a 'Star Flameben' (Pearson= -0.47, N=48, $p<0,001$) és 'Fire Flameben' (Pearson= -0.45, N=48, $p<0,001$) is alacsonyabb erősségű kapcsolatot mértünk.

5. Új tudományos eredmény (tézis)

Megállapítottam, hogy az Fv/Fm érték és a totál kapszaicinoid között szignifikáns, negatív kapcsolat írható le mindkét vizsgált genotípus esetében, amely összefüggés a szabadföldön erősebb, mint a fóliában.

4. Következtetések és javaslatok

Célkitűzésként fogalmaztam meg, hogy az egyes chili paprikák érése során megvizsgáljam, hogy a csípősségük, polifenol összetételük és C-vitamin tartalmuk hogyan változik. Arra a következtetésre jutottam, hogy a csípősség alapvetően csökken az érés előrehaladtával. C-vitamin és klorofill+karotinoid mennyisége szempontjából az érés előrehaladása kedvez, mert az alacsony kezdeti érték a zöld érés után hirtelen megnő a kormos piros állapotban, és a kormosodás és piros érés között kisebb különbséggel, de növekszik. A 'Fire Flame' és 'Jalapeno' paprikáknál a kormosodáskor volt maximális a C-vitamin, a tendencia mégis beleillik a szakirodalomban leírt növekvő tendenciához. A polifenol vegyületek jelentős része növekedést mutat az érés előrehaladtával, kivétel a vanilliasav-származék. A javaslatom, hogy a felhasználási cél határozza meg, hogy mikorra időzítsük a szedést, ha a nagy kapszicinoid tartalom a cél, akkor a zöld érésben, ha a többi beltartalmi paraméter a fontos, akkor piros érésben érdemes szedni ezeket a genotípusokat.

A második célkitűzésem volt, annak a vizsgálata, hogy a különböző színű árnyékolók, hogyan hatnak 'Star Flame', 'Fire Flame' illetve 'Jalapeno' genotípusok C-vitamin tartalmára. A fóliás kísérletek alapján megállapítottam, hogy a fehér árnyékoló serkenti legnagyobb mértékben a C-vitamin szintézist, mert fényösszetételben nem szelektál annyira, mint a zöld és piros háló, továbbá a fényerősséget sem csökkenti akkora mértékben, mint a zöld és piros háló. Ez a különbség azonban szignifikáns nem volt minden esetben a 'Star Flame' és 'Fire Flame' genotípusoknál. Ha a chili paprika termesztés vagy nemesítés alkalmával a nagy C-vitamin elérése a cél, akkor fólia alatt a fehér árnyékolás ad a legjobb eredményt. A TC érték esetében megfigyelésünk szerint a piros árnyékoló zavarja (csökkenti) leginkább a kapszaicinoid szintézist a kontrollhoz képest, a fehér hatása általában megegyezik a kontrollal. A zöld árnyékoló hatása a TC-re rendkívül változó, néha kifejezetten serkenti (2014, fólia 'Star Flame' szeptemberi szedés, és 2015 'Jalapeno' szeptemberi szedés), de a legtöbb esetben nincs rá hatással.

Szabadszabványon a 2014-es kísérlet alapján a szedés időnek volt kifejezettebb hatása, mert a szeptember végi szedéskor rendkívül magasak voltak, amely az előtte levő minimum hőmérsékleteknek (2-3°C) köszönhető, amely egy meleg igényes növény számára egy komoly stresszor, és erre emelt total kapszaicinoiddal válaszolt a növény. A Rischel fóliában 2015-ben a szedés időnek van egyértelmű hatása, amelyet a szeptemberre erősen csökkentett vízellátás is indukált, és amelynek hatására a két hibrid csípőssége közel egyszintre került. A második szedéskor mért kumulált besugárzás hatása a TC-re, 'Fire Flamben' közepesen

erősnek mondható ($r^2=0,501$, $p=0,002$, $y=0,70x-155,72$). Annak vizsgálatára, hogy a különböző színek pontosan hogyan hatnak a csípősségre egy olyan fitotronos kísérlet beállítását javaslom, amelyben a különböző monokrom fényforrások állandó erősségű fényt bocsájtanak ki, állandó hőmérsékletű térben, és az így termelt bogyókat vetném részletes analitikai vizsgálat alá.

Az összkarotinoid tartalomra szabadföldön és fóliában is igaz, hogy a szeptember végi szedés a kedvezőbb a nyári szedésekhez képest, mert karotinoid szintézist az augusztus végén mért napi max. hőmérsékletek (26-29°C) zavarták. A színes árnyékolók többnyire csökkentik ezen értékeket. A karotinoidokat értékelésükhöz funkcionális csoportokra osztottuk, és arra a következtetésre jutottunk, hogy a táplálkozástudományi szempontból kiemelt vegyületek (zeaxanthin, β -karotin) mindhárom árnyékoló hálós kísérletben az utolsó szedéskor (szeptember vagy október) a kontroll alatt volt a nagyobb. A feldolgozás szempontjából fontos piros ME és DE alakulása, fóliás termesztésben, az augusztusi szedéseknél eredményeztek nagyobb koncentrációkat. Arra a következtetésre jutottunk, hogy feldolgozásnak ellenállóbb bogyók teremnek ebben az időszakban a több észtereződött karotinoid mennyisége miatt. A piros/sárga arány mindhárom kísérletben nagyobb átlagértéket a zöld háló alatt mutatta, ami azt jelzi, hogy a zöld háló alatt színestabilabb 'Fire Flame' bogyók termettek.

A különböző színű árnyékoló hálókra piacképes termés képzésével a fajták hasonlóan reagáltak az adott évben. 2015-ben a piros csökkentette a kontrollhoz képest, 2014-ben pedig a fehér növelte a kontrollhoz képest a piacképes termést. A piros háló csökkentő hatását a 2015-ben használt duplafalú Rischel fólia+ piros háló nagymértékű fényintenzitás csökkentő hatásának tulajdonítottuk. A termesztők körében legelterjedtebb zöld árnyékoló egyik évben sem hozott többletet a kontrollhoz képest. A kisebb hozam a kevésbé optimális körülményt jelezik, ezáltal megállapítható, hogy a zöld árnyékoló nem kedvező a nagyobb piacképes termés eléréséhez.

Az Fv/Fm érték a 2014-es kísérletek alapján sok esetben, a kontrollban a legalacsonyabb, mert az árnyékolás hiányában a növények többet párologtathatnak, ezáltal vízstressz alakul ki bennük, vagyis a paprika fotoszintetikus aktivitása csökkenhet, környezeti stresszre, amelyet az árnyékolás hiánya okozta többlet besugárzás válthat ki. Továbbá 2014-ben mindkét helyszínen mindkét fajtában mértünk szignifikáns, negatív összefüggést az Fv/Fm és a TC között. Ez arra enged következtetni, hogy az alacsonyabb fotoszintetikus aktivitáshoz nagyobb csípősség társul. Szabadföldön ez a kapcsolat a nagyobb kitétség miatt kifejezettebb.

5. Irodalomjegyzék

- Arimboor, R, Natarajan, R. B, Menon, K. R, Chandrasekhar, L. P, Moorkoth, V (2014). Red pepper (*Capsicum annuum*) carotenoids as a source of natural food colors: analysis and stability—a review. *Journal of Food Science and Technology*, 52 (3): 1258-1271.
- Bolhar-Nordenkamp HR, Long SP, Baker NR, Öquist G, Schreiber U, Lechner EG (1989). Chlorophyll fluorescence as a probe of the photosynthetic competence of leaves in the field: a review of current instrumentation. *Funct. Ecol.* 3: 497-514.
- Ferreira, R. D. C., Bezerra, R. D. S., Rosa, J. Q (2014). Effects of light intensity modification by reflective aluminized screenhouse on sweet pepper growth and yield. *Engenharia Agrícola*, 34 (4): 626-635.
- Gurung, T, Techawongstien, S, Suriharn, B, Techawongstien, S (2011). Impact of Environments on the Accumulation of Capsaicinoids in *Capsicum* spp. *HortScience*, 46 (12): 1576-1581.
- Hayano-Kanashiro, C, Gámez-Meza, N, Medina-Juárez, L. Á (2016). Wild Pepper *Capsicum annuum* L. var. *glabriusculum*: Taxonomy, Plant Morphology, Distribution, Genetic Diversity, Genome Sequencing, and Phytochemical Compounds. *Crop Science*, 56 (1): 1-11.
- Ilić, Z. S, Fallik, E (2017). Light quality manipulation improves vegetable quality at harvest and postharvest: A review. *Environmental and Experimental Botany*.
- Kim, S., Youl Ha, T., Park, J. (2008). Characteristics of pigment composition and colour value by the difference of harvesting times in Korean red pepper varieties (*Capsicum annuum*, L.). *International Journal of Food Science & Technology*, 43 (5): 915-920.
- Lee SK, Kader AA (2000). Preharvest and postharvest factors influencing vitamin C content of horticultural crops. *Postharvest Biol Technol.* 20: 207-220.
- Legarrea, 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.
- Masabni, J, Sun, Y, Niu, G, Del Valle, P (2016). Shade Effect on Growth and Productivity of Tomato and Chili Pepper. *HortTechnology*, 26 (3): 344-350.
- 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): 2612-2618.
- Namdeo, AG (2007). Plant cell elicitation for production of secondary metabolites: a review. *Pharmacognosy Reviews*, 1: 69-79.

- Nangare, D. D., Singh, J., Meena, V. S., Bhushan, B., Bhatnagar, P. R. (2015). Effect of green shade nets on yield and quality of tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill) in semi-arid region of Punjab. *Asian Journal Advances in Basic and Applied Science*, 1: 1-8.
- Ombódi, A, Pék, Z, Szuvandzsiev, P, Lugasi, A, Ledóné Darázsi, 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.
- Otha Y (1960). Physiological and genetical studies on the pungency of *Capsicum*. II. Pungency under various growing conditions. *Rep. Kihara. Inst. Biol. Res.* 11: 73-74.
- Rao, S R., Ravishankar, G. A. (2002). Plant cell cultures: chemical factories of secondary metabolites. *Biotechnology Advances*, 20 (2): 101-153.
- Selahle, K. M., Sivakumar, D., Jifon, J., Soundy, P. (2014). Postharvest responses of red and yellow sweet peppers grown under photo-selective nets. *Food Chemistry*, 173: 951-956.
- 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.
- Valiente-Banuet, J. I., Gutiérrez-Ochoa, A (2016). Effect of Irrigation Frequency and Shade Levels on Vegetative Growth, Yield, and Fruit Quality of Piquin Pepper (*Capsicum annum* L. var. *glabrusculum*). *HortScience*, 51 (5): 573-579.
- Wink M (1988). Plant breeding: importance of plant secondary metabolites for protection against pathogens and herbivores. *Theoretical and Applied Genetics*, 75 (2): 225-233.

6. Az értekezés témaköréhez kapcsolódó publikációk

Nemzetközi tudományos lapokban megjelent publikációk (IF-es)

- Nagy Z, Daood H, Ambrózy Z, Helyes L (2015). Determination of Polyphenols, Capsaicinoids, and Vitamin C in New Hybrids of Chili Peppers. *Journal of Analytical Methods in Chemistry*. vol. 2015, Article ID 102125, 10 pages, 2015. doi:10.1155/2015/102125
- Nagy Z, Daood H, Neményi A, Ambrózy Z, Pék Z, Helyes H (2016). Impact of Net Shading on Phytochemicals of Two Chili Pepper Hybrids Cultivated in Plastic House. *Korean Journal of Horticultural Science & Technology*. 35 (4). 418-430
- Nagy Z, Daood H, Koncsek A, Molnár H, Helyes, L (2017). The simultaneous determination of capsaicinoids, tocopherols, and carotenoids in pungent pepper powder. *Journal of Liquid Chromatography & Related Technologies*, 40 (4). 199-209.
- Helyes L, Nagy Z, Daood H, Pék Z, Lugasi A (2015). The simultaneous effect of heat stress and water supply on total polyphenol content of eggplant. *Applied Ecology and Environmental Research* 13:(2) 583-595.
- Ambrózy Z, Daood H, Nagy Z, Darázsi Ledó H, Helyes L (2016). Effect of net shading technology and harvest times on yield and fruit quality of sweet pepper. *Applied Ecology and Environmental Research* 14 (1): 99-109.
- Neményi A, Pék Z, Percze A, Gyurica C, Mikó P, Nagy Z, Higashiguchi R, Helyes L (2017). Effect of water availability on shoot and culm properties of a developing *Phyllostachys iridescens* grove. *Applied Ecology and Environmental Research* 15 (3): 25-38.

Hazai tudományos lapokban megjelent publikációk (nem IF-es)

- Nagy Z, Pék Z, Daood H, Helyes L (2014) Az öntözés és a szedési időpont hatása a tojásgyümölcs (*Solanum melongena* L.) beltartalmi paramétereire. *Kertgazdaság*. 46:(3) 3-7.
- Nagy Z, Daood H, Helyes L (2016). Szedés és árnyékolás hatása sárgára érő chili paprika beltartalmára és bogyó paramétereire. *Kertgazdaság*. 48 (2): 3-9.
- Kunetz A, Nagy Z, Daood H (2017): A különböző színű hálókkal árnyékolt és árnyékolás nélküli termesztett jalapeno csilipaprika beltartalmi értékeinek összevetése. *Kertgazdaság*. 49 (3): 3-10.

Konferencia kiadványok (Proceeding, magyarul, angolul)

- Nagy Z, Ambrózy Z, Burján S, Helyes L, Daood H (2015). Total capsaicinoid content of two chilli pepper hybrids (*Capsicum frutescens*) in four different ripening stages. *Növénytermelés* 64: 111-114.
- Nagy Z, Burján S, Ambrózy Z, Bori Z (2014). Mycorrhiza inoculation and reduction of some nutritional value of tomato by irrigation *Növénytermelés* 63. 103-106.
- Burján S, Nagy Z, Sebestyén M, Hamow K, Pék Z. (2014). Dose-dependent irrigation affecting the yield and some nutritional parameters of mycorrhiza treated tomato. *Növénytermelés* 63. 107-110.
- Ambrózy Z, Burján S, Nagy Z, Helyes L, Daood H (2015). Effect of water supply and mycorrhizal inoculation on yield and nutritional value of sweet pepper. *Növénytermelés* 64. 95-98.
- Burján S, Nagy Z, Ambrózy Z, Lugasi A, Pék Z (2015). The quantitative changes of nutrient and mineral content in broccoli depending on season, cultivation period, irrigation and foliar sulfur supplementation. *Növénytermelés* 64. 167-170.
- Nagy Z, Daood H, Neményi A, Burján S, Helyes L (2016). The effect of shading on chlorophyll fluorescence and pungency of outdoor cultivated chili hybrids. 470-475. XVIth EUCARPIA Capsicum and Eggplant Working Group Meeting, Kecskemét
- Szuvandzsiev P, Pék Z, Nagy Z, Daood H, Dinara S, Neményi A, Helyes L (2016). Correlation between carotenoid components of chili pepper fruits and VIS/NIR reflectance. 212-217. XVIth EUCARPIA Capsicum and Eggplant Working Group Meeting, Kecskemét
- Burján S, Nagy Z, Daood H, Nemenyi A, Helyes L, Pek Z (2016). The effect of mycorrhiza inoculation, water supply and harvest time on eggplants' photosynthetic activity and the fruits' total polyphenol content. 480-487. XVIth EUCARPIA Capsicum and Eggplant Working Group Meeting, Kecskemét