



SZENT ISTVÁN EGYETEM

**A *SOLANACEAE* CSALÁDBA TARTOZÓ FONTOSABB
ZÖLDSÉGEK (PARADICSOM, TOJÁSGYÜMÖLCS, PAPRIKA)
NÖVÉNYI TULAJDONSÁGAINAK VIZSGÁLATA
SPEKTROSKÓPIÁS MÓDSZEREKKEL**

DOKTORI (PhD.) ÉRTEKEZÉS TÉZISEI

SZUVANDZSIEV PÉTER

GÖDÖLLŐ

2017

A doktori iskola

megnevezése: Növénytudományi Doktori Iskola

tudományága: Növénytermesztési és kertészeti tudományok

vezetője: Dr. Helyes Lajos

Egyetemi tanár, az MTA doktora,

Szent István Egyetem,

Mezőgazdaság- és Környezettudományi Kar,

Kertészeti Intézet

témavezető: Dr. Pék Zoltán

Egyetemi docens,

Szent István Egyetem,

Mezőgazdaság- és Környezettudományi Kar,

Kertészeti Intézet

.....
Az iskolavezető jóváhagyása

.....
A témavezető jóváhagyása

1 BEVEZETÉS

1.1 A kutatás jelentősége és előzményei

A Solanaceae családba tartozó zöldségfajok, a paradicsom (*Solanum lycopersicum* L.), tojásgyümölcs (*Solanum melongena* L.) és paprika (*Capsicum annuum* L.) világviszonylatban nagy népszerűségnek örvendnek. Közülük a paradicsom a legjelentősebb (163 millió tonna), de a tojásgyümölcs (50 millió tonna) és a paprika (31 millió tonna) termésmennyisége is jelentős volt a világon 2013-ban. A paradicsom esetében ennek megközelítőleg az egynegyede (40 millió tonna) kerül ipari feldolgozásra. Tojásgyümölcsnél és paprikánál ez az mennyiség alacsonyabb. Magyarországon az ipari paradicsom termesztés 2012-es mélypontja után egy pozitív változás indult el, melynek egyik jele a termőterület jelentős növekedése és ezzel egy időben, a termesztés intenzitásának javulása is. A hazai tojásgyümölcs termesztés is emelkedő tendenciát mutat. A paprika a legnagyobb arányban fogyasztott zöldségünk, mind nyers, mind feldolgozott formában népszerű, utóbbi esetén a Kápia típus jelentősége növekszik.

A vegetációkutatásban már régebb óta használt légi- és terepi hiperspektrális spektroszkópia, napjainkban egyre nagyobb szerephez jut a precíziós növénytermesztésben, különös tekintettel a kertészeti növényekre. Ehhez szükség volt a spektrométerek fejlesztésére, melyek egyre kisebbeké és könnyebbeké váltak, így akár drónokra is szerelhetők. A gyors-spektroszkópiás vizsgálatok alkalmazási területe meglehetősen széles körű, mivel mobilizálható, lényegesen rövidebb ideig tart, olcsóbb, mint az analitikai laboratóriumi vizsgálat és roncsolás-menetesen elvégezhető. Az elmúlt néhány évtizedben jelentős előrelépés történt a mezőgazdasági termékek, az élelmiszeripari nyersanyagok és a kész termékek spektroszkópiás vizsgálatában. A különböző növényfajok, vagy egy faj eltérő fenológiai fázisai is eltérő morfológiai- (sejtfal vastagság, sejtközötti járatok és viaszréteg) és biokémiai (víz-, pigment- és szénhidrát tartalom) jellemzőkkel rendelkeznek. Ez eltérő spektrális tulajdonságaikban is megmutatkozik, amit kategóriák kialakítására vagy osztályozásra használhat a mezőgazdaság, illetve az erdőgazdálkodás.

A Kertészeti Intézetben végzett hat évtizedes öntözési tartamkísérlet, három évtizeddel ezelőtt egészült ki roncsolásmentes lombfelszín hőmérséklet mérésekkel. Ennek folytatásaként, 2011-ben kezdődtek mérések hordozható-, látható- és közeli infravörös (VIS/NIR) spektrométeres eszközökkel. A vizsgálatok terepen és laboratóriumi körülmények között kerültek megvalósításra.

1.2 Célkitűzések

A vizsgálatok célja, az abiotikus tényezők (víz- és fényellátottság) hatásainak megállapítása, a szabadföldön termesztett zöldségfajok (paradicsom, tojásgyümölcs és paprika) leveleinek és termésének reflektív tulajdonságaira.

- Az öntözési kezelések hatása az ipari paradicsom terméseredményeire, különös tekintettel az oldható szárazanyag-tartalomra.
- Az ipari paradicsom, tojásgyümölcs és kápia paprika levelek spektroszkópiás jellemzőinek megállapítása FieldSpec HandHeld 2™ Portable spektrométerrel.
- Az öntözés és vízhiány-stressz hatásának megállapítása az ipari paradicsom levelének spektrális tulajdonságaira.
- Az öntözés hatásának megállapítása a tojásgyümölcs levelének spektrális tulajdonságaira.
- Különböző színű műanyaghálók, árnyékoló képességének megállapítása és az alattuk nevelt kápia paprikák termésének mennyiségi- és minőségi paramétereire.
- Öntözés és vízhiány-stressz hatásának megállapítása a paradicsombogyó fontosabb beltartalmi paramétereire és spektrális jellemzőire.
- Az ipari paradicsomfajták oldható szárazanyag-, likopin- és összes polifenol tartalmának becslésére alkalmas kalibrációs modellek fejlesztése, pürésített termések VIS/NIR (325-1075 nm) reflektanciáiból.

2 ANYAG ÉS MÓDSZER

A kitűzött célok érdekében Gödöllőn, a Szent István Egyetem Kertészeti Tanüzemében 2012-2015 között szabadföldi kísérleteket állítottam be. Az ipari paradicsom mind a négy évben vizsgálatra került, míg a tojásgyümölcs és kápia paprika (különböző színű árnyékoló-hálóval fedett) állományok méréseiből csak a 2013-as adatokat dolgoztam fel. Ipari paradicsomból (Uno Rosso F1, Heinz 9663 F1, Triple Red F1, UG Red F1, Strombolino F1), tojásgyümölcsből (Barcelona F1) és kápia paprikából (Karpia F1, Karpex F1) is csak hibrideket vizsgáltam. Az érett ipari paradicsom termékek analitikai mérésére pedig 2012-ben került sor. A növények szaporítása, termesztéstechnológiája a sokéves gyakorlatnak megfelelően történt.

Az öntözési kezelések során az optimális (I_d) öntözővíz igény 100%-a, 50%-a és az öntözés nélküli kontroll növényállományok voltak összehasonlítva. A 100%-os öntözéssel kezelt növényállományok, napi vízigényének megfelelő öntözővíz adag került visszapótlásra hetente három alkalommal, és ennek analógiájára számoltam ki az 50%-os állományok öntözési vízadagját is, a következő egyenlet segítségével:

$$I_d (mm) = ((T_{max}(^{\circ}C) + T_{min} (^{\circ}C))/2) \times 0,2 (mm/^{\circ}C)$$

I_d : napi vízigény (mm), T_{max} : napi maximum hőmérséklet ($^{\circ}C$), T_{min} : napi minimum hőmérséklet ($^{\circ}C$).

A növényállományok levélreflektancia mérését, ASD FieldSpec Handheld 2 Portable Spectroradiometerrel végeztük, 2013 július elejétől, folyamatosan hetente, 2-4 ismétléssel. Ilyen módon az ipari paradicsomokról 120, a tojásgyümölcseről 104 és a paprikákról 240 spektrum került rögzítésre, a 325-1075 nm-es tartományban.

A színes takaróhálók abszorbanciáját (A) az adott háló alatt mért, kalibrációs referenciaként is alkalmazható fehér korong (USP 1119) reflektanciájából (R) számítottuk ki ($A = \log(1/R)$), a korong takarás nélküli reflektancia értékeivel összehasonlítva.

Az érett ipari paradicsom termékek mérése esetében a piros érettségi állapotú bogyókból, négy ismétlésben öt-öt darabot pürésítettem ismétlésenként, majd ezt követően spektroszkópiás és analitikai vizsgálatnak vettem alá a mintákat. A beltartalmi értékekre vonatkozó vizsgálatokat az Országos Élelmiszerbiztonsági és Táplálkozástudományi Intézet Élelmiszerkémiai-analitikai Főosztályán, valamint a Központi Élelmiszer-tudományi Kutatóintézet Élelmiszeranalitikai laboratóriumában, majd 2014-től a Szent István Egyetem, Regionális Egyetemi Tudásközpontjának Élelmiszeranalitikai Laboratóriumában végezték.

3 EREDMÉNYEK

3.1 Az öntözés hatása az ipari paradicsom terméseredményeire 2012-'15

Az ipari paradicsom állományokban végzett kísérleteimet 2012 és 2015 között eltérő évjáráthatások érték. A termelőket és a feldolgozókat összekapcsoló fontos gazdasági mutató a termésátlagokból és a bogyók vízdoldható szárazanyag-tartalom ($^{\circ}\text{Brix}$) értékeiből számítható szárazanyag-hozam. Bár évjáratonként az öntözött állományokról betakarított bogyók minden esetben hígabbak voltak ($R^2=0,70$), az öntözés hatására képződött nagyobb termésmennyiség ($R^2=0,72$) és alapvetően jobb növény-kondíció ezt általában kompenzálta.

3.2 A vizsgált növényállományok levelének spektroszkópiás jellemzői

A dolgozatomban vizsgált három faj (paradicsom, tojásgyümölcs, paprika) leveleit, jelentősebb spektrális felbontás-, valamint előfeldolgozó diszkriminatív eljárás használata nélkül is el tudtam különíteni a VIS-NIR tartományban (325-1075 nm-es) rögzített nyers reflektancia spektrumok alapján.

3.3 Az öntözés és vízhiány-stressz hatása a paradicsom levelének spektrális tulajdonságaira

A közeli infravörös tartomány bizonyos szakaszain nincs különbség, ugyanakkor a 900 nm-től 1000 nm-ig terjedő hullámhossz tartományban a fajtáktól független, de az öntözési kezelések diszkriminációjára alkalmas különbségek mutatkoztak. A vízellátottság és a spektrális reflektancia legjobb összefüggéseit, a spektrum adatok 900-1000 nm-es tartományra szűkítése, valamint az előfeldolgozási algoritmusok közül az első derivált alkalmazása esetén érték el. A szoftver által kiszámított modell alkalmas volt a három különböző vízellátottságú növényállomány elkülönítésére, a becslés pontosságát jellemző p-értékek pedig, 0,0032, 0,0028, 0,008, 0,0011 és 0,0008 voltak, az egymást követő mérési időpontok sorrendjében. A modell használhatóságát keresztvalidációval ellenőriztük. A növények vízellátottságát három értékhez rendeltük: -1,0 (K), 0 (50) and 1,0 (100), míg a hibahatár 0,5 volt. Az ilyen módon, a modell által becsült értékek közül a 100-as kezelés esetén 8, az ötvenes kezelés esetén 5, és a kontroll esetén 9 érték került a hibahatáron kívülre. Tehát a modell, a kontroll állomány esetén adta a legkevésbé pontos eredményt.

3.4 Az öntözés hatása a tojásgyümölcs levelének spektrális tulajdonságaira

Az eltérő vízellátottságú tojásgyümölcs növényállományok értékelésére, az NDVI (Normalized Difference Vegetation Index), PRI (Photochemical Reflectance Index), WI (Water Index) és az

ECI1 (Effective Chlorophyll Indicator) vegetációs indexeket használtam fel. Ezek, a levelek reflektanciáiból számított dimenziómentes mérőszámok. A vegetációs indexek és az öntözés összefüggéseit vizsgálva, csak a PR index és a vízellátottság között sikerült kimutatni értékelhető összefüggést, melyet legszorosabban egy másodfokú polinom függvénnyel lehet jellemezni ($y=-0,00004x^2+0,0027x-0,0013$, $R^2=0,52$, $n=22$).

3.5 Fotoszelektív hálók hatása Kápia típusú paprikaállomány levélreflektanciájára

A különböző színű takaróanyagok alatt nevelt paprika hibridek levél reflektancia értékei között, az infravörös tartományban volt kimutatható különbség. Karpia F1 paprika esetében a kontroll állományon mértük a legmagasabb reflektanciát, majd ezt követték sorban a fehér, sárga, zöld, rózsaszín és a piros háló alatt fejlődött levelek értékei. A Karpex F1 levél reflektancia értékei eltérő sorrendet mutattak, kontroll, fehér, sárga, rózsaszín, piros és zöld, színű háló alatti csökkenő értékekkel. A különböző színű árnyékolók levélreflektancia módosító hatását, hazai kísérletből származó eredményekkel, először publikáltuk Magyarországról.

3.6 A fotoszelektív műanyaghálók árnyékoló képességének mérése

A hálókra jellemző elnyelési maximumokból kiolvasható, hogy a teljes, mért hullámhossztartományt (325-1075 nm) vizsgálva a piros színű háló fényelnyelése (0,295, 460-570 nm) volt a legjelentősebb. A zöld háló esetében pedig, a 400- és 650 nm-en is 0,2 felett volt az abszorbancia maximum. Ez alapján elmondható, hogy a hazai gyakorlatban leggyakrabban használt zöld színű háló, a legrosszabb választás a vizsgált anyagok közül. A másik három háló árnyékolóképessége, viszont nem érte el az ígért abszorbancia értéket, még a PAR régióban sem.

3.7 Fotoszelektív műanyaghálók árnyékoló hatása a paprika mennyiségi- és minőségi paramétereire

A különböző színű árnyékoló hálók eltérő hatást gyakoroltak az alatta termesztett állomány betakarított termésének mennyiségére és minőségére. A Karpex F1-et külön vizsgálva a kontroll kezelés hozta a legkevesebb eladható- és a legtöbb napégett termést. Ennek viszonylatában a hozamtöbbség alapján felállított sorrend: fehér (101,6%), zöld (118,4%), piros (129,4%), rózsaszín (131,8%) és sárga (158,2%) színű háló. A Karpex F1 hibridnél a fehér, míg Karpia F1 fajta kezelésében a zöld háló hatása okozta a leggyengébb eredményeket az átlaghozamban. A piros és zöld hálók alatt nem fordult elő a terméseken napégés. Az

egészséges termékek tekintetében a sárga árnyékoló háló alatti állomány, több mint kétszeresen teljesített, a kontrollhoz képest.

3.8 Öntözés és vízhiány-stressz hatása a paradicsombogyó beltartalmi értékeire és spektrális jellemzőire

A pürésített paradicsombogyók reflektanciái, nyers formában is különbséget mutattak, ezért alkalmasnak tűntek a vízdoldható szárazanyag-, likopin-, és polifenol-tartalom becslésére alkalmas modell kiszámítására. A modellalkotás során a kilógó spektrumok leválogatása, az első derivált kiszámítása és a Savitzky-Golay szűrő felhasználása után, a legkisebb négyzetek módszerének (Partial Least Square Regression, PLSR) algoritmusát alkalmaztam. A legmegbízhatóbb modell kiválasztása, a keresztvalidáció korrelációs koefficiense (R^2) és a becslés négyzetes középhiba értéke (Root Mean Square Error of Cross Validation, RMSECV) alapján történt. Az vízdoldható szárazanyag esetén 6,6%-os ($R^2=0,77$, RMSECV=0,51 °Brix), a likopin esetén 7,6%-os ($R^2=0,75$, RMSECV=1,99 mg/100g), az összes polifenol esetén pedig 10,0%-os ($R^2=0,72$, RMSECV=7,63 mg/100g) volt a keresztvalidáció hibája. A keresztvalidáció ellenőrzését grafikusán is elvégeztem, a modell által kiszámított értékeket feltüntetve az eredeti adatok viszonylatában. Ez alapján a vízdoldható szárazanyag-tartalom modell tűnt alkalmasnak a becslésre, a 4-6 °Brix-os intervallumban.

3.9 Új tudományos eredmények

1. A csapadék, vagy öntözővíz formájában rendelkezésre álló víz, jelentős, pozitív ($R^2=0,72$) és negatív ($R^2=0,70$) hatással van a termésmennyiségre és a bogyók vízdoldható szárazanyag-tartalmára sorrendben.
2. A dolgozatomban vizsgált három faj (paradicsom, tojásgyümölcs, paprika) leveleit, jelentősebb spektrális felbontás-, valamint előfeldolgozó eljárás használata nélkül is el tudtam különíteni a VIS-NIR tartományban (325-1075 nm-es) rögzített nyers reflektancia spektrumok alapján.
3. Az ipari paradicsomfajták levél-reflektancia vizsgálata során a különböző víz ellátottságú állományok- és a hibridek között is, diszkriminációra alkalmas különbségeket tudtam kimutatni a közeli infravörös tartományban, amely alapján fajtától és kezeléstől függetlenül sikerült modellezni a vízellátottságot.
4. Tojásgyümölcs levél-reflektancia vizsgálata során a különböző vízellátottságú állományok esetében diszkriminációra alkalmas különbségeket tudtam kimutatni, és az ebből számított PRI (Photochemical Reflectance Index), szoros ($R^2=0,53$; $n=22$)

összefüggést mutatott a mérés időszakát megelőzően kijuttatott öntözővíz mennyiségével.

5. A paprika árnyékolásra használt színes takaróhálók árnyékoló- és a levelek reflektanciájára gyakorolt hatását, először vizsgáltuk Magyarországon. A közeli infravörös tartomány reflektancia spektrumában (750-1000 nm), a kezelések diszkriminációjára alkalmas különbségeket mutattam ki.
6. A fotoszelektív hálók abszorbancia értékeinek megállapítására a FieldSpec HandHeld 2™ Portable típusú spektrométerrel végzett mérésekből kiderül, hogy a hálók jelentős különbségekkel rendelkeznek az abszorpció tekintetében.
7. A hazai termesztésben leggyakrabban használt zöld színű árnyékoló háló elnyelési csúcsa egybeesik a paprika levelének maximális abszorbancia értékével, amely így amellet, hogy védelmet nyújthat a Napból érkező káros sugárzás perzselő hatása ellen, nagymértékben visszavetheti az alatta fejlődő paprikaállományok produktivitását.
8. A vizsgált különböző színű műanyag hálók közül a sárga színű alatti paprika növények hozták a legtöbb értékesíthető termést.
9. Az ipari paradicsomok pürésített bogyóin mért reflektancia értékekből különbséget tudtam kimutatni a különböző hibridek- és ezeken belül, a különböző vízellátottságú kezelések között a látható- és közeli infravörös tartományban. Az ipari paradicsomok pürésített bogyóinak spektrális eredményeiből származó információk az öntözési vízádagok tekintetében diszkriminációra alkalmas rajzolatot mutattak.
10. Az ipari paradicsomfajták pürésített bogyóiból és az 550-975 nm-es tartomány reflektancia spektrumából származó kalibrációs modell, alkalmas az oldható szárazanyag becslésére a 4-7 °Brix-os intervallumban.

4 KÖVETKEZTETÉSEK ÉS JAVASLATOK

A hőmérséklet és csapadékviszonyok alapján a vizsgált évjáratok különböztek egymástól. A 2014-es évet kivéve, csak öntözéssel lehetett megfelelő terméshozamot elérni ipari paradicsomban. Ezt alátámasztják a korábbi vizsgálatok eredményei, melyek szerint az évek háromnegyedében szükséges öntözni a megfelelő terméshozam érdekében. Bár az öntözés amellett, hogy hígítja a paradicsom bogyókat és így alacsonyabb az egyedi termés vízőldható szárazanyag-tartalma, ezt a lényegesen magasabb termésmennyiség kompenzálja, ami a nagyobb szárazanyag hozamban realizálódik.

A vegetációkutatásban már régebb óta használt légi- és terepi hiperspektrális spektroszkópia, napjainkban egyre nagyobb szerephez jut a precíziós növénytermesztésben. Az egyre kisebb és könnyebb spektrométerek már drónokra is szerelhetők. A különböző növényfajok (paradicsom, tojásgyümölcs és paprika) levelei eltérő spektrális tulajdonságokkal rendelkeznek, amit kategóriák kialakítására vagy osztályozásra használhatnak a szakemberek.

Az ipari paradicsomon végzett vizsgálat demonstrálta, hogy a látható- és közeli infravörös spektroszkópia a levélreflektancia adatok segítségével felhasználható, a vízellátottság meghatározására, fajtától és fenológiai fázistól függetlenül. Az alacsonyabb reflektancia értékek a jobb vízellátottságú növényeknél jellemzők, míg kisebb-nagyobb vízhiányt elszenvedő, és ezért nagyobb stressznek kitett növények levelei magasabb reflektancia értékekkel jellemezhetők. Nagyobb számú spektrális felvételezésen alapuló adatsor összeállítása szükséges azonban ahhoz, hogy megbízhatóbb becsléseket végezhessünk a reflektancia értékek alapján.

A tojásgyümölcs állomány produktivitásának számszerűsítésére, a levelek látható és közeli infravörös reflektanciájából számított indexeket alkalmaztunk (ECI 1, NDVI, PRI, WI), melyek közül az első a vízstressz okozta vörös él eltolódáson alapul. Az összefüggés erőssége ($R^2=0,03$) azonban nem támasztotta alá, hogy a növények vízhiányosak voltak. Az NDVI és WI indexekkel sem sikerült statisztikailag igazolható összefüggést kimutatni. Az indexek közül csak a PRI mutatott akkora változatosságot az aszályos időszakban, hogy a vízellátottsággal való összefüggése számottevő legyen ($R^2=0,52$). Összegezve elmondható, hogy a néhány hullámhossz adataiból számított vegetációs indexek kevesebb információtartalommal rendelkeznek, ezért kevésbé alkalmasak a növényállományok pontos jellemzésére.

A különböző színű takaróanyagok közül, csak a külföldi gyártmány közelítette meg az ígért árnyékoló hatást (40%). A hazai gyakorlatban, a termelők által leggyakrabban használt zöld színű háló, a legrosszabb választás a vizsgált anyagok közül. A magyar gyártású zöld háló a dísznövénytermesztésben került először felhasználásra, ahol nem számít ilyen mértékű

fotoszintetikus aktivitás veszteség, különös tekintettel a nem teljesen zöld levelű levéldísznövényekre. A különböző mértékben árnyékoló hálókat, faj-, fajta-, termesztési mód- és termőhely specifikusan kell alkalmazni a használat céljának megfelelően (besugárzás-, jég-, szél- és kártevők elleni védelem). Valószínűleg az összes követelményt egy anyaggal nem lehet kielégíteni egyszerre. A betakarított bogyók minőségi paramétereinek figyelembevételével sárga háló ajánlható a termesztőknek szabadföldi kápia paprikában.

Az ipari paradicsomfajták oldható szárazanyag kalibrációs modelljének, 0,51 °Brix-os hibája magasabb, mint a kizárólag a közeli infravörös tartományból származó kalibrációs modelleké. Ennek egyik valószínűsíthető oka az általunk használt refraktométer mérési pontatlansága (± 0.2 °Brix), a másik pedig az alacsonyabb mintaszám ($n=61$) lehetett. A 6,6%-os hiba ellenére azonban, alkalmasnak tartom a kalibrációs modellt az oldható szárazanyag becslésére a 4-6 °Brix-os intervallumban, amely újabb minták mérésével tovább pontosítható. Valószínűleg likopin- és polifenol tartalom esetén csökkenthető lenne a becslés hibája nagyobb mintaelem számú kalibrációs könyvtár létrehozásával.

5 AZ ÉRTEKEZÉS TÉMAKÖRÉHEZ KAPCSOLÓDÓ PUBLIKÁCIÓK

IF, SCI folyóiratbeli cikkek

Ombódi, A., Pék, Z., Szuvandzsiev, P., Taskovics, Z. T., Kőházi-Kis, A., Kovács, A., Ledóné Darázsi, 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. IF: 0,451, SJR: Q3

Pék, Z., Szuvandzsiev, P., Daood, H., Neményi, A., Helyes, L. (2014). Effect of irrigation on yield parameters and antioxidant profiles of processing cherry tomato. **Central European Journal of Biology**, 9 (4), 383-395. IF: 0,633, SJR: Q2

Szuvandzsiev, P., Helyes, L., Lugasi, A., Szántó, C., Baranowski, P., Pék, Z. (2014). Estimation of antioxidant components of tomato using VIS-NIR reflectance data by handheld portable spectrometer **International Agrophysics**, 28 (4), 521-527. IF: 1,142, SJR: Q2

Pék, Z., Szuvandzsiev, P., Neményi, A., Helyes, L., Lugasi, A. (2011). The effect of natural light on changes in antioxidant content and color parameters of vine-ripened tomato (*Solanum lycopersicum* L.) fruits **HortScience**, 46 (4), 583-585. IF: 0,778, SJR: Q1

SCI által nyilvántartott és/vagy SCI által jegyzett fórumok/orgánumok által referált folyóiratbeli cikk

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 kápia type pepper grown in plastic tunnel. *Columella: Journal of Agricultural and Environmental Sciences*, 3(2), 25–33.

Tudományos cikkek (lektorált magyar nyelvű):

Szuvandzsiev, P., Ledóné Darázsi, H., Ambrózy, Z., & Vajnai, A. M. (2015). Fotoszelektív hálók hatása kápia paprikák spektrális tulajdonságaira és termésmennyiségére. **Kertgazdaság**, 47(4), 11–18.

Szuvandzsiev P., Bakó G., Helyes L., Pék Z. (2014): Spektroszkópiás vizsgálatok alkalmazási lehetőségei a málna a szamóca és a paradicsom minőségi paramétereinek meghatározására **Kertgazdaság**, 46 (1): 17-23.

Deák K., Szuvandzsiev P., Lugasi A., Pék Z., Helyes L. (2013): Az öntözés és az évjárat hatása a paradicsom termésmennyiségére és minőségére **Kertgazdaság**, 45 (2): 3-8.

Ambrózy Z., Szuvandzsiev P., Daood H., Lugasi A., Helyes L. (2013): A környezeti tényezők hatása az étkezési paprika karotinoid összetételére és egyéb beltartalmi paramétereire.

Kertgazdaság, 45 (3): 3-9.

Szuvandzsiev P., Helyes L., Lugasi A., Pék Z. (2010): A kitettség hatása a támrendszeres paradicsom színére és antioxidáns paramétereire az érés során. **Zöldségtermesztés** 41 (1): 22-27.

Proceedings /Konferenciakiadványok

Angol nyelvű:

Szuvandzsiev P., Daood, H. G., Posta, K., Helyes, L., & Pék, Z. (2017). Application of VIS-NIR reflectance spectra for estimating soluble solid and lycopene content of open-field processing tomato fruit juice from irrigation and mycorrhiza treatments. **Acta Horticulturae**, 1159, 73–78. SJR: Q4

Pék, Z., Daood, H. G., Neményi, A., Helyes, L., & Szuvandzsiev P. (2017). Seasonal and irrigation effect on yield parameters and soluble solids content of processing cherry tomato. **Acta Horticulturae**, 1159, 45–49. SJR: Q4

Szuvandzsiev P., Pék, Z., Nagy, Z., Daood, H. G., Seidazimova, D., Neményi, A., & Helyes, L. (2016). Correlation between carotinoid components of chili pepper fruits and VIS/NIR reflectance. XVI. EUCARPIA Capsicum and Eggplant Working Group Meeting, 212–217.

Pék, Z., Szuvandzsiev P., Neményi, A., Helyes, L. (2015): Effect of season and irrigation on yield parameters and soluble solids content of processing cherry tomato **Acta Horticulturae**, 1081, pp. 197-202. SJR: Q4

Szuvandzsiev P., Pék, Z., Szántó, C., Helyes, L. (2015): Application of VIS-NIR reflectance spectra for estimating water supply effect on open field processing tomato **Acta Horticulturae**, 1081, pp. 191-196. SJR: Q4

Szuvandzsiev P., Helyes, L., Neményi, A., Pék, Z. (2014): Effect of water supply on yield characteristics of processing Cherry tomato **Acta Horticulturae**, 1038, pp. 587-592. SJR: Q3

Helyes, L., Szuvandzsiev P., Neményi, A., Pék, Z., Lugasi, A. (2013): Different water supply and stomatal conductance correlates with yield quantity and quality parameters **Acta Horticulturae**, 971, pp. 119-126. SJR: Q3

Ledóné Darázsi H., Pék Z., Szuvandzsiev P., Attila O., Helyes L. (2013): Effect of different colour of shading nets on spectral reflectance and SPAD values on ‘Capia’ type red sweet pepper leaves; **XV EUCARPIA Meeting on Genetics and Breeding of Capsicum and Eggplant**, 395-400.

Szuvandzsiev P., Pék Z., Daood H., Helyes L. (2013): Effect of magnesium and copper micronutrients on irrigated and rain fed tomato yield and quality **Növénytermelés**, 62 Suppl. 79-82.

Szuvandzsiev P., Pék Z., Daood H., Helyes L. (2012): Effect of water supply and temperature on main fruit components of red sweet pepper **Növénytermelés**, 61 Suppl. 101-104.

Pék, Z., Szuvandzsiev, P., Neményi, A., Helyes, L., Lugasi, A. (2012): Changes of colour parameters and antioxidants of vine ripened tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) fruits affected by natural light **Acta Horticulturae**, 936, pp. 235-240. SJR: Q3

Magyar nyelvű:

Pék, Z., Szuvandzsiev, P., Neményi, A., & Helyes, L. (2017). Precíziós mérési módszerek alkalmazhatósága az ipari paradicsom vízellátottságának spektrális vizsgálatában. In *Prega Science*, 34–35.

Konferencia és előadás összefoglalók (Abstracts)

Angol nyelvű:

Pék Z., Helyes L., Neményi A., Lugasi A., Szuvandzsiev P. (2013): Estimation tomato fruit components using hyperspectral reflectance data by handheld portable spectrometer 10th **International Conference on Agrophysics** Konferencia helye: Lengyelország, Lublin. Abstract book. ISHS pp. 104.

Helyes L., Szuvandzsiev P., Neményi A., Lugasi A., Pék Z. (2012): Different water supply and stomatal conductance correlates with yield quantity and quality parameters. **12th ISHS Symposium on the processing tomato** Abstract book. ISHS, pp. 61-62.

Szuvandzsiev P., Helyes L., Neményi A., Pék Z. (2012): Effect of water supply on yield characteristics of processing cherry tomato **7th International Symposium on Irrigation of Horticultural Crops** Konferencia helye: Geisenheim, Németország, Abstract book. ISHS

Magyar nyelvű:

Szuvandzsiev P., Daood H., Neményi A., Pék Z. (2013): Az ipari paradicsom fontosabb fitonutrienseinek meghatározása látható- és közeli infravörös spektroszkópiával LV. **Georgikon Napok**, Konferencia helye: Magyarország, Keszthely

Poszter

Pék Z., Helyes L., Neményi A., Lugasi A., Szuvandzsiev P. (2013): Estimation tomato fruit components using hyperspectral reflectance data by handheld portable spectrometer 10th **International Conference on Agrophysics** Konferencia helye: Lengyelország, Lublin.

Szuvandzsiev P., Pék Z., Daood H., Helyes L. (2013): Effect of magnesium and copper micronutrients on irrigated and rain fed tomato yield and quality **Növénytermelés**, (62. vol.) Suppl. 79-82. old.

Szuvandzsiev P., Pék Z., Daood H., Helyes L. (2012): Effect of water supply and temperature on main fruit components of red sweet pepper **Növénytermelés** (61. vol.) Suppl. 101-104. old.

Pék, Z., Szuvandzsiev, P., Neményi, A., Helyes, L., Lugasi, A. (2012): Changes of colour parameters and antioxidant content of vine ripened tomato (*Lycopersicon esculentum* MILL.) fruits affected by natural light. **IHC Lisboa Science and Horticulture for people: 28th International Horticultural Congress Lisboa**. Konferencia helye: Lisszabon, Portugália

Ismeretterjesztő és szakcikkek

Szuvandzsiev P., Vajnai A., Ambrózy Z., Ledóné Darázs H. (2015): Színes árnyékoló hálók alkalmazása szabadföldi kápia paprikafajtáknál. **Agrofórum**, 6: 132-134.

Szuvandzsiev P., Pék Z. (2010): Paradicsom szabadföldön, támrendszer mellett **Kertészet és szőlészet**, 59 (27): 11-13.

A disszertáció témakörén kívül készült publikációk

Pék, Z., Budavári, N., Tuan, L. A., Daood, H. G., Halász, K., Gyulai, G., & Szuvandzsiev, P. (2017). Amerikai örökségfajta (heirloom) paradicsomok talaj nélküli termesztetőségének, morфомetriai és beltartalmi értékeinek vizsgálata. **Kertgazdaság**, 49(1), 9–17.

Neményi A., Pék Z., Prokaj E., Kalácska B., Szuvandzsiev P., Helyes L. (2012): The effect of irrigation on the phenology of ornamental bamboo *Phyllostachys iridescens* in Hungary. **9th World Bamboo Congress Proceedings**. Konferencia helye: Antwerpen, Belgium,

Független idézettség

MTMT: 37

Web of Science: 23

Scopus: 23

Tudományos utánpótlás nevelés

Diplomamunka témavezető

Szántó Csongor: Az ipari paradicsom vízdoldható szárazanyag-, likopin-, és polifenoltartalmának meghatározása látható és közeli infravörös spektroszkópiával.

Tóth Bence: A szamóca szárazanyagtartalmának meghatározása látható- és közeli infravörös spektroszkópiával, valamint antocianin tartalmának vizsgálata nagy hatékonyságú folyadék kromatográfiával.

Vajnai Anna: Színes árnyékoló hálók alkalmazásának hatása szabadföldi kápia paprikák termésmennyiségére és spektrális tulajdonságaira. OTDK I. Helyezett

Budavári Noémi: Amerikai heirloom paradicsomfajták beltartalmi értékeinek vizsgálata laboratóriumi és spektroszkópiás módszerekkel.

TDK témavezető

2013

Szántó Csongor: Az ipari paradicsom vízzoldható szárazanyag-, likopin-, és polifenol-tartalmának meghatározása látható és közeli infravörös spektroszkópiával.

Tóth Bence: A szamóca szárazanyagtartalmának meghatározása látható- és közeli infravörös spektroszkópiával, valamint antocianin tartalmának vizsgálata nagy hatékonyságú folyadék kromatográfiával.

2014

Vajnai Anna: Színes árnyékoló hálók alkalmazásának hatása szabadföldi kápia paprikák termésmennyiségére és spektrális tulajdonságaira. OTDK I. helyezett

2015

Budavári Noémi: Amerikai heirloom paradicsomfajták beltartalmi értékeinek vizsgálata laboratóriumi és spektroszkópiás módszerekkel.