

KERTGAZDASÁG HORTICULTURE

52. évfolyam 3. szám – 2020. AUGUSZTUS



Jégháló hatása az alma
yümölcsös vízháztartá-
ának az alakulására

› Vízellátás hatása ipari
cseresznye paradicsom
termésképzésére és a
fontosabb fitonutrienseire

› Termesztőközeg-
adalékanyag dóziszfüggő
hatása balkonparadicsom
termésmennyiségére és
néhány beltartalmi értékére

› Dohánytripsz körkép –
a zöldség nemesítés
szemszögéből

TERMESZTŐKÖZEG-ADALÉKANYAG MELLÉKHATÁSA BALKONPARADICSOM TERMÉSMENNYISÉGÉRE ÉS NÉHÁNY BELTARTALMI ÉRTÉKÉRE



1. és 2. ÁBRA: Vilma paradicsomfajta 10 l-es konténerekben



3. ÁBRA: Vilma paradicsomfajta kiültetett állománya

Kertgazdaság Horticulture

A Szent István Egyetem Kertészettudományi Kar
és az Agrárminisztérium tudományos folyóirata
Scientific Quarterly of Faculty of Horticultural
Science, Szent István University, and Ministry of
Agriculture, Budapest, Hungary

Megjelenik negyedévenként
ISSN száma: 1419-2713



Főszerkesztő (Editor-in-chief)

HROTÓ KÁROLY

Technikai szerkesztő:

FICZEK GITTA

Rovatvezetők

HAJDU EDIT (szőlő-bor), SZABÓ KRISZTINA (gyógynövény), SZALAY LÁSZLÓ (gyümölcs), TERBE ISTVÁN (zöldség), TILLYNÉ MÁNDY ANDREA (dísznövény),

Szerkesztőbizottság (Editorial board)

A szerkesztőbizottság elnöke: BERNÁTH JENŐ

BÁLO BORBÁLA, BARANEC TIBOR, FAZAKAS CSABA, FÁRI MIKLÓS GÁBOR, HEGEDŰS ATTILA, HELYES LAJOS, HESZKY LÁSZLÓ, HOLB IMRE, KOCSIS LÁSZLÓ, LADÁNYI MÁRTA, LAKATOS TAMÁS, LÉVAI PÉTER, NYÉKI JÓZSEF, NYITRAINÉ SÁRDY DIÁNA, PÉNZES BÉLA, TÓTH MAGDOLNA, ZÁMBORINÉ NÉMETH ÉVA, a HERMAN OTTÓ INTÉZET NONPROFIT KFT. KÉPVISELETÉBEN BÉRES ANDRÁS és BÖLE RÉKA

Angol nyelvi lektor: SZABÓ ANNA

KIADÓ

Herman Ottó Intézet Nonprofit Kft., 1223 Budapest, Park utca 2.

Felelős kiadó: BÉRES ANDRÁS

Tel.: 06-1-362-8100

A folyóiratra előfizethet az ország bármely postáján, valamint a kiadványokat kézbesítőknél,

E-mail: hirlapelofizetes@posta.hu Előfizetési díj: 6600 Ft, egyes szám ára: 1650 Ft

További információ: 06-80-444-4444.

Előfizetés és hirdetésfelvétel a Kiadónál: 06-1-362-8141

E-mail: info@agrarlapok.hu

www.agrarlapok.hu

Minden jog fenntartva! A lapból értesítéseket átvenni csak a Kertgazdaságra való hivatkozással szabad

SZERKESZTŐSÉG

Szent István Egyetem, Kertészettudományi Kar

1118 Budapest, Villányi út 29-43. K épület földszint 15.

Telefon: +36 – 1- 3057460 (Hrotó Károly)

E-mail: kertgazdasag@kertk.szie.hu

<https://kertk.szie.hu/kutatas/kertgazdasag>

Nyomja: OOK-Press Nyomda

8200 Veszprém, Pápai út 37/A.

Csak hiánytalan kéziratokat tudunk elfogadni! Kéziratot nem őrzünk meg és nem küldünk vissza!

A folyóirat az Agrárminisztérium támogatásával jelenik meg (Sponsored by Ministry of Agriculture).

Alapítva 1968

A jégvédő háló használatának hatásai az alma gyümölcsös vízháztartására és lombzatának pigment tartalmára

SZABÓ ANDREA, TAMÁS JÁNOS, NAGY ATTILA

Debreceni Egyetem, Mezőgazdaság-, Élelmiszertudományi és Környezetgazdálkodási Kar,
Víz- és Környezetgazdálkodási Intézet

E-mail: szabo.andrea@agr.unideb.hu

Összefoglalás

Az almatermesztés Magyarországon az összes gyümölcsstermesztés 60-65%-át adja, ezzel a gyümölcsstermesztési ágazat egyik legjelentősebb területe. A kontinentális klíma miatt a szélsőséges időjárási viszonyok jelentős problémát okozhatnak az almatermesztésben, melyekkel szemben aktív módon tudunk védekezni (öntözés, jégvédő). A jégvédő a jégkár elleni védelem mellett befolyásolja a mikroklímátikus tényezőket, megváltoztatja az állományklímát, így hatással van a növények valamennyi élettevékenységére. Kutatásunk célja a jégvédő Snygold (Earligold) és Golden Reinders fajtájú alma gyümölcsös vízellátottságára gyakorolt hatásának az értékelése volt mikroklímátikus tényezők, termográfiai adatok, vízpotenciál mérés, szárazanyag tartalom és pigment tartalom vizsgálatok alapján. A kutatást a Debreceni Egyetem Agrártudományi Központ Debreceni Tan-gazdaság és Tájkutató Intézetének Pallagi Génbank és Gyakorlóléhelyén végeztük heti rendszeres-séggel 2016 és 2019 júliusában és augusztusában. Eredményeink alapján a jégvédős állományban a hőmérséklet 2,9%-kal alacsonyabb ($p=0,150$), a relatív páratartalom 3,2%-kal szignifikánsan magasabb volt ($p=0,0001$). A termográfiai adatok alapján a jégvédős állomány lombzatának hő-mérséklete 7,3%-kal alacsonyabb ($p=0,006$), a lombzat vízpotenciál értéke átlagosan 20,8%-kal magasabb ($p=0,399$), míg a levél szárazanyag tartalma átlagosan 4,3%-kal volt alacsonyabb, mint a jégvédőn kívüli állományoké. A lombzat klorofill koncentrációja a jégvédővel védett egyedek esetében 10,2%-kal ($p=0,066$), a karotinoid értékek pedig 16%-kal ($p=0,004$) voltak magasabbak, mint a jégvédővel nem fedett állományoké. Az eredmények alapján a jégvédő a mikroklímátikus feltételeken keresztül számottevő hatással van az almaültetvények vízforgalmára és levél pigment tartalmára részben ellensúlyozva a nyári hő és aszály stressz okozta negatív hatásokat.

Kulcsszavak: jégvédő, Snygold (Earligold), Golden Reinders, vízháztartás, mikroklímátikus té-nyezők, pigment tartalom

Bevezetés

Az utóbbi években a világ almatermése meghaladta a 80 millió tonnát, ezáltal az alma kiemelkedően fontos szerepet játszik a világ gyümölcsstermesztésében és gyümölcsfogyasztásában egyaránt. Európai szinten is meghatározó ágazatnak számít, évente megközelítőleg 12 millió tonnát termelnek (USDA 2019). Magyarországon az összes gyümölcsstermesztés 60-65%-át adja, ezzel a gyümölcsstermesztési ágazat egyik legjelentősebb területének számít, átlagos években 550–600 ezer tonna alma termeszthető, ezáltal Európában az 5. legnagyobb termelési területnek számít. A kontinentális klíma miatt az őszi, tavaszi és téli fagykárosodások, nyáron a légköri aszály kialakulása okoz jelentős problémát az almatermesztési területeken (Gonda és Csihon 2018). Napjainkban aktív módon tudunk védekezni a jégkárokkal és különböző szélsőséges időjárási viszonyok kialakulásával szemben, melyhez megoldást nyújthat a jégvédő alkalmazása. Európában a legjelentősebb almatermesztő körzetekben az ültetvények 30-70%-án már alkalmaznak jégvédőket (Szabó 2016), mivel egyetlen más védelmi berendezés sem bizonyul ilyen hatékonynak a jégkárok elleni védekezésben (Lakatos et al. 2011). A jégvédő hatással van a fa fiziológiájának az alakulására, a meleg, napsütötte területeken árnyékoló hatása pozitívan befolyásolja a gyümölcsfák növekedését (Giaccone et al. 2012), csökkenti a fákon a napégés káros hatásainak a megjelenését és az állati kártevőket (Middleton és McWaters 2002; Gindaba és Wand 2005; Iglesias és Alegre 2006). Pozitívan befolyásolja a mikroklímátikus tényezők alakulását, azon belül is első sorban a hőmérséklet, a szélsőségek és a relatív páratartalom értékeit, melyeknek változása befolyásoló hatással lesz az egyedek elpárologtatott vízmennyiségére (Bosco et al. 2018; Mupambi et al. 2018) valamint a lombzat hőmérsékletére (Glenn et al. 1989; Iglesias és Alegre 2006). A jégvédő alkalmazása kedvező környezetet biztosít a fotoszintetikus enzimek szintéziséhez, ezáltal a klorofill tartalom növekedéséhez (Manja és Aoun 2019) és a fotoszintézis lejátszódásához (Mditshwa et al. 2019). A gyümölcsösök terméshozama és a termés minősége jelentős mértékben függ a levelek fotoszintézisének az intenzitásától, teljesítményétől, vagyis a kialakult fényviszonyoktól (Apáti 2012). A fenitek tükrében a jelen kutatás célja, hogy értékelje a jégvédő használatának a lombzat vízellátottságára és a lombzat pigmenttartalmára gyakorolt hatását az alma lombzat pigment tartalmi, termográfiai adatok, lombzatban mért vízpotenciál és szárazanyag tartalom alapján.

Anyag és módszer

A kutatást a Debreceni Egyetem Agrártudományi Központ Debreceni Tangazdaság és Tájkutató Intézetének Pallagi Génbank és Gyakorlólhelyén végeztük. A terepi felmérések a génbank északi 0,68 hektárnyi területén található mikroöntöző berendezéssel és jégvédővel részben ellátott Earlgold és Golden Reinders fajtájú intenzív almaültetvényben történtek, ahol minden fát M9-es alanyra oltottak. A kutatási területen fekete jégvédőt alkalmaznak a gyümölcsös védelme érdekében, mely nagymértékben elnyeli az UV-B sugarakat, ezáltal a hősugárzás és a napégés káros hatásait csökkenteni tudja. Teherbírásuk és élettartalmuk is jobb a többi színváltozathoz képest (Castellano et al. 2008). A gyümölcsös szélsőséges vízháztartású homoktalajon helyezkedik el, ami miatt a vízhiány okozta stressz különösen nagy kockázatot jelent (Nagy 2014). A talaj fizikai és kémiai tulajdonságait tekintve homogén, jelentős eltérések a mélységgel sem tapasztalhatóak (Nagy et al. 2011).

A homogén körülményekhez hozzájárul, hogy a teljes vizsgált almaállomány mikoöntözött, ezáltal az állomány vízellátottsága egyenletes. A kutatás során azonos korú és fejlettségű Earligold és a Golden Reinders almafajtákat vizsgáltunk. Azért választottuk ezt a két fajtát, mert azonos alanyra lettek oltva, illetve a területen még természetett – és jéghegyalával is védett – almafajta a Gala a vízhiányra kevésbé érzékeny (Nemeskéri et al. 2010). A méréseinket egy csapadékosnak (2016) és egy aszályosnak (2019) számító évben végeztük el július és augusztus között. 2016-ban az összes csapadék mennyisége 758,3 mm volt, melyből 149,7 mm július és augusztus hónapokban hullott. 2019-ben 480 mm összes csapadék hullott, melyből 79,4 mm július és augusztus hónapokban esett. Az almaállomány minden sorában 100 egyed található melynek első 50 egyede jéghegyalával védett. A vizsgálataink során Testo típusú mérőeszközzel 21 időpontban mértük a hőmérsékletet és a relatív páratartalmat, vizsgálva a jéghegyaló mikroklímára gyakorolt lehetséges pozitív hatásait. A növényi vízstressz alakulását termográfiai felvételek, lombzat vízpotenciál és levélminták szárazanyag tartalma alapján értékeltük. Emellett az almafa levélmintákból a jéghegyaló klorofill és karotinoid értékre gyakorolt hatását is vizsgáltuk, ezáltal a jéghegyaló fotoszintetikus pigmentek mennyiségére gyakorolt hatását értékeltük. A mintavételezéssel párhuzamosan a talaj nedvességtartalmát is monitoroztuk, mintáinkat 30 cm-es mélységből vettük, nedvességtartalmukat gravimetriásan mértük és tömegszázalékban fejeztük ki.

Lombozat hőmérséklet mérési módszertana - termográfiai képalkotás

A növény hőmérséklete folyamatos vízellátottság esetében közel áll a levegő hőmérséklet értékéhez, az eltérő értékek pedig a folyamatos vízellátottság megszakadását jelentheti (Anda és Ligetvári 1991). A termográfiai képalkotás hasznos módszer a vegetáció különböző tulajdonságainak a monitorozásában (Jones 1999; Jones 2004). Az aszályos időszakban a termés hozama csökken, minősége romlik, a víz stressz kialakulása pedig általában a vízhiányra utal. Különböző távérzékelési módszerekkel könnyen mérni lehet a fajták vízhiánytartásának az alakulását, hiszen a lombozat hőmérséklete információt ad a növény vízellátottság szintjére és a víz stressz jelzésére, amely alapján meghatározható az öntözési igény aszályos időjárási körülmények között is (Helyes 2005; Gonzalez-Dugo et al. 2006; Böcs et al. 2009; Lantos et al. 2013; Nemeskéri és Helyes 2019). A kutatásunk során termográfiai felvételeket 14 mérési időpontban HEXIUM PYROLATER-12 termokamerával készítettük 15-15 egyedről a jéghegyalós és jéghegyaló nélküli területen. Nagy (2015) előzetes kutatása alapján a jéghegyaló hatásainak termográfiai mintavételezésére a 9-11 óra közötti időszak javasolt alma esetén. A termográfiai adatok előfeldolgozása során eltávolítottuk a háttérre alkotó talaj és levegő pixeleket és meghatároztuk a lombozat átlaghőmérsékleteit.

Lombozat vízpotenciál mérése

A termográfiai felvételek mellett, a lombozat vízforgalmát vízpotenciál mérő műszerrel (Pump-Up Chamber, PMS Instrument Company) is monitoroztuk. A vízpotenciál mérés viszonylag egyszerű mérési módszer, ennek ellenére fontos információkat szolgáltat (Scholander et al. 1965; Boyer 1967; Teszlák 2008; Jones és Vaughan 2010). A vízpotenciál mérésére fajtánként 20 fát jelöltünk ki, 10 jéghegyalóval védett egyedet és 10 jéghegyaló nélküli egyedet. A méréseket 2019 júliusában és augusztusában 6 alkalommal 10-11 óra között végeztük el. A méréseinket Fulton et al. (2014) dió és mandula esetében alkalmazott módszertana alapján végeztük. Az ép, egészséges, napsugárzástól

védett levélmintáinkat zárt, fénytől védett zacskókba helyezzük 15 percre, majd a mérés kezdetekor a hajtásmintát pengével levágtuk a vizsgált növényről. A mintákat a zárt zacskóval együtt helyeztük a nyomáskamrába. A mérés során a nyomást addig növeltük, míg növényi nedv megjelent a vágási felületen. Az ekkor mérhető nyomás érték a hajtásban uralkodó negatív nyomás potenciál értéke.

Lombozat pigment tartalom mérése

A lombozat pigment tartalom meghatározásához a levélmintavétel Nemeskéri et al. (2009) alapján az általunk kiválasztott és megjelölt fákról történt 1,2 m-es magasságból. A mintavételezés 11 mintavételi időpontban 9-10 óra között történt 2016 és 2019 júliusában és augusztusában. Levél mintavételezés céljából fajtánként 15 jégháló alatti almafát és 15 jégháló nélküli almafát jelöltünk ki. A levélmintákat 4 °C fokon hűtve tároltuk és szállítottuk majd 6 órán belül feldolgoztuk laboratóriumi körülmények között. A begyűjtött levélminták pigment tartalmát 80%-os aceton hozzáadásával roncsoltuk. A roncsolatot 3000/percen 3 percig centrifugáltuk, majd spektrofotométerrel mértük az oldat abszorbanciáját 470 nm, 644 nm és 663 nm-es hullámhosszokon. A minták klorofill tartalmát Droppa et al. (2003) képlete alapján számoltuk:

$$\text{Klorofill (a+b) } \mu\text{g/g friss tömeg} = (20,2 \cdot A_{644\text{nm}} + 8,02 \cdot A_{663\text{nm}}) \cdot V/w$$

A karotinoid értékeket, klorofill a és b eredmények alapján Lichtenthaler et al. (1983) képlete szerint számoltuk:

$$\text{Karotinoid } \mu\text{g/g friss tömeg} = \frac{(1000 \cdot A_{470\text{nm}} - 3,27 (12,21 \cdot A_{663\text{nm}} - 2,81 \cdot A_{644\text{nm}}) - 104 \cdot (20,13 A_{644\text{nm}} - 5,03 A_{663\text{nm}}))}{229}$$

ahol

V = a szövetkivonat térfogata (ml)

w = a szövet friss tömege (g)

A = abszorbancia

Lombozat szárazanyag tartalom mérése

A szárazanyag tartalom meghatározása a pigment tartalom laboratóriumi vizsgálataival párhuzamosan történt. A begyűjtött levélmintáink szárazanyag tartalmát gravimetriás úton a nyers levél tömegéből és a 105 °C-on tömegállandóságig szárított levél tömegéből számítottuk ki.

Statisztikai vizsgálat

A jégháló fenti paraméterekre (lombozat hőmérséklet, vízpotenciál érték, szárazanyag tartalom, klorofill, karotinoid) gyakorolt hatását variancia analízissel (Duncan-teszt) elemeztük 5%-os hibahatárral. A statisztikai értékeléshez az R szoftver R studio agricolae csomagot használtuk (Mendiburu 2019). Az eredmények normál eloszlását Shapiro-Wilk teszttel elemeztük. Az eredményeink minden esetben normál eloszlásúak voltak. Emellett a szignifikáns különbséget mutató paraméterek között Pearson-féle korrelációs analízist is végeztünk.

Eredmények

Jégháló állományklímára gyakorolt hatásai

Elsőként a jégháló mikro-klimatológiai hatásait elemeztük. A jégháló alatti és a jéghálóval nem védett állomány levegő hőmérséklet (°C) és relatív páratartalom értékeiket (%) hasonlítottuk össze. A jégháló alatt $26,6 \pm 2,195$ °C volt mérhető, amely 2,9%-kal alacsonyabb a jégháló nélküli lombzatban mért $27,4 \pm 2,199$ °C-os hőmérséklethez képest. Ugyanakkor a különbség nem volt szignifikáns ($p=0,150$). A jégháló alatti állományok relatív páratartalma $71,5 \pm 15,4\%$, és a jégháló nélküli állományok $69,3 \pm 16,5\%$ relatív páratartalma között szignifikáns eltérés volt tapasztalható ($p=0,0001$). A jégháló átlagosan 3,2%-kal növelte az almásban mérhető relatív páratartalmat. Köszönhetően a mikroöntözésnek, a talajnedvesség átlagos értékei (a jégháló alatt: $11,07 \pm 2,178$ m/m%, jéghálóval nem védett területen: $11,06 \pm 2,358$ m/m%) közötti különbség elhanyagolható ($0,477\%$, $p=0,776$), amelynek eredményeként a teljes állomány vízellátottsága egyenletes volt.

1. táblázat. Lombzat hőmérsékleti adatok mérési időpontonként

	Earligold		Golden Reinders	
	Jéghálóval védett	Jéghálóval nem védett	Jéghálóval védett	Jéghálóval nem védett
2016/1.	$26,04 \pm 1,335$ a	$23,8 \pm 0,535$ b	$20,98 \pm 1,069$ a	$22,65 \pm 0,685$ b
2016/2.	$25,91 \pm 1,838$ a	$28,21 \pm 2,903$ ab	$25,57 \pm 0,861$ a	$29,84 \pm 1,880$ b
2016/3.	$27,40 \pm 2,040$ ab	$25,8 \pm 2,279$ b	$29,78 \pm 0,672$ a	$34,49 \pm 2,632$ b
2016/4.	$30,16 \pm 1,715$ a	$25,08 \pm 1,844$ b	$21,89 \pm 0,585$ a	$26,43 \pm 2,627$ b
2016/5.	$27,24 \pm 0,373$ ab	$28,61 \pm 2,088$ ab	$25,08 \pm 0,955$ a	$29,55 \pm 3,738$ b
2016/6.	$29,56 \pm 2,068$ a	$31,77 \pm 1,464$ a	$22,96 \pm 1,392$ a	$25,28 \pm 1,955$ a
2016/7.	$24,86 \pm 1,635$ a	$28,60 \pm 2,029$ a	$25,60 \pm 2,414$ a	-
2016/8.	$27,52 \pm 1,237$ ab	$29,40 \pm 0,998$ b	$25,35 \pm 1,977$ a	-
2016/9.	$21,31 \pm 1,149$ a	$27,38 \pm 3,167$ b	$21,30 \pm 0,855$ a	$26,56 \pm 2,366$ b
2016/10.	$27,52 \pm 2,399$ a	$26,79 \pm 1,730$ a	$24,83 \pm 0,469$ a	$26,64 \pm 0,240$ a
2016/11.	$28,83 \pm 0,543$ ab	$29,78 \pm 1,890$ b	$26,93 \pm 1,938$ ab	-
2016/12.	$22,99 \pm 1,108$ a	$22,90 \pm 1,118$ a	$21,90 \pm 0,794$ a	-
2016/13.	$27,59 \pm 2,102$ a	$28,68 \pm 1,594$ a	$25,70 \pm 1,057$ a	-
2016/14.	$28,31 \pm 1,683$ a	$29,32 \pm 2,294$ a	$26,39 \pm 2,278$ a	$29,09 \pm 2,553$ a

azonos betűindexekkel jelölt sokaságok között statisztikai eltérés nincs ($p > 0,05$)

- nincs adat műszaki okok (a hőkamera túlmelegedése) miatt

Table 1. Foliage temperature data by measurement time

Jégháló lombzat vízellátottságára gyakorolt hatásának értékelése termográfiai adatok alapján

A termográfiai adatok alapján a jéghálóval fedett alma állomány átlagos lombzat hőmérsékletei az esetek többségében alacsonyabbak voltak. Összességében a jéghálóval borított állományok lombzat

hőmérséklete ($25,6 \pm 2,020$ °C) szignifikánsan ($p=0,006$) 7,3%-kal alacsonyabb volt a jégháloval nem borított egyedek átlagos lombozat hőmérsékletéhez ($27,7 \pm 2,319$ °C) képest. A két almafajta esetében a jégház hatásának erőssége eltérő volt. Az Earligold fajta esetében a jégháloval védett állományoknál átlagosan $26,8 \pm 2,439$ °C levél hőmérsékletet mértünk, amely 2,8%-kal alacsonyabb a jégháloval nem védett egyedek $27,6 \pm 2,461$ °C átlag levél hőmérsékletéhez képest. A kezelések között szignifikáns különbség nem volt kimutatható ($p=0,326$). A Golden Reinders fajta esetében lombozat hőmérsékletek között szignifikáns különbség kimutatható ($p=0,017$). A jégház alatti egyedek átlagos levél hőmérséklete ($24,6 \pm 2,493$ °C) 11,7%-kal volt alacsonyabb a jégháloval nem védett egyedek $27,8 \pm 3,378$ °C lombozat hőmérsékletéhez viszonyítva. A jégház hatásáról részletesebb képet kapunk, ha a lombozat hőmérsékleteket mérési időpontokként is értékeljük. Az Earligold fajta esetében a mérési időpontok 64%-ában mértünk alacsonyabb lombozat-hőmérsékletet, illetve a 14 mérési időpontból 7 esetben a különbség szignifikáns volt. A Golden Reinders fajtánál minden mérési időpontban alacsonyabb volt a lombozat hőmérséklete, valamint 9 mérési időpontból 6 esetben volt szignifikáns a különbség (1. táblázat).

Jégház lombozat vízellátottságára gyakorolt hatásának értékelése vízpotenciál értékek alapján

A növényekben jelen levő víztartalom miatt feszültség vagy más néven negatív nyomás uralkodik, ezért a tudományos gyakorlat szerint a növények vízpotenciál értékét negatív értékekben fejezzük ki (Fulton et al. 2014). Összességében a jégháloval borított állományok vízpotenciál értéke ($-8,6 \pm 1,836$ bar) 20,8%-kal magasabb, mint a jégháloval nem borított állományok átlagos vízpotenciál értéke: $-10,8 \pm 2,769$ bar. Ugyanakkor a jelentős szórásnak köszönhetően összességében a különbség nem volt szignifikáns ($p=0,399$). Hasonló eredményeket kaptunk, ha a két fajta esetén mért adatokat értékeltük. Az Earligold fajta esetében a jégháloval védett egyedeknél átlagosan 18,7%-kal magasabb vízpotenciál értékeket mértünk, mely az egyedek jobb vízellátottságát jelzi. A jégházos állomány átlagosan $-8,5 \pm 2,502$ bar és a jégháloval nem védett 'Earligold' egyedek átlagosan $-10,4 \pm 2,983$ bar vízpotenciál értékei között szignifikáns különbség nem volt kimutatható ($p=0,837$). A Golden Reinders fajta esetén azonban szignifikáns az eltérés a jégház alatti és a nem jégházos állományok vízpotenciál értékei között ($p=0,030$). Az eltérés mértéke átlagosan 22,8%-os: a jégház alatt magasabb $-8,9 \pm 1,304$ bar, míg a jégház nélküli állományban $-11,2 \pm 2,634$ bar vízpotenciált mértünk. Az eredmények értelmezésekor megemlítendő, hogy a vízpotenciál egy időben csökkenő paraméter volt a felmérés során mind a jégházos, mind pedig a jéghálon kívüli állományok esetén, amely az emelkedő levegő hőmérséklet és a csökkenő relatív páratartalomnak köszönhető. Ezért az összesített eredmények mellett a vízpotenciál értékek közötti eltéréseket mérési időpontokként is értékeltük. Az Earligold fajta esetében minden mérési időpontban magasabb vízpotenciál értéket mértünk, mely során 5 vizsgálati időpontból 4 alkalommal volt szignifikáns különbség a jégháloval védett és nem védett egyedek lombozatának vízpotenciálja között. A Golden Reinders fajta esetében az Earligold fajtához hasonlóan minden mérés során magasabb értékeket kaptunk, ahol 6 vizsgálati időpontból 5 alkalommal volt szignifikáns különbség a jégháloval védett és nem védett egyedek között (2. táblázat).

2. táblázat. Vízpotenciál eredmények mérési időpontonként

	Earligold		Golden Reinders	
	Jéghálóval védett	Jéghálóval nem védett	Jéghálóval védett	Jéghálóval nem védett
2019/2.	-	-	-9,7 ± 3,032 a	-12 ± 1,201 b
2019/3.	-5,7 ± 1,001 a	-6,9 ± 0,615 b	-6,8 ± 1,036 a	-11,1 ± 1,166 b
2019/4.	-8,2 ± 0,747 a	-10,2 ± 1,226 b	-7,8 ± 0,789 a	-10,5 ± 1,063 b
2019/5.	-6,5 ± 1,312 a	-8,5 ± 1,480a	-9,1 ± 0,877 a	-7,8 ± 0,734 b
2019/6.	-9,7 ± 1,029 a	-11 ± 1,039 b	-9,7 ± 1,599 a	-11 ± 1,421 a
2019/7.	-10,5 ± 1,141 a	-14,6 ± 2,477 b	-10,1 ± 2,097 a	-16 ± 1,465 b

azonos betűindexekkel jelölt sokaságok között statisztikai eltérés nincs ($p > 0,05$)

Table 2. Water potential values by measurement time

Jégháló lombozat vízellátottságára gyakorolt hatásának értékelési lehetősége szárazanyag tartalom értékek alapján

A kutatásunk során vizsgáltuk, hogy az azonos faj, illetve fajta esetén egy adott gyümölcsösön belül az eltérő vízforgalmú és vízellátottságú állományok a lombozat szárazanyagtartalma alapján összehasonlíthatók-e. Összegezve megállapítható, hogy a jéghálóval borított állományok leveleinek szárazanyag tartalma ($34 \pm 3,238$ m/m%) 4,3%-kal alacsonyabb, mint a jégháló nélküli egyedeké ($36 \pm 4,458$ m/m%), habár az eltérés nem szignifikáns ($p=0,119$). A fajtákat külön értékelve a jégháló hatásaként a Golden Reinders fajta esetén volt kimutatható szignifikánsan kisebb szárazanyag tartalom ($p=0,033$). A jéghálóval védett egyedek esetében $33 \pm 3,755$ m/m% szárazanyag tartalomhoz képest a jégháló nélküli állomány lombozatának $36 \pm 4,458$ m/m%-os szárazanyag tartalma 7,6%-kal magasabb. Ugyanakkor az 'Earligold' esetében szignifikáns különbség nem volt mérhető ($p=0,406$), a jégháló alatti és a jégháló nélküli állományok szárazanyag tartalma ($35 \pm 3,442$ m/m%; $35,5 \pm 5,104$ m/m%) közötti különbség mindössze 1,8% volt. Az Earligold fajtánál 44% volt mérhetően alacsonyabb a szárazanyag tartalom, és ennek csak a fele volt statisztikailag is szignifikánsan elkülöníthető. A 'Golden Reinders' esetében minden mérési időpontban alacsonyabb szárazanyag tartalom értéket mértünk, melynél 9 mérési időpontból 4 alkalommal volt szignifikáns különbség (3. táblázat).

Jégháló hatása az alma lombozat pigment tartalom értékeinek az alakulására

Minden időpont adatait összességében értékelve a jéghálóval borított állományok klorofill tartalma (2874 ± 283 µg/g) 10,2%-kal magasabb volt a jégháló nélküli állomány lombozatának klorofill tartalmához (2607 ± 412 µg/g) képest, ugyanakkor az eltérés nem volt szignifikáns ($p=0,066$). Értékeljük a jégháló fajtákra gyakorolt lehetséges eltérő hatásait is. Az 'Earligold' lombozatának klorofill tartalma 3070 ± 400 µg/g volt a jégháló alatt, ami 11%-kal magasabb, mint a jéghálóval nem fedett állományok 2766 ± 449 µg/g értéke. Ugyanakkor szignifikáns eltérés nem volt kimutatható ($p=0,071$). A 'Golden Reinders' esetében is hasonló tapasztaltunk: a jégháló alatti egyedek átlagos klorofill tartalma ($2726 \pm 316,036$ µg/g) ugyancsak 11%-kal volt magasabb, mint a jégháló nélküli egyedeké ($2456 \pm 445,604$ µg/g), ahol az eltérés szintén nem volt szignifikáns ($p=0,236$). Az eredmények értelmezésekor megemlítendő, hogy a pigment tartalom egy időben változó, heterogén paraméter volt a felmérés során mind a jéghálós, mind pedig a jéghálón kívüli állományok esetén, ennek köszönhető, hogy szignifikáns eltérés nem volt tapasztalható. Az 'Earligold' esetében a mérési időpontok 88%-ban magasabb

klorofill értéket kaptunk, ahol a 9 mérési időpontból 3 alkalommal volt szignifikáns különbség a jégáltalóval védett és nem védett értékek között. A 'Golden Reinders' esetében hasonló eredményeket kaptunk, 11 mérési időpontból 5 alkalommal volt szignifikánsan eltérő a klorofill tartalom, ugyanakkor a mérési időpontok közel 80%-ban magasabb klorofill értékeket adva a jégáltalóval borított területen (4. táblázat).

3. táblázat. Szárazanyag tartalom értékek

	Earligold		Golden Reinders	
	Jégáltalóval védett	Jégáltalóval nem védett	Jégáltalóval védett	Jégáltalóval nem védett
2016/5.	38,4 ± 3,635 a	41,8 ± 2,864 b	33,9 ± 3,175 a	41,2 ± 3,845 b
2016/10.	33,7 ± 2,437 a	31,9 ± 10,4 a	30,2 ± 6,660 a	33,2 ± 6,154 a
2016/14.	40,1 ± 6,112 a	45 ± 1,524 a	38,7 ± 3,234 a	42,1 ± 27,1 ab
2019/2.	36 ± 4,582 a	33 ± 5,001 a	30,5 ± 4,294 a	31,1 ± 6,652 a
2019/3.	35,1 ± 3,264 a	33,7 ± 5,372 a	40 ± 2,735 a	40,3 ± 3,692 a
2019/4.	29,4 ± 2,814 a	29,3 ± 2,990 a	30,8 ± 3,381 a	32 ± 2,427 a
2019/5.	31,7 ± 2,241 a	31,5 ± 1,623 a	30,7 ± 2,829 a	32,9 ± 2,653 b
2019/6.	36,8 ± 3,917 a	37 ± 2,234 a	34,8 ± 2,368 a	36,3 ± 2,734 a
2019/7.	31,9 ± 2,605 a	35,7 ± 2,376 b	31 ± 3,344 a	36,4 ± 2,291 b

azonos betűindexekkel jelölt sokaságok között statisztikai eltérés nincs ($p > 0,05$)

Table 3. Dry matter content values

4. táblázat. Klorofill tartalom értékek

	Earligold		Golden Reinders	
	Jégáltalóval védett	Jégáltalóval nem védett	Jégáltalóval védett	Jégáltalóval nem védett
2016/1.	3203 ± 351 a	1895 ± 540 b	2256 ± 558 a	1599 ± 326 a
2016/5.	3097 ± 391 a	2812 ± 253 a	3187 ± 343 a	2273 ± 594 b
2016/10.	2658 ± 250 a	2415 ± 503 a	2954 ± 151 a	2223 ± 224 b
2016/14.	2162 ± 798 a	2208 ± 454 a	2482 ± 341 a	1864 ± 643 b
2019/1.	-	-	2553 ± 417 a	2685 ± 277 a
2019/2.	3121 ± 283 a	2923 ± 404 a	2677 ± 235 a	2469 ± 454 a
2019/3.	3518 ± 357 a	3083 ± 262 b	3102 ± 259 a	2628 ± 416 b
2019/4.	3171 ± 449 a	2775 ± 513 b	3086 ± 378 a	2954 ± 400 a
2019/5.	3363 ± 224 a	3224 ± 388 a	2777 ± 440 a	2798 ± 296 a
2019/6.	3274 ± 310 a	3113 ± 369 a	2459 ± 397 a	2459 ± 712 a
2019/7.	3332 ± 504 a	3018 ± 387 a	2449 ± 386 a	3061 ± 312 b

azonos betűindexekkel jelölt sokaságok között statisztikai eltérés nincs ($p > 0,05$)

Table 4. Chlorophyll content values

A jégghálóval fedett és a jéggháló nélküli állományok lombozatának karotinoid tartalma ($563 \pm 47,6 \mu\text{g/g}$ és $483 \pm 62,7 \mu\text{g/g}$) között 16%-os, szignifikáns ($p=0,004$) eltérés volt megfigyelhető. Az 'Earligold' esetén a különbség szintén szignifikáns volt ($p=0,026$). A karotinoid tartalom mennyisége a klorofill értékekhez hasonlóan alakult, 18%-kal magasabb volt a jéggháló alatti állományok lombozatában ($595 \pm 70,3 \mu\text{g/g}$) a jéggháló nélküli egyedek lombozatának karotinoid tartalmához ($506 \pm 73,717 \mu\text{g/g}$) képest. A jégghálóval védett 'Golden Reinders' egyedek lombozatának $533 \pm 49,2 \mu\text{g/g}$ karotin tartalma szignifikánsan ($p=0,009$), 16%-kal volt magasabb, mint a jéggháló nélküli egyedek $459 \pm 65,01 \mu\text{g/g}$ -os karotinoid tartalma. Minden mérési időpontban magasabb karotinoid tartalom volt detektálható mindkét fajta esetén. Az 'Earligold' esetében, az eltérés 40%-ban, míg 'Golden Reinders' esetében az eltérés 36%-ban volt szignifikáns (5. táblázat).

5. táblázat. Karotinoid tartalom értékek

	Earligold		Golden Reinders	
	Jégghálóval védett	Jégghálóval nem védett	Jégghálóval védett	Jégghálóval nem védett
2016/1.	591 ± 37,2 a	408 ± 86,6 b	481 ± 121,3 a	397 ± 52,2 a
2016/5.	655 ± 76,1 a	410 ± 75,1 a	551 ± 126,2 a	368 ± 103,9 b
2016/10.	502 ± 58,8 a	465 ± 97,4 a	571 ± 72,6 a	420 ± 55,5 b
2016/14.	462 ± 47,7 a	439 ± 83,01 a	476 ± 73,1 a	385 ± 118, 3 a
2019/1.	-	-	560 ± 88,7 a	532 ± 92,5 a
2019/2.	553 ± 95,3 a	551 ± 97,9 a	491 ± 53,5 a	448 ± 86,3 a
2019/3.	686 ± 99,7 a	553 ± 95,3 b	561 ± 56,1 a	490 ± 84,6 b
2019/4.	625 ± 98,3 a	524 ± 102,1 b	593 ± 91,2 a	574 ± 42,4 a
2019/5.	645 ± 68,7 a	630 ± 108,2 a	551 ± 72,4 a	518 ± 72,4 a
2019/6.	618 ± 51,4 a	570 ± 87,2 a	448 ± 119,8 a	447 ± 91,4 a
2019/7.	615 ± 110,2 a	506 ± 89,1 b	580 ± 49,4 a	467 ± 89,9 b

azonos betűindexekkel jelölt sokaságok között statisztikai eltérés nincs ($p > 0,05$)

Table 5. Carotenoid content values

Megvitatás

A talajnedvesség térbeli heterogenitása a terület talajának homogenitása és a mikroöntözés miatt elenyésző volt, így annak a mérési eredményekre gyakorolt hatása elhanyagolható. A jéggháló alkalmazása hatással van a mikroklímára, mivel alacsonyabb hőmérséklet és magasabb relatív páratartalom értékeket mértünk a jéggháló alatti állományokban, amelyek első sorban befolyásolták az állomány vízháztartásának az alakulását. Kapott eredményeinkkel összefüggésben Rigden (2008) majd Middleton és McWaters (2002) is megállapították, hogy aszályos időszakban a jéggháló alkalmazása megnövelte a relatív páratartalom alakulását 10-15%-kal Ausztráliában. Ezzel összefüggésben Mahmood et al. (2018) eredményeinkhez hasonlóan alátámasztották a relatív páratartalom növekedését fekete jéggháló alatt, bár ők a méréseinkhez képest közel háromszor

magasabb, 9,1%-os növekedést tapasztaltak. Ugyanakkor a kutatásaik alapján a jégáló harmad akkora hatást gyakorolt a levegő hőmérsékletére, a jelen kutatáshoz képest.

A termográfiai adatok eredményei alapján a jégálónak a lombzat hőmérsékletére gyakorolt pozitív hatására lehet következtetni, amely az almafák számára kedvezőbb stressz állapotot tükrözi. Az eredményeinkkel összhangban Giuliani et al. (2001) kutatásai alapján a vízstressz meghatározására alma ültetvények esetében a termográfiai adatok megoldást jelenthetnek. Az eredményeink alapján az átlagos eltérés mértéke 2-4 °C, ugyanakkor más klimatikus körülmények között a jégálóval nem védett alma állományok lombzat hőmérséklete 4-6 °C-kal magasabb is lehet a jégálósokhoz képest (Middleton és McWaters 2002).

A vízpotenciál értékek alapján mind a két vizsgált fajta esetében szignifikáns hatással volt a jégáló a gyümölcsös vízforgalmára. A lombzat vízpotenciálja érzékeny mérőszám a vízforgalom monitorozására, amelyet Bhusal et al. (2019) 'Fuji' és 'Hongro' alma állományokban, míg Boini et al. (2018) 'Imperial' fajtájú almásban végzett kutatásai is alátámasztanak. Összhangban az eredményeinkkel, Alarcon et al. (2006) és Nicolás et al. (2008) a jégáló gyümölcsös lombzat vízpotenciáljára gyakorolt pozitív hatásait is bizonyították.

A vizsgált paraméterek alapján megfigyelhető, hogy a jégálóval fedett lombzatban alacsonyabb szárazanyag tartalom mérhető, amely a kedvezőbb növényi vízellátottságra utalhat. Ezt támasztja alá Egilla et al. (2005) tanulmánya, amelyben megállapították, hogy a szárazságnak kitett Kínai-hibiszkuszvirág levelének víztartalma alacsonyabb volt, azaz magasabb szárazanyag tartalommal bírt. Emellett lombzat szárazanyag tartalma fontos változóként szerepel az összehasonlító növényökológiában, mivel szoros kapcsolatban áll a növények növekedési ütemével és a szén-asszimilációval (Wilson et al. 1999) és a levél fotoszintézissével (Shiplely és Vu 2001), amelyeket a hőstressz és a vízhiány is befolyásol.

Nemeskéri (2011) alapján a klorofilltartalom alkalmas lehet szabadföldi körülmények között a víz-stressz kimutatására. A vízhiány mellett a magas hőmérséklet is hozzájárul a pigmentek degradációjához és csökkenti a fotoszintetikus aktivitást (Yildiz és Terzi 2007). Yildiz és Terzi (2007) eredményeivel összhangban jégálóval nem fedett állományokban a magasabb levegőhőmérséklet hatására alacsonyabb klorofill tartalmat mértünk, amely a jégálós állományokhoz képest jelentősebb hőstressznek az eredménye. A jégáló csökkenti a hőstresszt azáltal, hogy lombzat hőmérséklet közelebb kerül a növények fotoszintézisének hőmérsékleti optimumához (Raveh et al. 2003).

Az eredmények alapján a jégáló a mikroklimatikus feltételeken keresztül kedvező hatással van az 'Earligold' és 'Golden Reinders' almaültetvények vízforgalmára és pigment tartalom alakulására, részben ellensúlyozva a nyári hő és aszály stressz okozta negatív hatásokat. Az eredményeket összefoglalva az is kijelenthető, hogy az összes paraméter alapján a két fajta közül a 'Golden Reinders' az, amelynek vízforgalmát leginkább befolyásolja a jégáló által biztosított mikroklíma.

Köszönetnyilvánítás

A tanulmány alapjául szolgáló kutatást az Innovációs és Technológiai Minisztérium által meghirdetett Felsőoktatási Intézményi Kiválósági Program NKFIH-1150-6/2019 számon támogatta, a Debreceni Egyetem 4. tématerületi programja keretében.

Irodalomjegyzék

1. Alarcon, J.J., Ortuno, M.F., Nicolas, E., Navarro, A. and Torrecillas, A. 2006. Improving water-use efficiency of young lemon trees by shading with aluminised-plastic nets. *Agric. Water Manag.* 82: 387-398.
2. Anda, A. and Ligetvári, F. 1991. Infrared thermometry in scheduling irrigation. *ICID Proceedings*, Beijing, China, I-B: 21, I-220.
3. Apáti F. 2012. Gyümölcstünetvények fagy- és jégvédelmének technológiai lehetőségei és gazdasági megfontolásai. 227.
4. Bhusal, N., Han, S.G. and Yoon, T.M. 2019. Impact of drought stress on photosynthetic response, leaf water potential, and stem sap flow in two cultivars of bi-leader apple trees (*Malus × domestica* Borkh.). *Scientia Horticulturae*, 246: 535-543.
5. Boini, A., Lopez, G., Morandi, B., Manfrini, L. and Corelli-Grappadelli, L. 2018. Testing the effect of different light environments and water shortage on apple physiological parameters and yield. *Acta Hort.* 1228.
6. Bosco, L.C., Bergamaschi, H., Cardoso, L.S., de Paula, V.A., Marodin, G.A.B. and Nachtigall, G.R. 2015. Apple production and quality when cultivated under anti-hail cover in Southern Brazil. *Int. J. Biometeorol.* 59: 773-782.
7. Boyer, J.S. 1967. Leaf water potentials measured with a pressure chamber. *Plant Physiology*, 42: 133-137.
8. Böcs, A., Pék, Z., Helyes, L., Neményi, A. and Komjáthy, L. 2009. Effect of water supply on canopy temperature and yield of processing tomato. *Cereal Research Communications*, 37(S): 113-116.
9. Castellano, S., Hemming, S. and Russo, G. 2008. The influence of color on radiometric performances of agricultural nets. *Acta Hort.* 801: 227-236.
10. Droppa, M., Erdei, S., Horváth, G., Kissimom, J., Mészáros, A., Szalai, J. and Kosáry, J. 2003. Növénybiokémiai és élettani gyakorlatok. Budapesti Közgazdaságtudományi és Államgazgatási Egyetem, Budapest, 88.
11. Egilla, J., Davies, T.F. and Boutton, T. 2005. Drought stress influences leaf water content, photosynthesis, and water-use efficiency of *Hibiscus rosa-sinensis* at three potassium concentrations. *Photosynthetica*, 43(1): 135-140.
12. Fulton, A., Grant, J., Buchner, R. and Conell, J. 2014. Using the pressure chamber for irrigation management in walnut, Almond and Prune (ANR Publication 8503 University of California), 1-27.
13. Giaccone, M., Forlani, M. and Basile, B. 2012. Tree vigor, fruit yield and quality of nectarine trees grown under red photo-selective anti-hail nets in southern Italy. *Acta Hort.* 962: 287-293.
14. Gindaba, J. and Wand, S.J.E. 2005. Comparative effects of evaporative cooling, kaolin particle film and shade net on sunburn and fruit quality in apples. *HortSci.* 40: 592-596.
15. Giuliani, R., Magnanini, E. and Flore, J.A. 2001. Potential use of infrared thermometry for the detection of water deficit in apple and peach orchards. In: Palmer, J.W., Wünsche, J.N.(Eds.), *ActaHort.* 557: 399-405.
16. Glenn, D.M., Worthington, J.W., Welker, W.V. and McFarland, M.J. 1989. Estimation of peach tree water use using infrared thermometry. *J. Am. Soc. Hort. Sci.* 114: 737-741.
17. Gonda I. és Csihon Á. 2018. A gyümölcstermesztés alapjai. Debreceni Egyetemi Kiadó. 199.
18. Gonzalez-Dugo, M.P., Moran, M.S., Mateos, L. and Bryant, R. 2006. Canopy temperature variability as an indicator of crop water stress severity. *Irrig. Sci.* 24: 233-240.
19. Helyes L., Dimény J. és Varga G. 2005. Az öntözés tervezése a lombfelszín-hőmérséklet alapján (Scheduling of irrigation with canopy temperature). *Növénytermelés*, 54: 341-350.
20. Iglesias, J. and Alegre, S. 2006. The effect of anti-hail nets on fruit protection, radiation, temperature, quality and profitability of 'Mondial Gala' apples. *J. App. Hort.* 8: 91-100.
21. Jones, H.G. 1999. Use of infrared thermometry for estimation of stomatalconductance as a possible aid to irrigation scheduling. *Agric. Forest. Meteorol.* 95: 139-140.

22. Jones, H.G. 2004. Irrigation scheduling: advantages and pitfalls of plant-based methods. *J. Exp. Bot.* 55: 2427-2436.
23. Jones, H.G. and Vaughan, R.A. 2010. Remote sensing of vegetation. Principles, Techniques, and Applications, 384.
24. Lakatos, L., Gonda, I., Soltész, M., Szabó, Z., Szél, J. and Nyéki, J. 2011. Effects of excessive weather on the micro-climate of apple plantations under the hail protection nets. *International Journal of Horticultural Science*, 17(4–5): 81-85.
25. Lantos, F., Pék, Z., Tanács, L. and Helyes, L. 2013. The effect of temperature change on leaf surface temperature of plants in sweet pepper forcing. *Review on Agriculture and Rural Development*, 2: 2063-4803.
26. Lichtenthaler, H.K. and Wellbum, A.R. 1983. Determinations of total carotenoids and chlorophylls a and b of leaf extracts in different solvents. *Biochem Soc Trans.* 603: 591-592.
27. Mahmood, A., Hu, Y., Tanny, J. and Asante, E.A. 2018. Effects of shading and insect-proof screens on crop microclimate and production: A review of recent advances. *Scientia Horticulturae*, 241: 241-251.
28. Manja, K. and Aoun, M. 2019. The use of nets for tree fruit crops and their impact on the production: A review. *Scientia Horticulturae*, 246: 110-122.
29. Mditshwa, A., Magwazaa, L.S. and Tesfaya, S.Z. 2019. Shade netting on subtropical fruit: Effect on environmental conditions, tree physiology and fruit quality. *Scientia Horticulturae*, 256(9): 108556.
30. Mendiburu, F. 2019. agricolae: Statistical Procedures for Agricultural Research. R package version 1.3-0. <https://CRAN.R-project.org/package=agricolae>
31. Middleton, S. and McWaters, A. 2002. Hail netting of apple orchards. Australian experience. *Com. Fruit Tree*, 35: 51-55.
32. Mupambi, G., Anthony, B.M., Layne, D.R., Musacchi, S., Serra, S., Schmidt, T. and Kalcsits, A. 2018. The influence of protective netting on tree physiology and fruit quality of apple: a review. *Sci. Hortic.* 236: 60-72.
33. Nagy, A., Fórián, T., Tamás, J., Szabó, Z. and Soltész, M. 2011. Monitoring of water regime in an apple orchard, *International Journal of Horticultural Science*, 17(1-2): 29-32.
34. Nagy A. 2014. Spektrális vizsgálati módszerek aszály és stressz monitorozásában, öntözéstervezésben. Debreceni Egyetem, Debrecen. TÁMOP 4.2.4.A/2-11-1-20120001. 5-27.
35. Nagy, A. 2015. Thermographic evaluation of water stress in an apple orchard. *Journal of Multidisciplinary Engineering Science and Technology*, 2: 2210-2215.
36. Nemeskéri E. 2011. Növényi morfológia szerepe az alma vízkészlet-gazdálkodásában. In: Tamás J. (szerk.) *Almaültetvények vízkészlet-gazdálkodása*, Debreceni Egyetem, AGTC, Kutatási Fejlesztési Intézet, Kecskeméti Főiskola, Kertészeti Főiskolai Kar, 49: 61-76.
37. Nemeskéri, E. and Helyes, L. 2019. Physiological responses of selected vegetable crop species to water stress. *Agronomy*, 2019(9): 447.
38. Nemeskéri, E., Sárdi, É., Kovács-Nagy, E., Stefanovits Bányai, É., Nyéki, J. and Szabó, T. 2009. Studies on the drought responses of apple trees (*Malus domestica* Borkh.) grafted on different rootstocks. *Int. J. Hortic. Sci.* 15(1-2): 29-36.
39. Nemeskéri, E., Sárdi, É., Szabó, T. and Nyéki, J. 2010. Ecological drought resistance and adaptability of apple varieties. *International Journal of Horticultural Science*, 16(1): 113-122.
40. Nicolás, E., Barradas, V.L., Ortuño, M.F., Navarro, A., Torrecillas, A. and Alarcón, J.J. 2008. Environmental and stomatal control of transpiration, canopy conductance and decoupling coefficient in young lemon trees under shading net. *Environ. Exp. Bot.* 63: 200-206.
41. Raveh, E., Cohen, S., Raz, T., Yakir, D., Grava, A. and Goldschmidt, E.E. 2003. Increased growth of young citrus trees under reduced radiation load in a semi-arid climate. *J. Exp. Bot.* 54(381): 365-373.
42. Rigden, P. 2008. To net or not to net. 3rd ed. The State of Queensland, Department of Primary Industries and Fisheries (Accessed 09 March 2017).

43. Scholander, P.F., Hammel, H.T., Bradstreet, E.D. and Hemmingsen, E.A. 1965. Sap pressure in vascular plants. *Science*, 148: 339-346.
44. Shipley, B., Vu, T.T. 2001. Dry matter content as a measure of dry matter concentration in plants and their part. *New Phytologist*, 153(2): 359-364.
45. Szabó, V. 2016. Economics of hail protection net installation in super intensive apple orchards. *Agrártudományi Közlemények*, 2016/68. 5-35.
46. Teszlák P. 2008. A szárazságstressz ökofiziológiai hatásainak összehasonlító elemzése különböző borszőlőfajtáknál (*Vitis vinifera* L.) Doktori értekezés, 1-141.
47. U.S. Department of Agriculture <https://www.usda.gov/>
48. Wilson, P.J., Thompson, K.E.N. and Hodgson, J.G. 1999. Specific leaf area and leaf drymatter content as alternative predictors of plant strategies. *New Phytol.* 143(1): 155-162.
49. Yıldız, M. and Terzi, H. 2007. Bitkilerin yüksek sıcaklık stresine toleransının hücre canlılığı ve fotosentetik pigmentasyon testleri ile belirlenmesi. *Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi.* 23(1-2): 47-60.

Water balance of an apple orchard under hail net

SZABÓ, A., TAMÁS, J., NAGY, A.

University of Debrecen, Faculty of Agricultural and Food Sciences and Environmental Management,
Institute of Water and Environmental Management

E-mail: szabo.andrea@agr.unideb.hu

Summary

Apple production accounts for 60-65% of all fruit production in Hungary, as one of the most important areas of the fruit production sector. Due to the continental climate, extreme weather conditions can cause a significant problem in apple production, irrigation and hail nets are the most important solutions to decrease their effect. In addition to protection against hail damage, the hail net has a positive effect on microclimatic factors, its shading effect has a positive effect on the growth of fruit trees, and it reduces the risk of sunburn and transpiration. The aim of our research was to evaluate the effect of a hail net on the water supply of 'Earligold' and 'Golden Reinders' apple orchard, based on microclimatic factors, thermal imaging, water potential measurement, canopy dry matter content and pigment content studies. Statistical analyzes were performed in R software. The data collection was carried out on a weekly basis in July and August 2019 at the Horticultural Unit of Pállag, University of Debrecen. Based on our results, the air temperature under the hail net was 2.9% lower ($p = 0.150$) and the relative humidity was 3.2% higher ($p = 0.0001$). The data show that the foliage temperature under the hail net was 7.3% lower ($p = 0.006$), the water potential value of the foliage was 20.8% higher ($p = 0.399$), while the dry matter content of the leaves were 4.3% lower than in case of the orchards outside the hail net. Canopy chlorophyll concentration was 10.2% ($p = 0.066$) higher under hail-protection and carotenoid values were also higher (16%, $p = 0.004$). Results suggest the positive effect of a hail net on the

orchard water balance. Based on the data, the hail net has a favorable effect on the water balance of apple orchards by improving microclimatic conditions, partially offsetting the negative effects caused by summer heat and drought stress.

Keywords: hail net, Snygold (Earligold), Golden Reinders, water management, microclimatic factors, pigment content

Szerzők

Szabó Andrea (kapcsolattartó szerző) – PhD hallgató, Debreceni Egyetem, Mezőgazdaság-, Élelmiszertudományi és Környezetgazdálkodási Kar, Víz- és Környezetgazdálkodási Intézet, 4032 Debrecen, Böszörményi út 138.

Tamás János – DSc egyetemi tanár, Intézetvezető, Debreceni Egyetem, Mezőgazdaság-, Élelmiszertudományi és Környezetgazdálkodási Kar, Víz- és Környezetgazdálkodási Intézet, 4032 Debrecen, Böszörményi út 138.

Nagy Attila – egyetemi docens, Debreceni Egyetem, Mezőgazdaság-, Élelmiszertudományi és Környezetgazdálkodási Kar, Víz- és Környezetgazdálkodási Intézet, 4032 Debrecen, Böszörményi út 138.

Vízellátás hatása ipari cseresznye paradicsom termésképzésére és a fontosabb fitonutrienseire

DEÁK KONRÁD JÁNOS, ÉGEI MÁRTON

Szent István Egyetem, Gödöllő, Növénytermesztés-tudományi Intézet, Kertészeti Tanszék

E-mail: deakkonradszie@gmail.com

Marton.Egei@phd.uni-szie.hu

Összefoglalás

Determinált növekedésű, magas szárazanyag tartalmú cseresznye típusú paradicsom fajták termesztése prémium minőségű alapanyagot biztosíthat a feldolgozóipar számára. Az időjárási tényezők és a termesztési körülmények jelentősen befolyásolják a szabadföldön termesztett paradicsom fajták termőképességét és a termés minőségét, ezért értékelni kell többek között a fajták vízhiányra adott reakcióját. Eltérő vízellátású években elemeztük a Strombolino F₁ cseresznye típusú ipari paradicsom produktivitását, öntözés nélkül és optimális vízellátottságú körülmények mellett. Csapadékos évben, a sok víz kedvezőtlen volt a cseresznye paradicsom termőképességére és minőségére; csökkent a bogyók °Brix és likopin tartalma, miközben nőtt a beteg termésmennyiség. Enyhén csapadékos évben öntözés hatására nőtt a piacképes termés mennyisége, a bogyók β-karotin és zeaxantin tartalma, de magas volt a beteg bogyók aránya. Száraz években, kisebb tömegű bogyók képződtek, de öntözés hatására jelentősen nőtt a piacképes termés mennyisége, a vízdoldható szárazanyag (°Brix), β-karotin és cis likopin tartalom és minimális volt a beteg termékek aránya.

Kulcsszavak: cseresznye paradicsom, öntözés, termőképesség, szárazanyag, karotinoidok

Bevezetés és irodalmi áttekintés

A globális felmelegedés következménye a gyakori magas hőmérséklet és a csapadék hiány előfordulása, ami csökkenti a szabadföldön termesztett kertészeti növényfajok termőképességét és kedvezőtlenül hat az élelmi minőségre is. A vízhiány káros hatása mérsékelhető öntözéssel, de az öntözés hatékonyságát befolyásolja az öntözés optimális időpontjának, az öntözővíz mennyiségének megválasztása (Helyes et al. 2018), a fajták vízhasznosítása (Nemeskéri et al. 2015; Nemeskéri et al. 2018) és a termesztési év időjárási tényezői (Molnár et al. 2012). A rövid ideig tartó vízstressz nemcsak a paradicsom fejlődésére, élettani folyamataira van hatással, de előnyösen megváltoztathatja a termés minőségét is.

Vízhiány során, a bogyókban az oldott anyag mennyiségének felhalmozódása növeli a friss bogyótermés minőségét, mivel befolyásolja a bogyók ízét, zamatát valamint víztartalmát (Barbagallo et al. 2013; Klunklin és Savage 2017). A feldolgozóipar számára az érett piacképes paradicsom termésmennyisége és szárazanyag tartalma fontos tulajdonság a különböző készítmények, például sűrítvények készítésénél. A paradicsom szárazanyagtartalma függ az alkalmazott fajtától és a termesztés-technológiától, valamint az időjárási tényezőktől (Helyes et al. 1999; Sass-Kiss et al. 2005; Pék et al. 2019a). Jó vízellátás során a paradicsom fajták nagy termésátlaga mellett a bogyók szárazanyag tartalma alacsony, de a hektáronkénti szárazanyag hozam magasabb (Pék et al. 2015).

Az utóbbi években a kutatások középpontjába került a különböző zöldségfajok bioaktív összetevőire ható biotikus és abiotikus tényezők hatásának felmérése és ezek táplálkozás-életteni hatásának elemzése (Duc et al. 2017; Pék et al. 2012, 2013; Helyes et al. 2003, 2006). A paradicsom fogyasztása segíti a krónikus betegségek, szív-keringés rendellenességek, rákos megbetegedések megelőzését (Agarwal és Rao 2000), a természetben lévő fitonutriens anyagoknak, polifenol vegyületeknek, karotinoidoknak, vitaminoknak tulajdonítható. Fajtától függően, a paradicsomban található karotinoidok 64 - 80%-a likopin, de a β -karotin, lutein, zeaxantin mennyisége is számottevő (Lugasi et al. 2004; Helyes et al. 2014; Chaudhary et al. 2018). A lutein, zeaxantin késleltetik az időskori szembetegségek, a macula degeneráció (látásromlás) kialakulását (Frede et al. 2017) és antioxidáns tulajdonságuk révén a sejtekben képződő szabad gyökök semlegesítésben vesznek részt (Steiner et al. 2018). Ezeknek a fitonutriens anyagoknak a felhalmozódását a fajta, a termés érettségi állapota, a környezeti körülmények befolyásolják. Kimutatták, hogy deficit (40-70%) öntözés hatására a likopin tartalom megnövekedett a cseresznye típusú paradicsom fajtáknál, de csökkent a hagyományos bogyó méretű és tömegű fajtáknál (Dumas et al. 2003).

A kísérleteink célja a vízellátás hatásának vizsgálata volt kis bogyóátlagtömegű ún. cseresznye típusú ipari paradicsom hibrid termőképességére, a termés minőségi megoszlására és fitonutriens anyagaina.

Anyag és módszer

2012-2015 között Strombolino F₁ (United Genetics) korai ipari cseresznye paradicsom termőképességét és minőségét vizsgáltuk öntözés nélkül és rendszeres öntözés mellett szabadföldi kísérletben, a Szent István Egyetem Kertészeti Intézetének tanüzemében, Gödöllőn. Ez a cseresznye típusú hibrid magas potenciális termőképességű. Kemény, 13-18 g bogyó-átlagtömegű, szabályos gömb alakú termései repedésre nem hajlamosak.

A palántanevelés üvegházban történt, a 4 hetes tálcában nevelt palánták szabadföldi kiültetése, az évek időjárásától függően, május 8-11 között volt, 120 cm + 40 cm ikersorokban, 30 cm tőtávolsággal, 4,2 tő/m² állománysűrűséggel. Az öntözési kezelések 4 ismétlésben, véletlen blokk elrendezésben kerültek kivitelezésre. Csepegtető öntözést alkalmaztunk, a növények optimális vízellátását (I₁₀₀), felhasználva a meteorológiai adatokat a napi potenciális evapotranszpiráció pótlására Helyes et al. (2018) által leírtak szerint biztosítottuk.

Az öntözés nélküli, kontroll parcellákban (I₀) a növények természetes csapadékellátásban részesültek. Minden évben ismétlésenként 20 növény betakarítására, évjárártól függően, augusztus 8 és 11 között került sor. A betakarított növényminták bogyó termését megszámláltuk,

tömegét lemértük és morfológiailag osztályoztuk. A piacképes terméscsoportba az egyöntetű színű, érett, egészséges bogyókat, a zöld termés kategóriába a zöld éretlen, de egészséges bogyókat és a harmadik csoportba pedig a beteg bogyókat soroltuk.

Az érett termésből kezelésként 4 ismétlésben 15-15 bogyó vízdoldható szárazanyag tartalmának (°Brix) meghatározása KRÜSS DR201-95 típusú (A. KRÜSS Optronic GmbH, Hamburg, Németország) kézi refraktométerrel történt.

A homogenizált minták likopin tartalmának kivonása n-hexán-metanol-aceton elegyével (2:1:1) történt, majd spektrofotométeren, 500 nm-en mértük és mikrogram/g friss tömeg Helyes et al. (2012) szerint adtuk meg. A karotinoid összetételt és azok mennyiségét és beazonosítását Daood et al. (2014) által leírtak szerint nagy teljesítményű folyadék kromatográfias HPLC módszerrel végeztük el.

Az adatok értékelése SPSS for Windows 20.0 statisztikai programmal, kéttényezős varianciaanalízissel (ANOVA) történt. A kezelés átlagok összehasonlítására Tukey tesztet használtunk $p < 0,05$ szinten.

Eredmények és megvitatása

A csapadék mennyisége alapján a 2013 és 2015 év száraznak, a 2012 enyhén csapadékosnak, a 2014 csapadékosnak volt mondható (1. táblázat). Az ipari paradicsom zavartalan fejlődéséhez legalább 400 mm felhasználható vízmennyiségre van szükség (Helyes et al. 1999; Battilani et al. 2012).

1. táblázat. Halmozott csapadék és halmozott öntözővíz mennyisége Strombolino F₁ ipari cseresznye paradicsom vegetációs ideje alatt

Évek (1)	2012	2013	2014	2015
Halmozott csapadék mm (2)	219,4	166,2	380,7	175,6
Halmozott öntözés (3) (I100) mm	337,0	351,7	447,7	438,1

Table 1. Cumulated precipitation and irrigation water during the growing season of Strombolino F₁ processing tomato (1) years (2) cumulated precipitation (3) cumulated irrigation water

A paradicsom fejlődése alatt a reproduktív szakasz vízellátása befolyásolja a növényenként képződő bogyók számát, tömegét végső soron a termés mennyiségét, valamint minőség megoszlását (Pék et al. 2017). A vízhiány hatása a termés mennyiségére és minőségére függ a genotípusoktól, a növény és bogyó fejlődési állapotában előforduló stressz időtartamától, erősségétől (Riggi et al. 2008; Ripoll et al. 2014). Kimutatták, hogy hosszabb ideig tartó vízstressz nagyobb mértékben csökkentette a cseresznye paradicsom bogyó átmérőjét és friss tömegét, mint a nagy bogyójú fajtákét, de ezt a csökkenést a cseresznye paradicsom táplálkozási minőségének javulásával kompenzálta (Petrovic et al. 2019). Az eredményeink szerint a termesztési év és a vízellátás hatása egyaránt kimutatható a cseresznye paradicsom termés minőségi megoszlására (1-2. ábra) a terméskomponensek alakulására, vízdoldható szárazanyag tartalmára (2. táblázat) és a fitonutriens anyagok képződésére (3. táblázat).

Enyhén csapadékos (2012) évben a növények jó produktivitása a nagy bogyószámban és a növényenkénti nagyobb bogyótömegben nyilvánult meg (2. táblázat). Ebben az évben, az öntözés hatása jól érvényesült; a rendszeres öntözés a piacképes, érett termés jelentős növekedését, de 54%-os beteg termésmnövekedést is eredményezett (1/a. ábra). Csapadékos (2014) évben a növények a rendelkezésre álló víz nagy részét a vegetatív részek fejlesztésére és nem a termésképzésre fordították. Ezt igazolta a gyenge termékenyülés miszerint a növényeken kevesebb, nagyobb tömegű érett és zöld bogyó képződött (2. táblázat). Csapadékos évben, az öntözés nem befolyásolta a piacképes, érett termést, de jelentősen növelte a beteg bogyók arányát öntözés nélküli növényekhez képest (1/b. ábra).

2. táblázat. Vízellátás hatása Strombolino F₁ paradicsom főbb terméskomponenseire és vízoldható szárazanyag tartalmára (°Brix)

A sorokban az eltérő betűk az évek közötti különbséget jelölik P5% szignifikancia szinten, * jelöli a szignifikáns különbséget az öntözés nélküli (I₀) növényekhez képest

Tulajdonság (1)	Vízellátás (2)	Évek (3)			
		2012	2013	2014	2015
Bogyó db/növény (4)	I ₀	130,09±31,04a	123,77±6,67a	93,31±15,90b	76,01±9,00c
	I ₁₀₀	184,83±15,30a*	84,32±9,02c*	99,25±38,90c	149,1±7,47b*
Összes bogyó tömeg kg/növény (5)	I ₀	0,93±0,36a	0,73±0,04b	0,74±0,19b	0,35±0,05c
	I ₁₀₀	1,89±0,10a*	0,74±0,02c	0,89±0,33b*	1,56±0,07d
Érett bogyó tömeg g (6)	I ₀	7,48±0,91b	6,15±0,13c	8,85±0,52a	5,05±0,17d
	I ₁₀₀	10,28±0,28a*	9,63±1,23a*	9,88±0,55a	10,78±0,39a*
Zöld bogyó tömeg g (7)	I ₀	6,15±1,32a	1,48±0,87d	4,18±1,07b	2,68±0,43c
	I ₁₀₀	2,63±1,36c*	2,55±0,95c*	4,05±2,70b	7,73±1,88a*
Beteg bogyó tömeg g (8)	I ₀	6,90±4,18a	7,10±2,33a	6,75±1,11a	4,38±0,75b
	I ₁₀₀	11,83±1,74a*	9,73±1,55b*	8,40±1,12c*	9,75±2,08b*
°Brix (9)	I ₀	6,93±0,38a	6,60±0,89a	4,60±0,47b	7,35±0,10a
	I ₁₀₀	5,05±0,44b*	6,03±0,61a	4,40±0,08c	4,53±0,33c*

Table 2. Effect of water supply on yield components and soluble solid content (°Brix) of fruits of Strombolino F₁ tomato

(1) Treatments (2) Water supply (3) Years (4) Number of fruits [piece plant⁻¹] (5) Fruit weight [g plant⁻¹] (6) Weight of matured fruit [g piece⁻¹] (7) Weight of green fruit [g piece⁻¹] (8) Weight of diseased fruit [g piece⁻¹] (9) Soluble solid content [°Brix]

The different letters in the rows indicate the difference between the years at the P5% significance level, * indicates the significant difference compared to non-irrigated (I₀) plants.

1. ábra. Strombolino F₁ termés frakciók enyhén csapadékos (a) és csapadékos (b) évben (I0: öntözetlen, I100: öntözött)

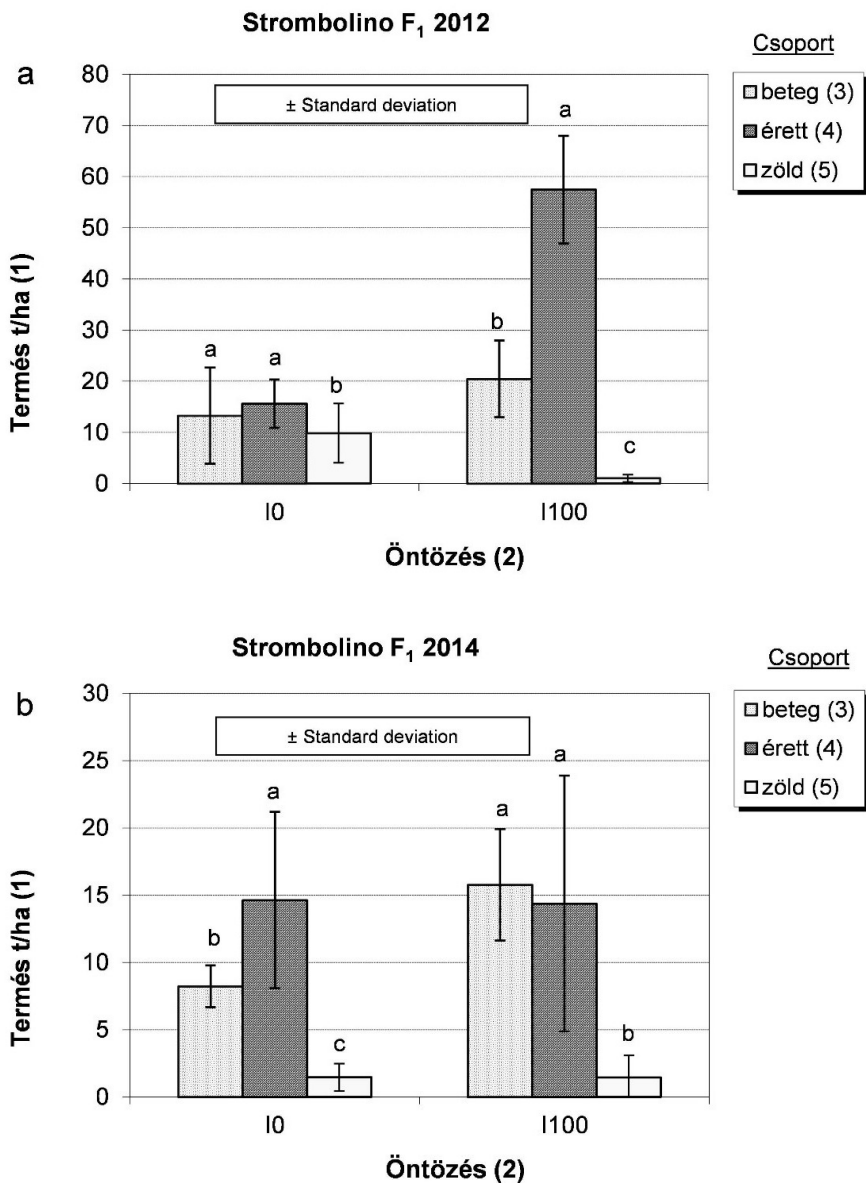


Figure 1. Categories of yield of Strombolino F₁ tomato in mildly wet (a) and rainy (b) years, (I0 non irrigated; I100 irrigated)

Yield (1) Irrigation (2) Diseased yield (3) Matured yield (4) Green yield (5)

A száraz (2013, 2015) években a növények egyedi termőképességét (bogyószám/növény, bogyó tömeg/növény) a vízellátás jelentősen befolyásolta, általában kisebb tömegű piacképes bogyók képződtek, mint csapadékos évben (2. táblázat). Száraz években a rendszeres öntözés jelentősen növelte a piacképes érett termés mennyiségét a nem öntözött növényekéhez képest (2. ábra), azonban az öntözés hatását a termés minőségi megoszlására a vízstressz mértéke befolyásolta. Igen száraz évben (2013) az öntözés nem növelte a beteg és zöld termés mennyiségét, szemben a mérsékelt csapadék-hiányos (2015) évvel, ahol ez a növekedés kismértékű volt.

2. ábra. Strombolino F₁ termés frakciók igen száraz (a) és mérsékelt száraz (b) évben, (I0: öntözetlen, I100: öntözött)

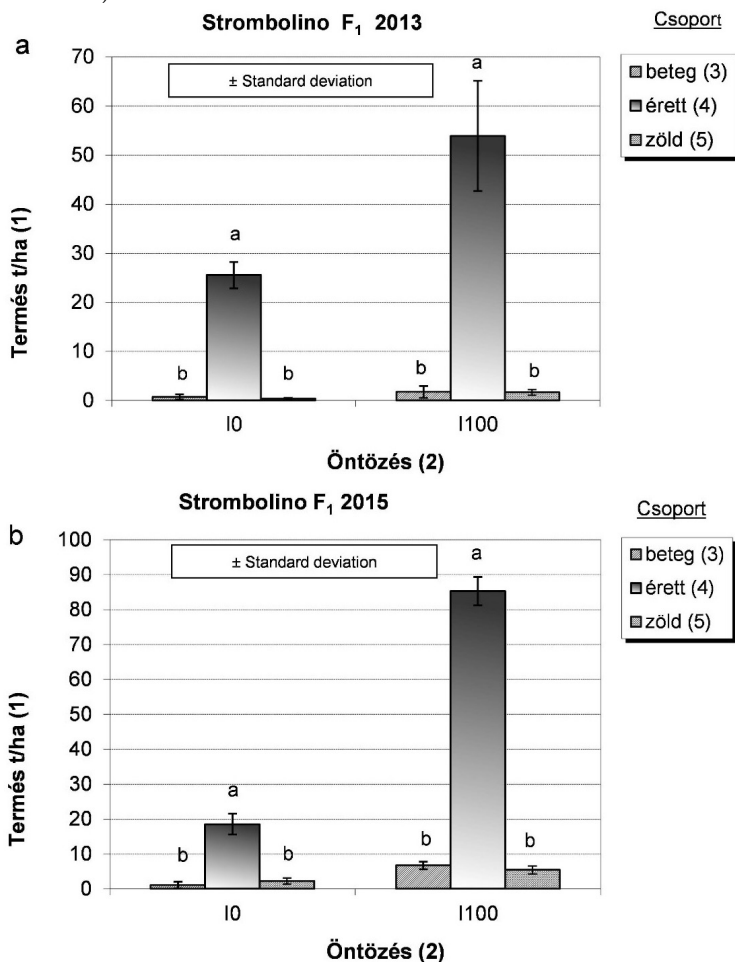


Figure 2. Categories of yield of Strombolino F₁ tomato in very dry (a) and moderate dry (b) years, (I0 non irrigated; I100 irrigated)

Yield (1) Irrigation (2) Diseased yield (3) Matured yield (4) Green yield (5)

A bogyók vízdoldható szárazanyag tartalmát ($^{\circ}$ Brix) meghatározza a fajta genetikai tulajdonsága és a tenyésztési alatti vízellátás mértéke. A cseresznye paradicsom fajták Brix $^{\circ}$ értékét szignifikánsan magasabbnak találták, mint a hagyományos bogyó tömegű fajtákét (Lapushner et al. 1990), bár ezek a vízellátástól függően változhatnak. Helyes et al. (2018) kimutatták, hogy mérsékelten száraz (2015) évben egy nagyobb bogyóméretű Uno Rosso F₁ ipari paradicsomnak rendszeres öntözés mellett, a vízdoldható szárazanyag tartalma szignifikánsan (3,8 $^{\circ}$ Brix) csökkent az öntözés nélkül termesztett növényekéhez képest (7,0 $^{\circ}$ Brix). Az eredményeink szerint, mérsékelten száraz (2015) évben a $^{\circ}$ Brix csökkenése kisebb mértékű (38%) volt a kisebb bogyóméretű Strombolino F₁ cseresznye paradicsomnál az öntözetlen növényekéhez képest (2. táblázat). A legnagyobb $^{\circ}$ Brix értéket az igen száraz 2013-ban a legkisebbet a csapadékos 2014 évben mértünk (2. táblázat).

3. táblázat. Vízellátás hatása Strombolino F1 paradicsom fitonutriens tartalmára

Fitonutriens anyagok $\mu\text{g/g}$ (1)	Vízellátás (2)	Évek (3)		
		2012	2013	2014
Összes karotinoid (4)	I ₀	168,67 \pm 1,69	121,16 \pm 1,22	64,14 \pm 3,15
	I ₁₀₀	159,94 \pm 2,47	126,56 \pm 2,49	56,05 \pm 4,56
β karotin (5)	I ₀	3,63 \pm 0,47	1,63 \pm 0,45	3,83 \pm 0,74
	I ₁₀₀	5,75 \pm 0,82	2,95 \pm 0,61	4,17 \pm 0,36
Likopin (6)	I ₀	150,20 \pm 2,92	101,82 \pm 5,19	53,51 \pm 4,46
	I ₁₀₀	140,70 \pm 1,70	109,39 \pm 3,92	46,01 \pm 1,08
cis likopin (7)	I ₀	8,02 \pm 1,89	7,35 \pm 3,40	2,03 \pm 0,68
	I ₁₀₀	7,45 \pm 0,65	9,05 \pm 4,71	3,10 \pm 0,36
Zeaxantin (8)	I ₀	0,39 \pm 0,01	0,63 \pm 0,09	0,37 \pm 0,11
	I ₁₀₀	0,49 \pm 0,07	0,27 \pm 0,02	0,48 \pm 0,06

Table 3. Effect of water supply on carotenoids of fruit of Strombolino F1 tomato
Phytonutrients [$\mu\text{g g}^{-1}$] (2) Water supply (3) Years (4) Total carotenoids (5) β -carotene (6) Lycopene (7) cis lycopene (8) Zeaxanthin

Petrović et al. (2019) kimutatták, hogy függetlenül a vízellátástól, a cseresznye paradicsom karotinoid tartalma (béta karotin, likopin, lutein), ezen belül is a likopin tartalom, jelentősen nagyobb volt, mint a nagybogyójú fajtáké, továbbá, hogy a vízstressz a béta karotin felhalmozódásának és nem a likopin tartalomnak kedvezett. Hasonló eredményre jutottunk a Strombolino F₁ cseresznye paradicsomnál, ahol a likopin tartalom mennyisége, a csapadékos (2014) év kivételével, nem változott jelentősen (3. táblázat). A nagyon vízhiányos (2013) évben, volt a bogyók zeaxantin tartalma a legnagyobb, és béta karotintartalma a legkisebb. Enyhén csapadékos (2012) évben, öntözés hatására a béta karotin és zeaxantin tartalom növekedése, igen száraz (2013) évben zeaxantin csökkenése, a béta karotin és cisz likopin növekedése mutatható ki. A vizsgált évben,

csapadék ellátásától függően, a rendszeres öntözés javította a bogyók zeaxantin tartalmát, míg a nagyon vízhiányos 2013-as évben csökkentette azt (3. táblázat).

Megállapítható, hogy a sok víz kedvezőtlen a cseresznye paradicsom termőképességére és minőségére; csökken a bogyók °Brix és likopin tartalma, miközben nő a beteg termés mennyisége. Enyhén csapadékos évben az öntözés hatása jól érvényesült a cseresznye paradicsom piacképes termésére, kedvező volt a bogyók béta karotin és zeaxantin tartalmára, de növelte a beteg bogyók arányát. Súlyos vízstressz helyzetben a rendszeres öntözés szignifikánsan növelte a bogyók béta karotin tartalmát.

Következtetés

Strombolino F₁ ipari cseresznye paradicsom érzékenyen reagált a vízellátás mértékére; jelentős mennyiségű vízellátás csökkentette a növényenkénti bogyók számát, növelte a bogyók tömegét, összességében kevesebb, gyenge minőségű, azaz alacsony °Brix-, likopin tartalmú termés képződött, mialatt nőtt a beteg bogyók aránya. Vízhiányos években annak ellenére, hogy kisebb tömegű bogyók képződtek, az öntözés hatására jelentősen nőtt a piacképes termés mennyisége, a bogyók vízdoldható szárazanyag (°Brix), β-karotin és cis likopin tartalma és minimális volt a beteg termések aránya.

Köszönetnyilvánítás

A tanulmány alapjául szolgáló kutatást az Innovációs és Technológiai Minisztérium támogatta a Felsőoktatási Intézményi Kiválósági Program a Szent István Egyetem vízzel kapcsolatos kutatások programja keretében. (NKFIH-1159-6/2019; GINOP_2.2.1_15_2016_00003; EFOP-3.6.3-VEKOP-16-2017-00008),

Irodalomjegyzék

1. Agarwal, S. and Rao, A.V. 2000. Tomato lycopene and its role in human health and chronic diseases. *Can Med Assoc J.* 163(6): 739-744.
2. Barbagallo, R.N., Di Silvestro, I. and Patanè, C. 2013. Yield, physicochemical traits, antioxidant pattern, polyphenol oxidase activity and total visual quality of field-grown processing tomato cv. Brigade as affected by water stress in Mediterranean climate. *Journal of Science and Food Agriculture*, 93(6): 1449-57.
3. Battilani, A., Prieto, H., Argerich, C., Campillo, C. and Cantore, V. 2012. Tomato; p. 192-198. In: Steduto, P., Hsiao, T. C., Fereres, E. and Raes, D. (eds.), *Crop yield response to water* FAO irrigation and drainage paper 66. Food and Agriculture Organization of the United Nations.
4. Chaudhary, P., Sharma, A., Singh, B. and Nagpal, A. 2018. Bioactivities of phytochemicals present in tomato. *Journal of Food Science and Technology*, 55(8): 2833-2849.
5. Daood, H.G., Bencze, G., Palotas, G., Pek, Z., Sidikov, A. and Helyes, L. 2014. HPLC Analysis of carotenoids from tomatoes using cross-linked C18 column and MS detection. *Journal of Chromatography Science*, 52(9): 985-991.
6. Duc, N.H., Mayer, Z., Pék, Z., Helyes, L. and Posta, K. 2017. Combined inoculation of arbuscular mycorrhizal fungi, *Pseudomonas fluorescens* and *Trichoderma spp.* for enhancing defense enzymes and yield of three pepper cultivars. *Applied Ecology and Environmental Research*, 15(3): 1825-1829.
7. Dumas, Y., Dadomo, M., Di Lucca, G. and Grolier, P. 2003. Effects of environmental factors and agricultural

- techniques on antioxidant content of tomatoes. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 83: 369-382.
8. Frede, K., Ebert, F., Kipp, A.P., Schwerdtle, T. and Baldermann, S. 2017. Lutein activates the transcription factor Nrf2 in human retinal pigment epithelial cells. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 65(29): 5944-5952.
 9. Helyes, L., Varga, Gy., Pék, Z. and Dimény, J. 1999. The simultaneous effect of variety, irrigation and weather on tomato yield. *Acta Horticulturae*, 487: 499-505.
 10. Helyes, L., Brandt, S., Réti, K., Barna, É. and Lugasi, A. 2003. Appreciation and analysis of lycopene content of tomato. *Acta Horticulturae*, 604: 531-537.
 11. Helyes, L., Dimény, J., Pék, Z. and Lugasi, A. 2006. Effect of the variety and growing methods as well as cultivation conditions on ingredient of tomato (*Lycopersicon Lycopersicum* (L.) Karsten) fruit. *Acta Horticulturae*, 712: 511-516.
 12. Helyes, L., Lugasi, A. and Pék, Z. 2012. Effect of irrigation on processing tomato yield and antioxidant components. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 36: 702-709.
 13. Helyes, L., Lugasi, A., Daood, H.G. and Pék, Z. 2014. The Simultaneous Effect of Water Supply and Genotype on Yield Quantity, Antioxidants Content and Composition of Processing Tomatoes. *Not Bot Horti Agrobi.* 42(1): 143-149.
 14. Helyes L., Böcs A. és Nemeskéri E. 2018. Víztakarékos öntözés hatása az ipari paradicsom termésmennyiségére és minőségére. *Kertgazdaság*, 50(4): 3-9.
 15. Klunklin, W. and Savage, G. 2017. Effect on Quality Characteristics of Tomatoes Grown Under Well-Watered and Drought Stress Conditions. *Foods*, 6(8): 56.
 16. Lapushner, D., Bar, M., Gilboa, N. and Frankel, R. 1990. Positive heterotic effects for °Brix in high solid F1 hybrid cherry tomatoes. *Acta Horticulturae*, 277: 207-212.
 17. Lugasi A., Hóvári J., Bíró L., Brandt S. és Helyes L. 2004. Élelmiszereink likopin tartalmát befolyásoló tényezők és a hazai lakosság likopin - bevitel. *Magyar Onkológia*, 48(2): 131-136.
 18. Molnár K., Víg R., Nemeskéri E. és Dobos A. 2012. A vízellátottság és az évszám hatása eltérő genotípusú csemegekukorica (*Zea mays* L. *convar. saccharata* Koern.) hibridek termőképességére. *Agrártudományi Közlemények*, 50: 203-210.
 19. Nemeskéri E., Molnár K. és Dobos A.Cs. 2015. Különböző tenyészidejű borsófajták (*Pisum sativum* L.) vízhasznosítása eltérő vízellátás alatt. *Növénytermelés*, 64(1): 57-76.
 20. Nemeskéri, E., Molnár, K., Pék, Z. and Helyes, L. 2018. Effect of water supply on water use related physiological traits and yield of snap beans in dry seasons. *Irrigation Science*, 36(3): 143-158.
 21. Petrović, I., Savić, S., Jovanović, Z., Stikić, R., Brunel, B., Sérino, S. and Bertin, N. 2019. Fruit quality of cherry and large fruited tomato genotypes as influenced by water deficit. *Zemdirbyste-Agriculture*, 106(2): 123-128.
 22. Pék, Z., Daood, H., Nagyné, M.G., Berki, M., Tóthné, M.M., Neményi, A. and Helyes, L. 2012. Yield and phytochemical compounds of broccoli as affected by temperature, irrigation, and foliar sulfur supplementation. *HortScience*, 47(11): 1646-1652.
 23. Pék, Z., Daood, H., Gasztonyi Nagyné, M., Neményi, A. and Helyes, L. 2013. Effect of environmental conditions and water status on the bioactive compounds of broccoli. *Central European Journal of Biology*, 8(8): 777-787.
 24. Pék, Z., Szuvandsiev, P., Neményi, A. and Helyes, L. 2015. Effect of season and irrigation on yield parameters and soluble solids content of processing cherry tomato. *Acta Horticulturae*, 1081: 197-202.
 25. Pék, Z., Daood, H., Neményi, A., Helyes, L. and Szuvandsiev, P. 2019/a. Seasonal and irrigation effect on yield parameters and soluble solids content of processing cherry tomato. *Acta Horticulturae*, 1159: 45-49.
 26. Pék, Z., Szuvandsiev, P., Neményi, A., Tuan, L.A., Bakr, J., Nemeskéri, E. and Helyes, L. 2019/b. Comparison of a water supply model with six seasons of cherry type processing tomato. *Acta Horticulturae*, 1233: 41-46.
 27. Raggi, E., Patane, C. and Ruberto, G. 2008. Content of carotenoids at different ripening stages in processing tomato in relation to soil water availability. *Australian Journal of Agricultural Research*, 59: 348-353.

28. Ripoll, J., Urban, L., Staudt, M., Lopez-Lauri, F., Bidel, L. and Bertin, N. 2014. Water shortage and quality of fleshy fruits-making the most of the unavoidable. *Journal of Experimental Botany*, 65: 4097-4117.
29. Sass-Kiss, A., Kiss, J., Milotay, P., Kerek, M.M. and Tóth-Markus, M. 2005. Differences in anthocyanin and carotenoid content of fruits and vegetables. *Food Research International*, 38(8-9): 1023-1029.
30. Steiner, B.M., McClements, D.J. and Davidov-Pardo, G. 2018. Encapsulation systems for lutein: A review. *Trends in Food Science and Technology*, 82: 71-81.

Effect of water supply on productivity of cherry type processing tomato

DEÁK K.J., ÉGEI M.

Szent István University, Gödöllő, Institute of Crop Production Science,
Department of Horticulture

E-mail: deakkonradszie@gmail.com
Marton.Egei@phd.uni-szie.hu

Summary

Production of cherry type tomato varieties with determinate growth habit and large soluble solid content can provide high quality raw material for processing industry. The weather and growing conditions affect the productivity and yield quality of tomato varieties grown in open field, therefore the responses of varieties to water scarcity should be evaluated. In years with different precipitation levels the effect of irrigation on the productivity of Strombolino F₁ cherry tomato was analysed under non-irrigated and optimal water supply conditions. In the rainy year, the excessive water was unfavourable for the productivity and yield quality of cherry tomato, which resulted in a decrease in °Brix and lycopene content of fruit, while the rate of diseases significantly increased. In the mildly rainy year, irrigation increased the marketable yield, the β-carotene and zeaxanthin content of the fruits, but the ratio of diseases was high. In the dry years the plants produced smaller fruits, but irrigation significantly increased the amount of marketable yield, the soluble solid (°Brix), β-carotene and cis lycopene content of the fruits, while the amount of diseased yield was minimal.

Keywords: cherry tomato, irrigation, productivity, dry matter content, carotene

Szerzők

Deák Konrád János – doktor jelölt, Szent István Egyetem, Mezőgazdaság- és Környezettudományi Kar, Növénytermesztés-tudományi Intézet, Kertészeti Tanszék, 2100 Gödöllő, Páter Károly u.
Égei Márton – PhD hallgató, Szent István Egyetem, Mezőgazdaság- és Környezettudományi Kar, Növénytermesztés-tudományi Intézet, Kertészeti Tanszék, 2100 Gödöllő, Páter Károly u. 1.

Termesztőközeg-adalékanyag dózisfüggő hatása balkonparadicsom termésmennyiségére és néhány beltartalmi értékére

PAP ZOLTÁN¹, NÉMETH DZSENERIFER¹, FEKETE KATALIN¹, TILLYNÉ MÁNDY ANDREA², BALÁZS GÁBOR¹

¹Szent István Egyetem, Kertészettudományi Kar, Zöldség- és Gombatermesztési Tanszék

²Szent István Egyetem, Kertészettudományi Kar, Dísznövénytermesztési és Dendrológiai Tanszék

E-mail: pap.zoltan@kertk.szie.hu

Összefoglalás

A kertészeti termesztés során – így a zöldségtermesztésben is – igen jelentőssé váltak azok az adalékanyagok, amelyek a termesztőközegek fizikai tulajdonságait (pl. víztartókéességét) pozitívan befolyásolják. Ez a házikerti termesztésben is segítséget nyújt, mivel a balkonládás, konténeres termesztés öntözési nehézségeit tompítja, vagy kiküszöböli. Kísérletünk során e közegjavító adalékanyagokat teszteltük különféle keverékekben, melyeken balkonparadicsomot termesztettünk. A kezeléseink értékelésekor elsősorban arra fókuszáltunk, hogy a közeg fizikai tulajdonságainak javításán túl milyen termésminőséget befolyásoló előnyös és hátrányos tulajdonságokat tapasztalhatunk az adalékok használatával.

Kulcsszavak: paradicsom, adalék anyag, közeg, likopin

Bevezetés és irodalmi áttekintés

A Fruitveg (2018) adatai szerint hazánkban 1600 ha-on termesztettek paradicsomot a szabadföldön, míg hajtásban mintegy 370 ha-on. A házikerti vagy balkonkertészeti termesztési célokra főként determinált növekedésű fajtákat ajánlanak (Internet1).

Az urbanizáció ellensúlyozása érdekében az emberek igyekeznek a körülöttük lévő teret növényekkel megtölteni, legyen szó dísz-, fűszer- vagy zöldségnövényről. A balkonnövény fajták emiatt is terjednek el egyre jobban, hiszen szűkös, sokszor mesterséges közegen is jól tudnak fejlődni. A nagy kertészeti cégek igyekeznek olyan agyagokat előállítani, mellyel elősegíthető ezen növények megfelelő fejlődése (Szikora 2015).

A növények optimális fejlődéséhez optimális közegre van szükség: megfelelő kémhatás, szerkezet, patogénmentes és kémiaiilag indifferens. A szerkezettel szemben támasztott fő követelmény, hogy vízzel telített állapotban is megfelelő mennyiségű levegő jut a gyökerekhez. Fontos,

hogy alacsony sótartalommal és jó pufferképességgel rendelkezzenek ezek a közegek. Az ún. egységföldek már régóta elterjedtek, melyek a különböző kultúrák termesztéséhez vannak összeállítva. Jelenleg a Florasca márka három típusú egységföldet forgalmaz (Juhos 2017). A nevelési közeg fizikai-kémiai tulajdonságainak figyelembevétele a termésnövelő mikrobiális oltóanyagok alkalmazásánál is az egyik legfontosabb kiemelt szempont (Dudás et al. 2017).

Tillyné et al. (2017) különböző közegeket és növénykondicionálókat hasonlítottak össze a *Tagetes patula* L. „Csemő” palántanevelése során. Arra a következtetésre jutottak, hogy a palánták klorofilltartalma és friss tömege magasabbnak bizonyult a kontroll növényekhez képest BRT® EverGreen vízviszattartó közegadalék és BRT® GreenMoss természetközeg együttes alkalmazásakor. A BRT® EverGreen anyag általában 10-20-30 térfogatszázalékban kerül hozzáadásra termőföld esetén, míg tőzeg esetén 20-30% a javasolt mennyiség (Szikora 2015). Tilly-Mándy et al. (2016) a 20 V/V%-os mennyiséget találta a legmegfelelőbbnek a kísérleteik során.

Az aquaperla a természetközeghez keverhető polimer anyag, mely gyepek, díszkertek, virágágyások és veteményeskertek talajának és vízmegtartóképesség javítására szolgál. Zöldségtermesztésben leginkább a palántanevelés, görögdinnye, paprika és uborkatermesztés során ajánlott. Talaj típusútl függően 50-200 g/m² az ajánlott kijuttatandó mennyiség (Internet2).

A paradicsom színe fontos marketing tényező, igen nagy mértékben befolyásolja a vásárlói döntést (Garrett et al. 1960). A paradicsom színéért 2 fő karotinoid vegyület felel, a legfontosabb ezek közül a likopin, ezt követi a β -karotin (Gould 1974). A színmérő rendszerek a színingerek számszerű jellemzését különböző módszerekkel mérik, leginkább ma az additív színkeverésen alapuló színmérő rendszert alkalmazzák napjainkban, melyet 1931-ben a Nemzetközi Világítástechnikai Bizottság (Commission Internationale de l'Éclairage) fogadott el (Hovorkáné 2007; Internet3). Emellett számos eredmény bizonyítja, hogy a paradicsompürék és felületi színvizsgálatok CIE Lab eredményei erős összefüggésben állnak a likopin-tartalommal (Brandt 2007). A jelen tanulmányban közölt kísérlet célja, hogy rávilágítsunk a közegjavító adalékanyagok hatékonyságára zöldségtermesztésben is, főként a balkonládás termesztés gyakorlati fejlesztésére fókuszálva. Mivel nem célunk a profitorientált gyakorlati alkalmazás technológia-fejlesztése, így ebben a kísérleti összefoglalóban kifejezetten az adalékanyagok beltartalmi tulajdonságára kifejtett hatását mutatjuk be.

Anyag és módszer

Kísérletünkhöz a 2018-as vizsgálati évben a *Vilma* fajtát választottuk, mely koraérésű, cserepes és balkonládás termesztésre is ajánlott fajta. A determinált növekedésű tövek házikerti és hobby termesztésre egyaránt ideálisak, a bogyók átlagos tömege 15-20 g.

Kísérletünket a Szent István Egyetem Kertészettudományi Kar Kísérleti Üzem és Tangazdaság Zöldségtermesztési Ágazatában állítottuk be. A magvetés április 23-án kezdődött, a palánták kiültetésére pedig május 28-án került sor. Az ültetésre kész palántákat ikersoros elrendezésbe ültettük ki (térállás: 80+40x30), már előre megtöltött 10 literes konténerekbe. 6 ismétlésben került beállításra a kísérlet, ismétlésenként 5 növényvel dolgoztunk, így kezelésként 30 db növény szerepelt a kísérletben.

Vizsgálataink során a Florasca és az Általános közegkeverék volt a kontroll, ezekhez kevertük az adalékanyagokat, mindkét közegkeverékhez 5 kezelés tartozott. Az 1. kezelés a kontroll volt, melyekhez nem adtunk adalékanyagot (F, A). A 2-3-4. kezeléshez 10-20-30%-os térfogatszázalékban

adtunk BRT Evergreen talaj kondicionáló készítményt (F+10%, F+20%, F+30%, A+10%, A+20%, A+30%), illetve Aquaperla granulátum hozzáadása jelentette az 5. kezelést (F+Ap, A+Ap).

A szedések és mérések elvégzése után augusztus 14-én került sor az állomány felszámolására. A friss terméseken elvégeztük a laboratóriumi vizsgálatokat a Szent István Egyetem Kertészettudományi Kar Zöldség-és Gombatermesztési Tanszék analitikai laboratóriumában.

A redukáló cukortartalom mérése Luff-Schorl módszerrel történt, a nem redukáló cukrokat először savas hidrolízisnek kellett alávetni, majd ugyanúgy folytattuk a vizsgálatot, mint a redukáló cukrok esetében.

A titrálható savtartalmat MSZ EN No. 12147:1998 szerint mértük, majd összevetettük a redukáló cukortartalom értékekkel.

A likopin tartalom meghatározása spektrofotometriás úton történt, Hitachi U2900 típusú készülékkel.

A minták színmérése a CIE Lab ($L^*a^*b^*$) rendszerrel történt, amely hazánkban is szabványosan elfogadott. Ez a rendszer 3D színtérben elhelyezett koordinátákkal (L^* , a^* , b^*), színponttal jellemzi a minták színét. Tanulmányunkban itt most csak az a^* értéket vetjük össze a likopin mennyiségének változásával, ez az érték a zöld-piros színek komponensét számszerűsíti (ahol a legmagasabb érték a legvörösebb: +127).

Az adatok elsődleges feldolgozását a Microsoft Office Excel 2016 és az IBM SPSS 22. és 23-as programcsomaggal végeztük. ANOVA és MANOVA modellt alkalmaztunk, ahol a kezelések összehasonlításához első lépésként varianciaanalízist használtunk.

Eredmények

Cukor-sav arány

Az 1. ábrán a paradicsomban mért cukor-sav értékek láthatók. Általános közegkeverék alkalmazásakor annál a közegkeveréknél mértük a legmagasabb értéket cukor-sav tekintetében, amelybe 20%-os térfogatarányban volt BRT Evergreen a közegbe keverve. A legalacsonyabb arányszámot az Aquaperlával kevert közegkeveréknél kaptuk. Florasca közegkeverék esetében a legmagasabb arányszámot a közeghez 20%-os arányban adott BRT Evergreen esetében kaptuk, míg a legmagasabb értéket a kontrollnál regisztrálhattuk.

Likopin és az a^* átlagértékek alakulása

Likopin mérés és CIE-LAB színmérés a tenyészidőszak során három alkalommal történt: 2018. július 11-én és 26-án, valamint augusztus 10-én.

A július 11-i mérés során még nem volt mindegyik paradicsomon termés, ezért ekkor még az F20-as és A10-es kezelésekből nem tudtunk mintát venni. Ekkor a legnagyobb likopin értéket (4,65) az A30-as kezelés esetében mértük, ehhez 30,37-es a^* érték párosult, ami közel a legmagasabb volt ebben az időpontban. A legalacsonyabb likopin értéket (2,9) az A20-as kezelés esetében mértük és az ehhez tartozó a^* érték (30,47) is az alacsonyabbak közül került ki.

A július 26-i mérés eredményei a 2. ábrán láthatók. Ebben az időpontban a legmagasabb likopin értéket (4,35) az F+Ap kezelésnél mértük és ehhez a kezeléshez tartozott a legmagasabb a^* érték (27,34) is. A legalacsonyabb likopin (1,81) és a^* (22,97) értéket az A20 kezelés esetében mértük. A 2. ábrán jól látható, hogy a mért likopin értékek és az a^* értékek követik egymást.

Az augusztus 10-i mérés során a legmagasabb likopin értéket (7,68) az F10-es kezelés esetében mértük, az ehhez tartozó a* érték 30,37 volt, ami az egyik legmagasabb ebben az időpontban. A legalacsonyabb likopin értéket 2,01-et az A30-as kezelés során mértük, az ehhez tartozó a* érték 25,4 volt, ami az egyik legalacsonyabb ebben a mérési időpontban.

1.ábra. Cukor-sav arány paradicsom esetében

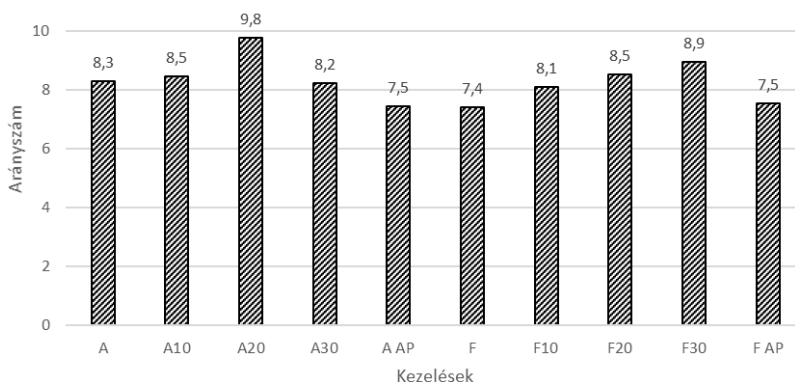


Figure 1. Sugar-acid ratio of tomato

2.ábra. 2018 július 26-án mért átlagos likopin és a* értékek alakulása

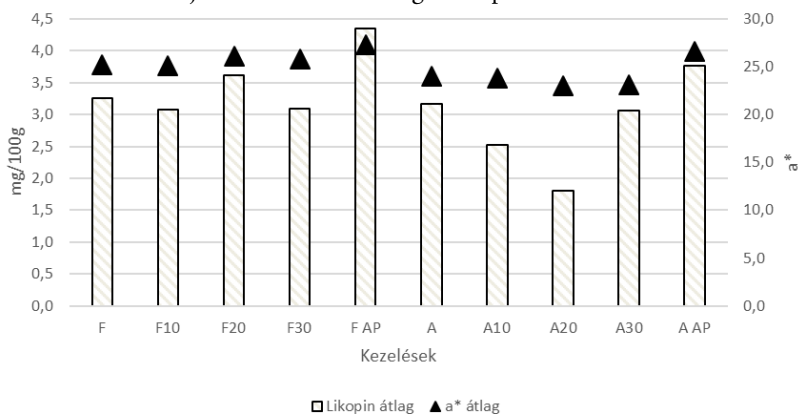


Figure 2. Average lycopene and a* values 26th July 2018

A: Általános virágföld; A10: Általános virágföld + 10% BRT; A20: Általános virágföld + 20% BRT; A30: Általános virágföld + 30% BRT; A AP: Általános virágföld + Aquaperla; F: Florasca földkeverék; F10: Florasca + 10% BRT; F20: Florasca + 20% BRT; F30: Florasca + 30% BRT; F AP: Florasca + Aquaperla

A: Basic pot medium only; A10: Basic pot medium + 10% BRT; A20: Basic pot medium + 20% BRT; A30: Basic pot medium + 30% BRT; A AP: Basic pot medium + Aquaperla; F: Florasca medium only; F10: Florasca medium + 10% BRT; F20: Florasca medium + 20% BRT; F30: Florasca medium + 30% BRT; F AP: Florasca medium + Aquaperla

Következtetések

A paradicsom ízét elsősorban a sav-cukor arány határozza meg, ezért fontos ezen alkotórészek vizsgálata. Helyes et al. (2002) szerint az ideális cukor-sav arány étkezési fajták esetében 7-9 körüli. A kezelésekből az általunk mért cukor-sav arány értékek az 1. ábrán láthatóak. Mindegyik kezelés esetében az ideális tartományban mértük ezt az arányt. Tehát a BRT minden esetben kedvezően hatott ezekre a beltartalmi mutatókra. Kiemelkedő eredményt az A20-as kezelés esetében kaptunk, melynél az általános közegbe 20%-os térfogataránnyal kevertük a BRT Evergreen talajkondicionáló készítményt. Általánosságban az Általános közegkeveréken voltak magasabb cukor-sav arányok, amelyből arra következtethetünk, hogy ez a közegkeverék optimális a növény számára BRT-vel keverve.

Helyes (1999) szerint a paradicsom bogyóinak likopin tartalma 6-16 mg/100g között alakul. Lugasi et al. (2003) a friss paradicsom likopin tartalmát 0,85 mg/100g és 6 mg/100g között határozta meg. Likopin mérés a tenyészidőszak alatt három alkalommal történt. Az első két mintavételi időpontban az A20-as kezelés esetében mértük a legalacsonyabb likopin értéket, amelyek Helyes (1999) arányaihoz viszonyítva is jóval alacsonyabb értékek voltak. Lugasi et al. (2003) szerinti tartományt nézve a legalacsonyabb értékek is bőven a minimum felett voltak. A legmagasabb likopin értéket az F10-es kezelésnél, a harmadik mintavétel során mértük, valószínűleg azért, mert a tenyészidőszak végéhez közeledve növekedett a bogyók likopin-tartalma. Ez az érték Helyes (1999) tartománya szerint nagyjából egy középértéket jelent, Lugasi et al. (2003) maximumát viszont jócskán felülmúlja.

A CIE $L^*a^*b^*$ értékek vizsgálata során az a^* értéket vettük figyelembe, ugyanis ez a tartomány mutatja a színérzékelés zöld-piros rátáját. A likopin adja a paradicsom piros színét, tehát az a^* értékekből arra következtethetünk, hogy ahol magasabb ez az érték, magasabb lesz a likopin tartalom is. Esetünkben mindegyik érték a narancsárgás-pirosas tartományba esik, ami egy paradicsom-bogyó tekintetében optimálisnak mondható. A 2. ábrán emellett látható, hogy a likopin és az a^* adatok követik egymást, tehát elmondható, hogy a két érték között szoros összefüggés van.

Összességében elmondható, hogy a kontrollokhoz képest a BRT nem befolyásolta negatívan a beltartalmi mutatókat, bizonyos esetekben még javított is ezeken.

Irodalomjegyzék

1. Brandt S. 2007. A termesztési körülmények és a fajta hatása a paradicsom beltartalmi értékeire, Doktori (PhD) értekezés, Gödöllő, 8-99.
2. Dudás, A. Szalai, Z. M., Vidéki, E., Wass-Matics, H., Kocsis, T., Végvári, Gy., Kotroczó, Zs., Biró, B. (2017): Sporeforming Bacillus bioeffectors for healthier fruit quality of tomato in pots and fields. Appl. Ecol. and Environm. Res. 15(4):1399-1418.
3. Garrett, A., Ammerman, G., Desrosier, N. and Fields, M. 1960. Effect of color on marketing of fresh tomatoes. J. Am. Soc. Hortic. Sci. 76: 555-559.
4. Gould, W. 1974. Color and color measurement. In Tomato Production, Processing and Quality Evaluation; Avi Publishing: Westport, CT, 228-244.
5. Helyes L. 1999. A paradicsom és termesztése. SYCA Szakkönyvszolgálat, Budapest. 235.

6. Helyes L., Brandt S., Pék Z., Barna É., Hóvári J. és Lugasi A. 2002. Az oltás és a szedési időpont hatása a hajtattott paradicsom beltartalmi összetevőire. *Kertgazdaság*, 34(4): 30-35.
7. Hovorkáné H.Zs. 2007. Fűszerpaprika örlemények érzékelt és mért színjellemzői. Doktori értekezés.
8. Juhos K. 2017. Kertészeti termesztő közegek minőségi követelményei, alapanyagai. *Értékálló Aranykorona*. 16(1): 4-6.
9. Lugasi, A., Bíró, L., Hóvári, J., Sági, V.K., Brandt, S. and Barna, É. 2003. Lycopene content of foods and lycopene intake in two groups of the Hungarian population. *Nutrition Research*, 23: 1035-1044.
10. Tillyné M.A., Radó-Takács A.V., Rab Z., Légrádi K., Mosonyi I.D. és Honfi P. 2017. Új fejlesztésű közegek és növénykondicionálók alkalmazása *Tagetes patula* L. „Csemő” palántanevelése során. *Kertgazdaság*, 49(1): 76-84.
11. Tilly-Mándy, A., Radó-Takács, A., Rab, Z. and Honfi, P. 2016. Examination of BRT® greenmoss, BRT® evergreen and fainsoil bioactivator (FBA) in the production of *Tagetes patula* L. 'Csemő'. *Acta Horticulturae et Regiotecturae – Special Issue*. Nitra, Slovaca Universitas Agriculturae Nitriae, 35-39.
12. Szikora A. 2015. A BRT Evergreen és Fain Soil Bioactivator alkalmazási lehetősége *Petunia Potunia* 'Neon' palántanevelése során. Szakdolgozat. Budapesti Corvinus Egyetem.
13. Fruitveb, 2018
14. Internet1: <https://www.kertimag.com/main.php?focsop=Bogy%F3s%20term%E9s%FBek&csop=Paradicsom>
15. Internet2: https://www.kwizda.hu/dcm_aquaperla_kristaly#0.
16. Internet3: https://en.wikipedia.org/wiki/CIELAB_color_space

Effects of medium-additives on the quality and certain inner content parameters of balcony tomato

PAP, Z.¹, NÉMETH, DZS.¹, FEKETE, K.¹, TILLY-MÁNDY, A.², BALÁZS, G.¹

¹Szent Istvan University, Faculty of Horticultural Science,
Department of Vegetable and Mushroom Growing

²Szent Istvan University, Faculty of Horticultural Science,
Department of Floriculture and Dendrology

E-mail: pap.zoltan@kertk.szie.hu

Summary

Additives that positively influence the physical properties (such as water retention) of the growing media have become very important in horticultural production, including vegetable production. It can also be applied in small scale gardening, as it mitigates or eliminates irrigation difficulties in balconies and container cultivation. In our experiment we tested such additives on various media in balcony tomato cultivation. During the evaluation of the treatments, we focused primarily on the advantages and disadvantages of the additives on fruit quality, beside the influence on the physical properties of the medium.

Keywords: tomato, additive, medium, lycopene

Szerzők

Pap Zoltán (kapcsolattartó szerző) – PhD, adjunktus, Szent István Egyetem, Kertészettudományi Kar, Zöldség- és Gombatermesztési Tanszék, 1118 Budapest, Ménesi út 44.

Németh Dzsénifer – PhD hallgató, Szent István Egyetem, Kertészettudományi Kar, Zöldség- és Gombatermesztési Tanszék, 1118 Budapest, Ménesi út 44.

Fekete Katalin – PhD hallgató, Szent István Egyetem, Kertészettudományi Kar, Zöldség- és Gombatermesztési Tanszék, 1118 Budapest, Ménesi út 44.

Tillyné Mándy Andrea – CSc. docens, Szent István Egyetem, Kertészettudományi Kar, Dísznövénytermesztési és Dendrológiai Tanszék, 1118 Budapest, Villány út 29-43.

Balázs Gábor – PhD, adjunktus, Szent István Egyetem, Kertészettudományi Kar, Zöldség- és Gombatermesztési Tanszék, 1118 Budapest, Ménesi út 44.

Dohánytripsz körkép a zöldségfélék nemesítésének szemszögéből

RÓTH FRUZZSINA, GALLI ZSOLT

Syngenta Kft.

E-mail: fruzsi_roth@yahoo.com

Összefoglalás

A klímaváltozás-, valamint a szigorú növényvédelmi szabályozások következtében egyre fokozódó kihívásokkal kell szembenéznük a zöldségtermesztőknek is. Az integrált védekezés fontos eleme a rezisztens fajták termesztése. A kártevők elleni növényi rezisztencia mechanizmusairól még viszonylag keveset tudunk, de a kiemelt területeken a kutatás és a rezisztencianemesítés már megkezdődött és jelentős eredményeket mutatott fel. A modern molekuláris technikák és a bővülő genetikai ismeretek egyre nagyobb mértékben segítik a nemesítők munkáját. Számos termesztett zöldségfajon okozott jelentős károkat az utóbbi évtizedekben a világszerte elterjedt polifág kártevő, a dohánytripsz (*Thrips tabaci* Lindeman, Thysanoptera: Thripidae). A jelentősen károsított növényfajok – mint a hagymafélék, hüvelyesek, paprika vagy a fejes káposzta – dohánytripsz rezisztenciájával foglalkozó nemzetközi publikációk áttekintésével átfogó képet alkothatunk a jelenlegi ismereteinkről és a rezisztencianemesítés módszereiről. Bizonyos szintű rezisztencia elérhető indirekt módon a rezisztenciával összefüggést mutató növényi tulajdonságok (levelek viaszrétegének vastagsága és fényvisszaverése, egyes növényi vegyületek, stb.) alapján végzett célzott szelekcióval. A nemesítés másik, ígéretes eszköze a rezisztencia genetikai hátterének megismerése. Több növényfaj esetében is rendelkezésünkre állnak már a genetikai térképezés eredményei. A dohánytripszszel szembeni rezisztencia szinte minden esetben komplex öröklődésű, poligén szabályozás alatt álló tulajdonság, ezért a molekuláris markerek használata a hatékony és gyors rezisztencianemesítés elengedhetetlen eszköze.

Kulcsszavak: dohánytripsz, *Thrips tabaci*, rezisztencianemesítés, zöldségnevelés, növényi rezisztencia

Bevezetés

A változó klimatikus viszonyok következtében fokozódó növényvédelmi kihívások és az egyre szigorúbb szabályozás nehezítik a növénytermesztők folyamatos harcát a károsítók ellen. Éppen ezért a növénynevelők is kiemelt feladatként tekintenek a magasfokú rezisztenciával rendelkező

új fajták előállítására. Általánosságban elmondható, hogy a kórokozókkal szembeni rezisztencianemesítés története messzebbre nyúlik vissza, több információval és eredménnyel rendelkezünk ezen a téren. Ezzel szemben a kártevők elleni rezisztencianemesítés még gyerekcipőben jár, sok esetben még a rezisztencia pontos mechanizmusát sem ismerjük. Ennek egyik lehetséges magyarázata, hogy a kártevők elleni rezisztencia sokszor bonyolultabb genetikai szabályozás alatt áll, annak kialakításában számos faktor játszik szerepet. A sikeres nemesítési munka egyik módja lehet a rezisztenciával összefüggést mutató növényi tulajdonságok meghatározása, és az azokra történő célzott szelekció segítségével egy bizonyos szintű rezisztencia elérése. A modern molekuláris technikák elterjedése nagy segítséget jelent a kutatások során. A molekuláris markerek használata a nemesítési gyakorlatban pedig olyan kártevők esetében is hatékony eszközt biztosíthat, amelyekkel szembeni rezisztencia azelőtt nem, vagy csak nagyon nehezen volt nyomon követhető.

A rezisztencia kutatások fókuszában általában nagyobb gazdasági jelentőségű kártevők állnak, mint például a dohánytripsz (*Thrips tabaci* Lindeman), mely egy rendkívül széles tápnövénykörrel rendelkező, mára világszerte elterjedt polifág kártevő. Számos gazdaságilag jelentős növényfajon okoz nagy mértékű károkat, a kémiai védekezési lehetőségek pedig korlátozottak ellene. Az inszekticidés védekezés hatékonysága sok esetben nem kielégítő, valamint a fejlődő országokban a szaktudás hiánya és a gazdák pénzügyi helyzete miatt nem megoldott. A kutatók több érintett zöldségfaj esetében megkezdtek a vizsgálatokat, hogy a védekezés alternatív módját megtalálják, és meghatározzák azon nemesítési irányvonalakat, melyek segítségével tripsz rezisztens fajta állítható elő. Egyes növényfajokban már sikerült rezisztenciaforrásokat azonosítani és azokat nemesítésbe vonni. Az elérhető publikációk áttekintésével átfogó képet kívánunk nyújtani a kutatási módszerekről, a rezisztencia mechanizmusok működéséről és az eredmények felhasználásának lehetőségeiről.

Az alapkutatások jelentősége és eredményei a kártevők elleni rezisztencianemesítésben

A kártevő rovarok jelentős veszteséget okoznak a termés mennyiségében és minőségében is, a védekezési lehetőségek feltárása a kertészettudomány egyik kiemelt kutatási területe. A sikeres rezisztencianemesítés első lépései a rezisztenciaforrások azonosítása, majd a növény és kártevő közötti kölcsönhatások megismerése, a rezisztencia mechanizmusok minél alaposabb meghatározása, valamint a kívánt tulajdonság kialakulását befolyásoló gén(ek) azonosítása (Kliebenstein 2018). A nemzetközi szakirodalom a kártevők elleni rezisztencia három típusát különbözteti meg. Antibiózisz esetén a növény legalább egy olyan tulajdonsággal rendelkezik, amely károsan hat a kártevő valamely biológiai funkciójára, míg antixenóziszról akkor beszélünk, ha a növény valamely tulajdonsága a kártevő viselkedésére van hatással, többnyire elkerülésre készíti azt. A növények természetes védekezési stratégiáinak harmadik típusa a tolerancia, vagyis a növény azon képessége, hogy a kártevő jelenlétében és a károsítás ellenére is olyan erős fejlődési és regenerációs képességekkel rendelkezik, mely elfogadható termésmennyiség előállítását teszi lehetővé (Kogan és Ortman 1978; Flinn et al. 2001; Qiu et al. 2011). A növényi rezisztencia kutatások jellemzően az antibiózisz és antixenózisz szerepét vizsgálják, azonban fontos megjegyezni, hogy a kártevőkre gyakorolt repellens hatás nehezen számszerűsíthető, hatékonysága pedig változó lehet termőföldi körülmények között (Deletre et al. 2016). A toleranciával ellentétben, az antibiózisz és antixenózisz valamilyen formában a kártevőre van hatással, arra szelekciós nyomást gyakorol, így fennállhat a veszélye,

hogy a kártevőben is kialakulhat az adott hatás elleni rezisztencia. Emiatt tűnhet kitűnő megoldásnak a tolerancia alkalmazása az integrált növényvédelmi rendszerekben, mechanizmusa azonban nehezebben meghatározható és tanulmányozható, genetikai háttere egyelőre kevésbé ismert. Feltételezhetően több lókuszt és azok interakcióit határozzák meg, ahogyan ez a többi rezisztencia típusra is jellemző (Peterson et al. 2017). Önmagában a vírusvektor fajok esetében sem jelenthet a tolerancia minden kockázatra kiterjedő védelmet, az indukált intenzív növekedés pedig az érettséget késleltetheti, mellyel a termés mennyiségét és minőségét is negatívan befolyásolhatja. A kártevők elleni rezisztencianemesítés akkor lehet a leghatékonyabb, ha több növényi védekezési mechanizmust is magában foglal (Mitchell et al. 2016).

A nemesítők a modern molekuláris biológia és a rekombináns DNS technológiák segítségével már nagyszámú rezisztens növényfajtát állítottak elő (Lombardo et al. 2016), azonban még a kezdetekben rendkívül ígéretes rekombináns DNS technológiák eredményeként előállított fajták sem jelentenek végleges megoldást. Ahogyan az intenzív növényvédelmi kezelések is inszekticid rezisztencia kialakulásához vezethetnek, a vizsgált 13 jelentősebb kukorica és gyapot kártevő fajban is bizonyították már a Bt (*Bacillus thuringiensis*) toxinokkal szembeni ellenállóságot 1996 és 2011 között (Tabashnik et al. 2013). Ezen felfedezések is jól példázzák a kutatók és nemesítők folyamatos versenyfutását a kártevők alkalmazkodóképességével szemben.

Vizsgálati és kutatási módszerek a dohánytripsz elleni rezisztencianemesítésben

Fajtaösszehasonlító kísérletekhez és a rezisztencia mechanizmusának vizsgálatához is a kártevő jelenlétének és a kártétel mértékének számszerűsítése szükséges. A vizsgálatok során gyakran használnak területre kihelyezett vizes vagy ragacsos színcsapdákat, melyek jó eszközei a rajzásdinamikai megfigyeléseknek, de a megfelelő szín megválasztása kritikus fontosságú. A *T. tabaci* színpreferenciáját vizsgáló kísérletek eredményeinek összevetésekor sokszor eltérő információkkal találkozhatunk (Jenser és Szénási 2004). Ennek oka részben talán az anyaghasználatban keresendő, de azt is tudjuk, hogy egyes *Thysanoptera* fajok adott színre különböző válaszreakciót is mutathatnak eltérő gazdanövény esetén (Kirk 1984). A *T. tabaci* fajkomplexet alkotó összesen három - póréhagyma specialista L1 (arrhenotok) és L2 (telitok), valamint dohány specialista T (arrhenotok) - változattól már kettő (L1 és L2) esetben végeztek elektrofiziológiai méréseket a rovar fotoreceptor rendszerének meghatározására. Ezen eredmények, valamint a két változat különböző hullámhosszúságú fényre adott választását vizsgálva az UV-A és a zöld tartományokba eső fényérzékelési maximumok viselkedését befolyásoló hatását állapították meg, azonban az említett tartományok az L1 és L2 változatok válaszreakcióját eltérő mértékben befolyásolták (Makabe et al. 2014; Egri et al. 2020). A csapdák alkalmazása mellett kedvelt kísérleti módszer a növény egységnyi területén megtalálható kártevők számlálása (Khattak et al. 2004), azok leáztatásával és szűrésével (Doederlein és Sites 1993), vagy a növényi részek Berlese futtatóba való helyezésével (Röth et al. 2016). A feltételezett antibiózist többnyire nem-választásos tesztek beállítása során igyekeznek a kutatók megismerni, ezzel szemben a fajták antixenotikus hatásának összehasonlításánál a választásos kísérlet az általánosan alkalmazott eljárás. Utóbbinál nem szabad elfelejtenünk, hogy az így tapasztalt rezisztencia szántóföldi körülmények között, amikor nagy területen csupán egyetlen fajta elérhető a kártevő számára, talán nem bizonyul majd megbízhatónak (Diaz-Montano et al. 2011).

A rovarkártévkök elleni rezisztencia genetikai hátterének megismerését nagyban nehezíti, hogy az a legtöbb esetben poligénes, kvantitatív szabályozás alatt áll. Öröklődésük emiatt általában nehezen vizsgálható. A kísérletek értékelését nem csak a két élő szervezet (növény és rovar) közti interakció nehezíti, hanem a genotípus és környezet kölcsönhatása is jelentősen befolyásolhatja az eredményeket (Kliebenstein 2018). A termesztett növényfajok vad rokonai legtöbbször értékes forrásai a rezisztencianemesítésnek. Az új generációs markerezési és szekvenálási technológiák (NGS- next generation sequencing) precíz fenotipizálási eljárásokkal kombinálva gyors és hatékony eszközök az agronómiailag fontos tulajdonságok genetikai hátterének feltérképezésében (Tamiru et al. 2015). A genotipizálás mellett a sikeres térképezési folyamat másik kulcsa a nagy pontosságú adatok gyűjtése a fenotipizálás során. A szoftveres fotó-analízis olyan, egyre szélesebb körben alkalmazott nem-destruktív eljárás, mellyel akár egyszerre több tulajdonság is vizsgálható. Jól átgondolt használatával a szubjektív vizuális értékelésnél sokkal precízebb adatok – és ezzel pontosabb térképezési eredmények – nyerhetők. A felvételezett tulajdonság megválasztása fontos, hiszen például a kártétel, termésátlag vagy klorofill tartalom vizsgálata jó mérőszámot adhat a különböző rezisztencia típusok együttes hatékonyságáról. Az említett tulajdonságok kialakulásában ugyanakkor több tényező is szerepet játszik, így nem meglepő módon rendszerint alacsony az öröklődési rátájuk. Genetikai térképezés céljára speciális tulajdonságok vagy komponensek vizsgálata a legmegfelelőbb (Goggin et al. 2015). Egy tulajdonság genetikai hátterének megismeréséhez első lépésben az adott tulajdonságra variabilitást mutató térképezési populáció létrehozása, majd annak fenotipizálása és genotipizálása szükséges, mely adatok összevetésével elvégezhető a QTL (Quantitative trait locus) analízis. A fenotipizálás a populáció egyedeinek genetikai háttere és a környezeti hatások által közösen kialakított morfológiai és biokémiai tulajdonságok felvételezését jelenti, míg a genotipizálás során molekuláris markerek segítségével azonosítjuk a térképezési populáció egyedei közötti genetikai különbségeket a variabilitást mutató kromoszóma régiókban. Az új generációs molekuláris markerek a sikeres térképezést követően is lényeges szerepet játszanak a rezisztencianemesítésben, hiszen nélkülük az azonosított gének és QTL-ek nyomon követése, illetve beépítése az elit vonalakba és új fajtákba a tradicionális nemesítés keretein belül lassú és nehéz folyamat (Tamiru et al. 2015). A fent említett módszerek, a következőkben részletezett néhány termesztett növényfaj/család esetében is a kutatások és a nemesítői munka alapjai, ahol a dohánytripsz elleni rezisztencia kialakítása kiemelt szerepet kap.

Dohánytripsz rezisztencia kutatások aktuális eredményeinek áttekintése néhány gazdaságilag jelentős növényfaj, illetve növény család esetében

Hagyma

A hagyma (*Allium cepa*) volt az egyik első növényfaj, amelyen a dohánytripsz gazdaságilag jelentős veszteségeket okozott mind kártételével, mind az IYSV (*Iris yellow spot virus*) vektor szervezeteként (Pozzer et al. 1999). Az erős antixenotikus tulajdonságokkal rendelkező tripsz rezisztens fajták termesztése ezért ígéretes a vírusfertőzés valószínűségének a csökkentésére is (Diaz-Montano et al. 2010). A dohánytripsz kártétele a hagyma levelein szembetűnő, szívogatása nyomán a leveleken ezüstös, elfehéredő foltok jelennek meg. A fotoszintetikus aktivitás nagy mértékű csökkenése akár 50%-os termésvesztéséget is okozhat (Fournier et al. 1995). A rezisztencianemesítés eredményeképpen

előállított új fajták integrált növényvédelmi rendszerbe építése kiemelt fontosságú, főként a magas szintű növényi rezisztencia hiányában, és a dohánytripsz kémiai hatóanyagokkal szembeni rezisztenciája miatt is (Tripathy et al. 2014; Haider et al. 2014).

A hagyma dohánytripsz rezisztenciájának komplex öröklődését alátámasztó kutatások eredményei szerint a becsült szűkebb és tágabb értelemben vett örökölhetőségi értékszám alacsony, a számítási módszertől függően mindössze 5,3% és 4,0%, illetve 4,1% és 8,0% közötti értéket ér el (Hamilton et al. 1999). A rezisztencia öröklődési adatok elemzése nem mutatott egyezőséget az additív-domináns modellel, és episztázis jelenlétét feltételezi, melynek alapján a rezisztencianemesítés hatékonyságának növelése érdekében a család teljesítménye alapján való szelekciót kellene előtérbe helyezni az egyedszelekcióval szemben (Hamilton et al. 1999).

A növényi rezisztencia források szerencsére megtalálhatóak hagymában, számos publikáció elérhető az egyes fajták dohánytripszrel szembeni ellenállóságának különböző módszerekkel való összehasonlításáról (Alimousavi et al. 2007; Diaz-Montano et al. 2010; Bocak 1995). A fajták között mutatkozó különbségek okainak feltárása már összetettebb feladatnak mutatkozik, a kísérletek körülményeitől függően az eredmények akár ellentmondásosnak is tűnhetnek. Már egy 1979-es, 4 hagyma fajtát vizsgáló tanulmányban megállapították, hogy a kártétel kialakulásában legnagyobb szerepet a lárvák játsszák, és az adott fajta fogékonyságának jellemzésére a legjobb eszköz a növényen lévő lárvák megszámlálása (Coudriet et al. 1979). A lárvák mennyiségét pedig nagyban meghatározza a nőstények tojásrakása, melynek eltéréseit vizsgáló nem-választásos tesztek során azonban az antibiotikus és antixenotikus hatások nehezen különíthetők el, hiszen akár a kezdeti antixenotikus hatás miatt csökkent táplálkozás is befolyásolhatja negatívan az egyedek tojásrakási képességét. Amennyiben a vizsgálat során a fogékony és rezisztens fajta a lerakott tojások számában nem, a lárvák számát tekintve azonban szignifikáns különbséget mutat, az eltérő lárvamortalitásra és antibiotikus rezisztenciára utal (Diaz-Montano et al. 2012).

A rezisztencia kutatások egyik fő irányvonala a növény azon morfológiai tulajdonságainak azonosítása, amelyek bizonyos mértékben befolyásolhatják, hogy az adott fenotípusú növény milyen feltételeket biztosít a kártevő táplálkozásához, szaporodásához és fejlődéséhez. Sikerült például kimutatni összefüggéseket a növény levélalakja és levélállása (Hudák és Pénzes 2004), illetve a dohánytripsz populáció nagysága között. Úgy tűnik azonban, hogy ezeken túl más tulajdonságok is befolyásolják a rezisztencia kialakulását.

Választásos tesztekkel jól vizsgálhatók a levelek fényvisszaverése és a rezisztencia közötti összefüggések, melyek erős antixenotikus hatást feltételeznek. A gazdanövény kiválasztásában a vizuális ingerek mellett az imágókat befolyásolhatják például a növényi illatanyagok is. Utóbbi tulajdonságra célzottan beállított választásos teszt során ugyan nem sikerült szignifikáns eltérést kimutatni (Diaz-Montano et al. 2012), ugyanakkor a növényekben található nagyszámú vegyület dohánytripsz viselkedésére gyakorolt hatása sem zárható ki teljesen. Ezzel szemben a levelek színének kulcsszerepét spektrofotométeres mérésekkel is sikerült már bizonyítani: a rezisztens fajtákra a sárgás-zöldes levélszín, a fogékonyabb fajtákra pedig kékes-zöld árnyalat jellemző. Érdekes, hogy ugyan a dohánytripsz a magas UV reflexióval rendelkező felületeket inkább elkerüli (Kirk 1984), hagymán végzett kísérletekben erősen fogékony fajták esetében azonban pozitív korreláció mutatkozott a dohánytripsz által okozott kár mértéke és a levelek UV reflexiója között (Diaz-Montano et al. 2012). Ez a viselkedés feltételezhetően összefüggésben áll a növény leveleit borító

viaszréteg vastagságával is. Régóta megfigyelték már, hogy a fényes levelű, csökkent mértékű viaszbevonattal rendelkező fajták nagyobb fokú rezisztenciát mutatnak a matt levélfelületű, fogékony fajtákkal szemben (Alimousavi et al. 2007). Ilyen jellegű összefüggéseket azonosítottak más növényfajok és kártevők esetében is (Eigenbrode et al. 1991; Lowe et al. 1985; Weibel és Starks 1986; Stoner 1990). Ennek magyarázata talán abban rejlik, hogy a viaszréteg bizonyos kémiai alkotóelemei segíthetik a rovar a gazdanövény megtalálásában és azonosításában (Eigenbrode és Espelie 1995). Habár ez jó iránynak tűnhet a nemesítők munkájának támogatásához, ugyanakkor a teljesen viaszmentes fenotípus természetese nem jelenthet gyakorlati megoldást, hiszen az extrém módon ki van téve az időjárási körülményeknek, illetve a kórokozók vagy a növényvédő szerek által okozott károknak. A megoldást a mérsékelt mennyiségű viaszréteggel rendelkező fajták nemesítése jelentheti, mivel azonban az alacsonyabb viaszmenyiség recesszívén öröklődik, annak nyomon követésére molekuláris markerekre van szükség. A különböző típusú és mennyiségű viaszréteg természetes variabilitása szerencsére a termesztett hagyma esetében is megtalálható. Sikertült már néhány olyan QTL-t azonosítani a hagyma 2-es és 5-ös kromoszómáján, amelyek összefüggésben állnak néhány elsődleges viaszréteget alkotó vegyület bioszintézisével és koncentrációjával (Damon és Havey 2014). Ezek a régiók hasznos kiindulópontjai lehetnek majd egy olyan markerekre alapozott rendszer kidolgozásához, amely a viaszréteg típusának és mennyiségének befolyásolásával igyekszik az új fajtákban a dohánytripsz rezisztenciát biztosítani.

Pillangósvirágúak

A homoki bab (*Vigna unguiculata*) számos más magyar néven ismert, többek között mint tehénborsó, csicseribab, vagy piribab. Termesztése nagy gazdasági jelentőséggel bír főleg a szub-szaharai Afrika termelői számára, ahol nem mindig állnak rendelkezésre a növényvédő szerek szakszerű alkalmazásához szükséges anyagi források, illetve a vegyszeres növényvédelem a tripszekben kialakuló inszekticid rezisztencia miatt sem igazán hatékony. A homoki bab egyike azon kevés termesztett növényfajnak, ahol nemcsak a dohánytripsz elleni rezisztenciát meghatározó biokémiai és morfológiai tulajdonságokat igyekeznek a kutatók meghatározni, hanem a tripsz rezisztencia molekuláris hátterének feltárása is megkezdődött már. Az előzmények közül érdemes megemlíteni a *Fabaceae* családban elsőként, a közeli rokon növényfaj, a veteménybab (*Phaseolus vulgaris*) és a pálmatripsz (*Thrips palmi* Karny, Thysanoptera: Thripidae) által okozott kártétellel végzett genetikai térképezés eredményeit (Frei et al. 2005), valamint a homoki bab *Megalurothrips sjostedti* Trybom (Thysanoptera: Thripidae) tripszfaj elleni rezisztenciájának térképezési eredményeiről megjelent publikációt is (Omo-Ikerodah et al. 2008). A rezisztencia mindkét esetben több gén által meghatározott tulajdonságnak bizonyult, melyek között nagyhatású QTL-t is sikerült azonosítani.

A 2010-ben megjelent *T. tabaci* és *Frankliniella schultzei* Trybom (Thysanoptera: Thripidae) kártétele alapján végzett QTL analízis eredményeit bemutató publikáció volt az első lépés a homoki bab dohánytripsz rezisztenciával kapcsolatos genetikai információk gyűjtésében, melynek hosszútávú célja a nemesítés segítésére (MAS - marker assisted selection keretein belül) megbízhatóan alkalmazható molekuláris markerek fejlesztése. Ezen kutatásban a rekombináns beltenyészett térképezési populáció segítségével összesen három (Thr-1, Thr-2, és Thr-3) QTL-t sikerült azonosítani, a növény 11 kromoszómája közül az 5-ös és 7-es kapcsoltsági csoportokon. Molekuláris markerek tervezéséhez ezek közül megfelelő jelöltként tekinthető a legnagyobb hatású Thr-2 QTL, mellyel

a legnagyobb százalékban magyarázható az adott populációban előforduló fenotípusos variabilitás, valamint a hatás mértéke szerint következő Thr-1 QTL (Muchero et al. 2010). Lucas és munkatársai (2012) a korábbi térképezés fenotípusos adatainak és további újonnan létrehozott populációkból gyűjtött adatok felhasználásával és összevetésével, a tripsz rezisztenciát SNP (single nucleotide polymorphism) markerekkel társították. Az első térképezés eredményéhez hasonlóan összesen három QTL-t azonosítottak, melyből kettő (Thr-1 és Thr-2) nagyhatású, egy (Thr-3) pedig kis hatású QTL-nek bizonyult. A korábbiaktól eltérően, ezek a 2-es, 4-es és 10-es kapcsoltsági csoportokra térképeződtek, a fenotípusos variabilitás 32, 22 és 9%-át magyarázva az összevont elemzés során. A három QTL-ből az egyiket (Thr-1) mindkét, míg a másik kettőt (Thr-2 és Thr-3) csak az egyik, illetve a másik populáció adataiból sikerült azonosítani. Lehetséges, hogy a különböző populációkban Thr-2 és Thr-3 néven azonosított QTL-ek valójában egymástól eltérő régiók (Lucas et al. 2012). Nem lehet általános következtetéseket levonni egy-egy növényfaj bizonyos tulajdonságáról csupán szűk genetikai bázis vizsgálata alapján - mint jelen esetben is -, ahol az elemzéshez használt két térképezési populáció egy-egy szülővonalának származása nagyon hasonló. Ezért átfogó, különböző genotípusokon is biztonságosan alkalmazható molekuláris markerek fejlesztéséhez itt is további, lehetőleg minél szélesebb körből kiválasztott vonalak és fajták vizsgálatba vonása lenne szükséges.

Paprika

A paprika (*Capsicum annuum*) kártevői közül a legnagyobb károkat a dohányliszteske (*Bemisia tabaci*) és néhány tripszfaj okozza. A tripszfajok paprikán történő károsítása azért is kiemelkedően fontos, mert a paradicsom foltos hervadás vírusának (*Tomato spotted wilt virus* -TSWV) potenciális vektorai. Különböző kísérleti módszerek esetében is igazolták, hogy nagyobb fokú rovarrezisztenciával rendelkező növényállományokban a vírus jelentősen lassabban terjed. Ugyan a tripsz rezisztencia nem biztosít feltétlen védelmet a vírussal szemben is, azonban a nemesítőknek érdemes kiemelt figyelmet fordítani rá. A rezisztens növényeken ugyanis összességében kevesebb időt töltenek a tripszek, így a vírus átadásának a lehetősége is csökken, ezenfelül a csökkent tojásrakás és megemelkedett lárva-mortalitás is lényeges a vírus terjedésének megelőzésében (Maris et al. 2003a; Maris et al. 2003b; Maris et al. 2004).

A többi érintett növényfajhoz hasonlóan a kutatók igyekeznek megtalálni a tripsz rezisztenciával összefüggésbe hozható növényi tulajdonságokat a paprika esetében is. A morfológiai tulajdonságok közül a szőrözöttség genetikai hátterét és feltételezett szerepét vizsgálva azonosítottak ugyan egy QTL-t a paprika 10-es kromoszómáján, de végül nem sikerült bizonyítani az összefüggést a tripsz rezisztencia mértékével (Maharijaya et al. 2015). A növényi metabolitok a rezisztencia kialakulásához leginkább a rovar fejlődésére és reprodukciójára kifejtett hatásukkal járulnak hozzá, akár teljes mértékben blokkolva az L_1 -es és L_2 -es stádiumú lárvák fejlődését (Maharijaya et al. 2012). Amennyiben a kutatóknak sikerül majd pontosan azonosítani a folyamatban részt vevő vegyületeket, azok tripsz rezisztenciával való összefüggésének feltárása és nyomon követése a későbbiekben hasznos eszköz lehet a nemesítés számára.

A jelentősebb paprika kártevő tripszfajok között szerepel a dohánytripsz és a nyugati virágotripsz is (*Frankliniella occidentalis* [Pergande], Thysanoptera: Thripidae), e két faj bevonásával készült vizsgálatok során azonosítottak néhány olyan régiót a paprika genomjában, mely a tripsz rezisztenciával

is összefüggésben állhat. Egy 2008-ban indított szabadalmi kérelem a paprika 5-ös kromoszómáján jelöl meg egy olyan régiót, amelyet tartalmazó genotípust rovar-rezisztensként ír le (Linders et al. 2015). Ugyancsak 2015-ben publikálták egy másik genetikai térképezés eredményét is, a paprika nyugati virágr tripsz elleni rezisztenciájáról. A toleranciával szemben az antibiózis fokozott szerepére, és az additív hatások jelentőségére hívja fel a tanulmány a figyelmet. Érdekes, hogy ugyan a két kísérletben használt térképezési populációk rezisztens szülővonalja ugyanaz a genotípus volt, de az eredmények nem mutatnak átfedést. Az utóbbi esetében a 6-os kromoszómára térképeződött az a régió, amely egyébként a genetikai variabilitás akár 50%-át magyarázta. Ez az eltérés következhet az eltérő kísérleti módszerekből, de akár azt is jelezheti, hogy a rezisztencia kialakításában két fő faktor is szerepet játszik, de mindkét populáció csak az egyikre szegregálódik. Vagyis az 5-ös kromoszómán a rezisztens allélt tartalmazó populáció csak a 6-os kromoszómán lokalizált rezisztens allél jelenlétében eredményez rezisztens fenotípust, vagy fordítva (Maharajaya et al. 2015). Mára már sok más, elsősorban kórokozók elleni rezisztenciához kapcsolt molekuláris marker segíti a paprikanemesítők munkáját. Ezekhez hasonlóan a dohánytripsz rezisztenciát akár már palántakorban kimutató potenciális markerek nagy mértékben csökkenthetik az idő- és munkaráfordítást, ezzel növelve a nemesítés hatékonyságát. A következő lépés a már azonosított QTL-ek hatásának igazolása, és a nagyhatású régiók finomtérképezése a szorosan kapcsolt molekuláris markerek tervezéséhez.

Káposzta

Az utóbbi évtizedekben a fejes káposztán (*Brassica oleracea* var. *capitata*) megjelenő, gyakran nagyméretű *T. tabaci* populációk már jelentős károkat okoznak a termelésben (Fox és Delbridge 1977; Shelton et al. 1983; Kahrer 1992; Péntes et al. 1996; Shelton et al. 1998). A legtöbb gazdanövénytől eltérően, a fejes káposztán a dohánytripsz kártételét a táplálkozása nyomán a leveleken megjelenő elparásodó foltok jelentik, mely súlyos esetben teljesen ellehetetleníti a termék értékesítését. Több éven át tartó, nagyszámú fajta és hatóanyag bevonásával végzett kísérletek erősítették meg, hogy az ellenálló káposztafajták termesztése az inszekticideknél hatékonyabb védekezési módszer, akár a növényvédő szeres kezelések teljes elhagyásával is (Shelton et al. 1998). A betelepülő egyedek és további generációk táplálkozásához és szaporodásához ideális, védett éleletteret biztosít a záródó fej (Fail et al. 2013). Ugyan a káposzta fejesezési fázisának a dohánytripsz rajzási időszakán kívüli időzítésével eredményesen csökkenthető a kártétel (Voorrips et al. 2008), ez azonban a különböző hasznosítású fajták eltérő igényei és vegetációs időszakuk hossza miatt, a legtöbb esetben sajnos nem megoldható.

Már elérhetőek olyan káposztafajták, melyek nagyfokú rezisztenciát mutatnak a dohánytripszszel szemben, azonban a rezisztencia pontos mechanizmusát és genetikai hátterét a mai napig nem ismerjük. A nemesítőnek jelenleg a munka- és időigényes módszer, a levelek egyesével történő lefejtése és ellenőrzése adhat csak információt az adott genotípus fogékonyságáról. A szelekciós munka optimalizálásához az egyik lehetőség itt is a rezisztenciát erősen befolyásoló növényi tulajdonságok meghatározása, mely témában már számos publikáció született.

Már az 1980-es években megindult a kutatás a növényi rezisztencia források és a rezisztencia mechanizmusának azonosítására a fejes káposzta esetében. New York államban 1988-ban összesen 24 frisspiaci fajta összehasonlító elemzését elvégezve arra a megállapításra jutottak, hogy az antixenózis nem lehet az egyetlen faktor, az antibiózis vagy a tolerancia is szerepet játszhat a rezisztencia

kialakításában (Shelton et al. 1988), melyet későbbi kutatások is alátámasztanak (Fail et al. 2013). Szintén kísérlettel igazolták, hogy a magasabb rezisztencia szinttel rendelkező és a fogékonyabb fajták közti különbség nem a szívogatásra adott növényi válaszreakció, vagyis a kalluszképződési intenzitás eltéréseinek, sokkal inkább a kártevő eltérő egyedszámának eredménye (Stoner és Shelton 1988a). Szintén meglehetősen korán, már az 1989-es évben végeztek vizsgálatokat a dohánytripsz rezisztencia öröklődésének jellegéről. Nagyfokú rezisztenciát vagy fogékonyságot mutató vonalak különböző kombinációiból származó populációkat vizsgálva arra a következtetésre jutottak, hogy a tripszszel szembeni fogékonyság domináns jelleg a rezisztenciával szemben. Több esetben a szülővonalak keresztezéséből származó F1 növények fogékonysága felülmúlta a fogékony szülőét. A rezisztenciát meghatározó gének és az azok működése közötti kölcsönhatások alaposabb megismeréséig célravezetőbb nemesítési módszerként ajánlották a szülővonalak saját teljesítményére alapozott szelekció helyett a beltenyésztett vonalak teljesítményének megítélését, azok hibrid kombinációinak rezisztenciája alapján (Stoner et al. 1989).

A dohánytripsz káposztafajták közötti preferenciája tekintetében az antixenózis fontosságát, különösen a vizuális ingerek jelentőségét mutatják azon kísérlet eredményei, ahol választási lehetőséget biztosítottak mind szabadföldi, mind laboratóriumi körülmények között. Az előbbi esetben egyértelmű eltérés mutatkozott a fogékony és rezisztensként ismert fajták között, míg laboratóriumban, ahol csupán levélkorongok között választhattak a tripszek, nem mutatkozott kifejezett preferencia (Stoner és Shelton 1988b). A vizuális ingerek fontosságát tovább hangsúlyozzák azon eredmények, ahol a fejet alkotó káposztalevelek fényvisszaverésének mért értékei és a fejben megtalált imágók száma között összefüggés van (Fail et al. 2008). A fejedési fázisban a fejet alkotó levelek intenzív fényvisszaverése UV tartományban kevéssé attraktív a tripszek számára, mely hatás még erősebb abban az esetben, ha a fejet alkotó és a fejet körülvevő külső idősebb levelek reflexiója nagy kontrasztot mutat (Bálint et al. 2013a). Nagyszámú publikáció hasonlítja össze különböző színcsapdák dohánytripsz fogási arányát, de a következtetések csak a csapdák fényvisszaverési paramétereinek műszeres mérésével lehetnek relevánsak. A csapdák fogási adatai, valamint spektrofotométeres mérési eredményei arra utalnak, hogy a dohánytripsz legalább kétféle fotoreceptor rendszerrel rendelkezik, a zöldes-sárga (540-570 nm) és az UV-A tartományokban (350-360 nm), melyek nagy szerepet játszanak a gazdanövény választás során (Róth et al. 2016). Elektrofiziológiai mérések segítségével már sikerült még pontosabban meghatározni a dohánytripsz fényérzékelési maximumait, melyeket az L1 változat esetében 362 és 532 nm (Makabe et al. 2014), míg az L2 változat esetében 368 és 521 nm hullámhosszúakon azonosítottak (Egri et al. 2020).

A számos egyéb morfológiai tulajdonság vizsgálatakor a feltételezésekkel ellentétben nem minden esetben sikerült összefüggést kimutatni a fajták tripsz rezisztenciájával. A fejet alkotó levelek epidermisz vastagsága például nem bizonyult befolyásoló tényezőnek (Bálint et al. 2013b), azonban a dohánytripsz kártétele és a káposzta leveleinek viaszbevonata között negatív korrelációt állapítottak meg (Trdan et al. 2008). A kutatási eredmények értékelését nehezítik a különböző évek és helyszínek között tapasztalható időbeli és a kártétel mértékének alakulását érintő eltérések. Ezzel együtt is elmondható, hogy a tripsz kártétellel ugyan szignifikáns összefüggéseket mutat pl. a fej kitöltöttsége vagy a levél vastagsága, azonban nincs olyan morfológiai tulajdonság, mely önmagában biztosíthatná a nagyfokú rezisztencia elérését, ez pedig a nemesítők munkáját nagyban nehezítő oligo- vagy poligénes öröklődést támasztja alá (Voorrips et al. 2008).

Ahogy más növényfajok és kártevők esetében is, feltételezhetően egyes növényi vegyületek szerepet játszanak a fejes káposzta tripsz rezisztens fenotípusainak kialakulásában. A vízben oldódó szénhidrátok vizsgálata során a növény fruktóz és glükóz tartalma több kísérletben is szignifikánsan negatív, míg egyes esetekben a káposztalevelek szacharóz tartalma pozitív korrelációban állt a tripszek kártételének mértékével (Žnidarčič et al. 2007; Trdan et al. 2008). A *Brassicaceae* családban megtalálható glükozinolatokat a kártevők elleni védekezési rendszer részeként ismerjük. A növény glükozinolat tartalma és általános állapota, illetve a kártevői által okozott károk között összefüggések mutatkoznak. Ezen vegyületek nagyfokú variabilitást mutatnak a lúdfű (*Arabidopsis thaliana*) esetében is, ugyanakkor hatásuk nem tekinthető általánosnak minden kártevőre nézve (Bidart-Bouzat és Kliebenstein 2008). Míg az adott növényfajra specializálódott kártevők esetében inkább táplálkozást stimuláló, addig a generalista fajok esetében gátló hatással bírnak (Bones és Rossiter 1996). Ebből kifolyólag a célzottan történő szelekcióval talán egy bizonyos kártevő által okozott kár csökkenthető, de elképzelhető, hogy ezáltal más fajok számára vonzóbbá válik az adott genotípus.

A fejes káposzta esetében is megkezdődött már a dohánytripsz rezisztencia genetikai hátterének feltérképezése. Az első és egyetlen publikált eredmény egy szabadalomban olvasható, és némileg ellentmond a feltételezésnek, hogy ezen tulajdonság több gén szabályozási körébe tartozik. A viszonylag kisméretű térképezési populációban, összesen 6 marker megjelölésével azonosított, meglehetősen nagy régió a káposzta 2-es kromoszómáján található. Öröklődése alapján a szerző a fejes káposzta dohánytripsz rezisztenciáját monogénes additív tulajdonsággként jellemzi (Löptien 2017). A rezisztenciáért felelős kromoszómaregió(k) pontosabb meghatározásához további vizsgálatok szükségesek. Eltérő genotípusok és rezisztenciaforrások bevonásával megerősíthető volna a monogénes jelleg, vagy azonosíthatóak lennének a rezisztencia kialakításában fontos szerepet játszó esetleges további QTL-ek. Ezen régiók pontos ismeretében kezdődhet majd meg a molekuláris markerek fejlesztése és használata a fejes káposzta nemesítésének ezen területén is.

Perspektíva

A klímaváltozás hatására feltételezhetően újabb és újabb kártevőkkel kell szembenéznünk a közeljövőben, a már eddig is megjelent fajok gyorsabb elszaporodásához pedig klímánk még kedvezőbbé válhat. Matematikai modellezési eljárásokkal lehetőség nyílik a különböző hőmérsékleteken ismert szaporodási és fejlődési ütem, valamint a klíma scenáriók segítségével előrejelzéseket készíteni a változó klimatikus körülmények hatásáról a dohánytripsz populációdinamikájára is. Ezen modellek megbízhatósága kérdéses, mert nagy számban tartalmaznak feltételezéseket. A dohánytripsz esetében is durva egyszerűsítés csupán a hőmérséklet hangsúlyozása, hiszen számos más faktor befolyással lehet a populációdinamikára, mint például a csapadék, páratartalom, CO₂-tartalom vagy a rovar adaptációs képessége. Ugyanakkor a potenciálisan bekövetkező környezeti változások valószínűsíthetően a dohánytripsz számára kedvező időszakok hosszának és az évenkénti generációk számának változásával, nagyobb populációkat és ezzel együtt jelentős kártétel növekedést okozhatnak (Bergant et al. 2005). Minden eszközre szükség van a nemesítési folyamatok támogatásához és felgyorsításához, hogy mielőbb új fajtákkal tudjunk válaszolni a gyorsan változó igényekre is. A markerekre alapozott szelekció lehetőséget biztosít a korai egyedfejlődési fázisban történő munkára, akár a környezeti

tényezőktől függetlenül. Bővülő genetikai ismereteink mellett alkalmazásuk mára a rezisztenciamezítés alapvető eszközévé vált. A hatékonyság növelése mellett a markerek lehetőséget nyújtanak több rezisztencia egyidejű beépítésére, és ezzel a jövőbeni kihívások között is sikeresen termesztethető új fajták előállítására.

Irodalomjegyzék

1. Alimousavi, S.A., Hassandokht, M. and Moharramipor, S. 2007. Evaluation of Iranian onion germplasm for resistance to Thrips. *International Journal of Agriculture and Biology*, 9: 455-8.
2. Bálint, J., Nagy, B.V. and Fail, J. 2013a. Correlations between colonization of onion thrips and leaf reflectance measures across six cabbage varieties. *PloS one*, 8(9).
3. Bálint, J., Burghardt, N., Höhn, M.M., Péntes, B. and Fail, J. 2013b. Does epidermal thickness influence white cabbage resistance against onion thrips (*Thrips tabaci*)? *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*, 41(2): 444-449.
4. Bergant, K., Trdan, S., Žnidarčič, D., Črepinšek, Z. and Kajfež-Bogataj, L. 2005. Impact of climate change on developmental dynamics of *Thrips tabaci* (Thysanoptera: Thripidae): Can it be quantified? *Environmental Entomology*, 34(4): 755-766.
5. Bidart-Bouzat, M.G. and Kliebenstein, D.J. 2008. Differential levels of insect herbivory in the field associated with genotypic variation in glucosinolates in *Arabidopsis thaliana*. *Journal of Chemical Ecology*, 34(8): 1026-1037.
6. Bocak, L. 1995. Comparison of onion cultivars in view of the infestation with onion thrips (*Thrips tabaci* Lind.) (No. RESEARCH).
7. Bones, A.M. and Rossiter, J.T. 1996. The myrosinase-glucosinolate system, its organisation and biochemistry. *Physiologia Plantarum*, 97(1): 194-208.
8. Coudriet, D.L., Kishaba, A.N., McCreight, J.D. and Bohn, G.W. 1979. Varietal resistance in onions to thrips. *Journal of Economic Entomology*, 72(4): 614-615.
9. Damon, S.J. and Havey, M. J. 2014. Quantitative trait loci controlling amounts and types of epicuticular waxes in onion. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 139(5): 597-602.
10. Deletre, E., Schatz, B., Bourguet, D., Chandre, F., Williams, L., Ratnadass, A. and Martin, T. 2016. Prospects for repellent in pest control: current developments and future challenges. *Chemoecology*, 26(4): 127-142.
11. Diaz-Montano, J., Fail, J., Deutschlander, M., Nault, B.A. and Shelton, A.M. 2012. Characterization of resistance, evaluation of the attractiveness of plant odors, and effect of leaf color on different onion cultivars to onion thrips (Thysanoptera: Thripidae). *Journal of Economic Entomology*, 105(2): 632-641.
12. Diaz-Montano, J., Fuchs, M., Nault, B.A. and Shelton, A.M. 2010. Evaluation of onion cultivars for resistance to onion thrips (Thysanoptera: Thripidae) and Iris yellow spot virus. *Journal of Economic Entomology*, 103(3): 925-937.
13. Diaz-Montano, J., Fuchs, M., Nault, B.A., Fail, J. and Shelton, A.M. 2011. Onion thrips (Thysanoptera: Thripidae): a global pest of increasing concern in onion. *Journal of Economic Entomology*, 104(1): 1-13.
14. Doederlein, T.A. and Sites, R.W. 1993. Host plant preferences of *Frankliniella occidentalis* and *Thrips tabaci* (Thysanoptera: Thripidae) for onions and associated weeds on the Southern High Plains. *Journal of Economic Entomology*, 86(6): 1706-1713.
15. Eigenbrode, S.D. and Espelie, K.E. 1995. Effects of plant epicuticular lipids on insect herbivores. *Annual Review of Entomology*, 40(1): 171-194.
16. Eigenbrode, S.D., Stoner, K.A., Shelton, A.M. and Kain, W.C. 1991. Characteristics of glossy leaf waxes associated with resistance to diamondback moth (Lepidoptera: Plutellidae) in *Brassica oleracea*. *Journal of Economic Entomology*, 84(5): 1609-1618.
17. Egri, Á., Farkas, P., Bernáth, B., Guerin, P. M. and Fail, J. 2020. Spectral sensitivity of L2 biotype in the *Thrips tabaci* cryptic species complex. *Journal of Insect Physiology*, 121: 103999.

18. Fail, J., Deuschlander, M.E. and Shelton, A.M. 2013. Antixenotic resistance of cabbage to onion thrips (Thysanoptera: Thripidae). I. Light reflectance. *Journal of Economic Entomology*, 106(6): 2602-2612.
19. Fail, J., Zana, J. and Péntzes, B. 2008. The role of plant characteristics in the resistance of white cabbage to onion thrips: preliminary results. *Acta Phytopathologica et Entomologica Hungarica*, 43(2): 267-275.
20. Flinn, M., Smith, M., Reese, J. and Gill, B. 2001. Categories of resistance to greenbug (Homoptera: Aphididae) biotype I in *Agilops tauschii* germplasm. *Journal of Economic Entomology*, 94:558-563.
21. Fox, C.J. and Delbridge, R.W. 1977. Onion thrips injuring stored cabbage in Nova Scotia and Prince Edward Island. *Phytoprotection*, 58: 57-58.
22. Fournier, F., Boivin, G. and Stewart, R.K. 1995. Effect of *Thrips tabaci* (Thysanoptera: Thripidae) on yellow onion yields and economic thresholds for its management. *Journal of Economic Entomology*, 88(5): 1401-1407.
23. Frei, A., Blair, M.W., Cardona, C., Beebe, S.E., Gu, H. and Dorn, S. 2005. QTL mapping of resistance to *Thrips palmi* Karny in common bean. *Crop Science*, 45(1): 379-387.
24. Goggin, F.L., Lorence, A. and Topp, C.N. 2015. Applying high-throughput phenotyping to plant-insect interactions: picturing more resistant crops. *Current Opinion in Insect Science*, 9: 69-76.
25. Haider, K., Ghulam, A., Asifa, H., Ghayour, A. and Amjad, A. 2014. Losses in onion (*Allium cepa*) due to onion thrips (*Thrips tabaci*) (Thysanoptera: Thripidae) and effect of weather factors on population dynamics of thrips. *World Applied Sciences Journal*, 32(11): 2250-2258.
26. Hamilton, B.K., Pike, L.M., Sparks, A.N., Bender, D.A., Jones, R.W., Candeia, J. and De Franca, G. 1999. Heritability of thrips resistance in the 'IPA-3' onion cultivar in South Texas. *Euphytica*, 109(2): 117-122.
27. Hudák, K. and Péntzes, B. 2004. Factors influencing the population of the onion thrips on onion. *Acta Phytopathologica et Entomologica Hungarica*, 39(1-3): 193-197.
28. Jenser, G. and Szénási, Á. 2004. Review of the biology and vector capability of *Thrips tabaci* Lindeman (Thysanoptera: Thripidae). *Acta Phytopathologica et Entomologica Hungarica*, 39(1-3): 137-155.
29. Kahrer, A. 1992. Monitoring the timing of peak flight activity of *Thrips tabaci* in cabbage fields. *Bulletin OILB/SROP* 15: 28-35.
30. Khattak, M.K., Ali, S. and Chishti, J.I. 2004. Varietal resistance of mungbean (*Vigna radiata* L.) against whitefly (*Bemisia tabaci* Genn.), jassid (*Amrasca devastans* Dist.), and thrips (*Thrips tabaci* Lind.). *Pakistan Entomologist*, 26(1): 9-12.
31. Kirk, W.D. 1984. Ecologically selective coloured traps. *Ecological Entomology*, 9(1): 35-41.
32. Kliebenstein, D.J. 2018. Quantitative genetics and genomics of plant resistance to insects. *Annual Plant Reviews Online*, 235-262.
33. Kogan, M. and Ortman, E. 1978. Antixenosis: a new term proposed to define Painter's "nonpreference" modality of resistance. *Bulletin of the Entomological Society of America*, 24:175-176.
34. Linders, E.G.A., Nicolet, J.L.M.E. and Van Wijk, H.J. 2015. U.S. Patent No. 8,993,855. Washington, DC: U.S. Patent and Trademark Office.
35. Lombardo, L., Coppola, G. and Zelasco, S. 2016. New technologies for insect-resistant and herbicide-tolerant plants. *Trends in Biotechnology*, 34(1): 49-57.
36. Lowe, H.J.B., Murphy, G.J.P. and Parker, M.L. 1985. Non-glaucousness, a probable aphid-resistance character of wheat. *Annals of Applied Biology*, 106(3): 555-560.
37. Löptien, H. 2017. U.S. Patent No. 9,765,357. Washington, DC: U.S. Patent and Trademark Office.
38. Lucas, M.R., Ehlers, J.D., Roberts, P.A. and Close, T.J. 2012. Markers for quantitative inheritance of resistance to foliar thrips in cowpea. *Crop Science*, 52(5): 2075-2081.
39. Maharijaya, A., Vosman, B., Steenhuis-Broers, G., Pelgrom, K., Purwito, A., Visser, R.G. and Voorrips, R.E. 2015. QTL mapping of thrips resistance in pepper. *Theoretical and Applied Genetics*, 128(10): 1945-1956.
40. Maharijaya, A., Vosman, B., Verstappen, F., Steenhuis-Broers, G., Mumm, R., Purwito, A., Visser, R.G. and Voorrips, R.E. 2012. Resistance factors in pepper inhibit larval development of thrips (*Frankliniella occidentalis*). *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 145(1): 62-71.

41. Makabe, T., Futamura, T., Noudomi, T., Wakakuwa, M. and Arikawa, K. 2014. Phototaxis of western flower thrips, *Frankliniella occidentalis* and onion thrips, *Thrips tabaci* and the possibility of controlling thrips using ultraviolet-emitting trap in the greenhouse of Satsuma Mandarin (*Citrus unshiu*). Japanese Journal of Applied Entomology & Zoology, 58(3).
42. Maris, P.C., Joosten, N.N., Peters, D. and Goldbach, R.W. 2003a. Thrips resistance in pepper and its consequences for the acquisition and inoculation of tomato spotted wilt virus by the western flower thrips. Phytopathology, 93(1): 96-101.
43. Maris, P.C., Joosten, N.N., Goldbach, R.W. and Peters, D. 2003b. Restricted spread of tomato spotted wilt virus in thrips-resistant pepper. Phytopathology, 93(10): 1223-1227.
44. Maris, P.C., Joosten, N.N., Goldbach, R.W. and Peters, D. 2004. Decreased preference and reproduction, and increased mortality of *Frankliniella occidentalis* on thrips-resistant pepper plants. Entomologia Experimentalis et Applicata, 113(3): 149-155.
45. Mitchell, C., Brennan, R.M., Graham, J. and Karley, A.J. 2016. Plant defense against herbivorous pests: exploiting resistance and tolerance traits for sustainable crop protection. Frontiers in Plant Science, 7: 1132.
46. Muchero, W., Ehlers, J.D. and Roberts, P.A. 2010. QTL analysis for resistance to foliar damage caused by *Thrips tabaci* and *Frankliniella schultzei* (Thysanoptera: Thripidae) feeding in cowpea [*Vigna unguiculata* (L.) Walp.]. Molecular Breeding, 25(1): 47-56.
47. Omo-Ikerodah, E.E., Fawole, I. and Fatokun, C.A. 2008. Genetic mapping of quantitative trait loci (QTLs) with effects on resistance to flower bud thrips (*Megalurothrips sjostedti*) identified in recombinant inbred lines of cowpea (*Vigna unguiculata* (L.) Walp). African Journal of Biotechnology, 7(3).
48. Peterson, R.K., Varella, A.C. and Higley, L.G. 2017. Tolerance: the forgotten child of plant resistance. Peer J. 5:e3934.
49. Péntes, B., Szan, Sz. and Ferenczy, A. 1996. Damage of *Thrips tabaci* on cabbage varieties Hungary. Folia Entomologica Hungarica, 47: 127-137.
50. Pozzer, L., Bezerra, I.C., Kormelink, R., Prins, M., Peters, D., Resende, R.D.O. and De Avila, A.C. 1999. Characterization of a tospovirus isolate of Iris yellow spot virus associated with a disease in onion fields in Brazil. Plant Disease, 83(4): 345-350.
51. Qiu, Y., Guo, J., Jing, S., Tang, M., Zhu, L. and He, G. 2011. Identification of antibiosis and tolerance in rice varieties carrying brown planthopper resistance genes. Entomologia Experimentalis et Applicata 141: 224-231.
52. Róth, F., Galli, Z., Tóth, M., Fail, J. and Jenser, G. 2016. The hypothesized visual system of *Thrips tabaci* (Lindeman) and *Frankliniella occidentalis* (Pergande) based on different coloured traps' catches. North-Western Journal of Zoology, 12(1): 40-49.
53. Shelton, A.M., Becker, R.F. and Andaloro, J.T. 1983. Varietal resistance to onion thrips (Thysanoptera: Thripidae) in processing cabbage. Journal of Economic Entomology, 76(1): 85-86.
54. Shelton, A.M., Hoy, C.W., North, R.C., Dickson, M.H. and Barnard, J. 1988. Analysis of resistance in cabbage varieties to damage by Lepidoptera and Thysanoptera. Journal of Economic Entomology, 81(2): 634-640.
55. Shelton, A.M., Wilsey, W.T. and Schmaedick, M.A. 1998. Management of onion thrips (Thysanoptera: Thripidae) on cabbage by using plant resistance and insecticides. Journal of Economic Entomology, 91(1): 329-333.
56. Stoner, K.A. and Shelton, A.M. 1988a. Influence of variety on abundance and within-plant distribution of onion thrips (Thysanoptera: Thripidae) on cabbage. Journal of Economic Entomology, 81(4): 1190-1195.
57. Stoner, K.A. and Shelton, A.M. 1988b. Role of nonpreference in the resistance of cabbage varieties to the onion thrips (Thysanoptera: Thripidae). Journal of Economic Entomology, 81(4): 1062-1067.
58. Stoner, K.A., Dickson, M.H. and Shelton, A.M. 1989. Inheritance of resistance to damage by *Thrips tabaci* Lindeman (Thysanoptera: Thripidae) in Cabbage. Euphytica, 40(3): 233-239.
59. Stoner, K.A. 1990. Glossy leaf wax and plant resistance to insects in *Brassica oleracea* under natural infestation. Environmental Entomology, 19(3): 730-739.

60. Tabashnik, B.E., Brévault, T. and Carrière, Y. 2013. Insect resistance to Bt crops: lessons from the first billion acres. *Nature Biotechnology*, 31(6): 510.
61. Tamiru, A., Khan, Z.R. and Bruce, T.J. 2015. New directions for improving crop resistance to insects by breeding for egg induced defence. *Current Opinion in Insect Science*, 9: 51-55.
62. Tripathy, P., Sahoo, B.B., Das, S.K., Priyadarshini, A., Patel, D. and Dash, D.K. 2014. Adoption of IPM Approach-An Ideal Module against Thrips (*Thrips tabaci* Linderman) in Onion. *Advances in Crop Science and Technology*.
63. Trdan, S., Valič, N., Andjus, L., Vovk, I., Martelanc, M., Simonovska, B., Jerman, J., Vidrih, R., Vidrih, M. and Žnidarčič, D. 2008. Which plant compounds influence the natural resistance of cabbage against onion thrips (*Thrips tabaci* Lindeman)? *Acta Phytopathologica et Entomologica Hungarica*, 43(2): 385-395.
64. Voorrips, R.E., Steenhuis-Broers, G., Tiemens-Hulscher, M. and van Bueren, E.T.L. 2008. Plant traits associated with resistance to *Thrips tabaci* in cabbage (*Brassica oleracea* var *capitata*). *Euphytica*, 163(3): 409.
65. Weibel, D.E. and Starks, K.J. 1986. Greenbug Nonpreference for Bloomless Sorghum 1. *Crop Science*, 26(6): 1151-1153.
66. Žnidarčič, D., Vidrih, R., Germ, M., Ban, D. and Trdan, S. 2007. Relationship between water-soluble carbohydrate composition of cabbage (*Brassica oleracea* L. var. *capitata*) and damage levels of onion thrips. *Acta Agriculturae Slovenica*, 89(1): 25-33.

Onion thrips overview - from the vegetable breeding point of view

RÓTH F., GALLI ZS.

Syngenta Kft.

E-mail: fruzsi_roth@yahoo.com

Summary

Vegetable growers are facing increasing challenges in plant protection due to the climate change and ever more strict regulations. An important element of integrated control is the cultivation of resistant varieties. Relatively little is known about the mechanisms of plant resistance against pests, but research and resistance breeding in priority areas have already begun and significant results have been found. Modern molecular techniques and expanding genetic knowledge are in the service of breeders. Many cultivated vegetable species have been significantly damaged in recent decades by the worldwide spread polyphagous pest, onion thrips (*Thrips tabaci* Lindeman). By reviewing international publications on thrips resistance to significantly damaged plant species such as onions, legumes, peppers or cabbages, we can get a comprehensive picture of our current knowledge and methods of resistance breeding. A certain level of resistance can be achieved indirectly by targeted selection, based on plant characteristics associated with resistance (thickness of wax layer on the leaves, light reflectance, certain plant compounds etc.). Discovery of the genetic background of resistance is another promising tool of breeding. Genetic mapping is already available for several

plant species. Resistance against onion thrips is inherited by a complex way, under polygenic control in almost every case, therefore using molecular markers became crucial and indispensable for successful and quick resistance breeding.

Keywords: onion thrips, resistance breeding, vegetable breeding, host plant resistance

Szerzők

Róth Fruzsina (kapcsolattartó szerző) – PhD hallgató, nemesítő asszisztens, Syngenta Kft. Kísérleti Állomás, 2364 Ócsa, Üllői út, külterület

Galli Zsolt – PhD, növénynemesítő, Syngenta Kft. Kísérleti Állomás, 2364 Ócsa, Üllői út, külterület

Vírusmentes szőlő szaporítóanyag előállítása szövettenyésztési módszerek alkalmazásával (irodalmi áttekintés)

TURCSÁN MIHÁLY, OLÁH KRISZTINA, OLÁH RÓBERT

Nemzeti Agrárkutatási és Innovációs Központ, Szőlészeti és Borászati Kutatóintézet,
Kecskeméti Kutató Állomás

E-mail: turcsan.mihaly@szbki.naik.hu

Összefoglalás

A szőlőt számos patogén képes fertőzni, köztük viroidok, vírusok, fitoplazmák, baktériumok és gombák. Mivel a szőlőültetvényekben nem létezik megfelelően kidolgozott módszer a fertőző megbetegedéseket okozó vírusok és viroidok elleni védekezésre, a patogénmentes szaporítóanyag előállításnak kritikus szerepe van. Az elmúlt évtizedekben a kutatók számos technikát dolgoztak ki az egyes kórokozók, különösképpen a vírusok eliminálására. Mivel a különböző mentesítési eljárások más mechanizmus alapján hatnak, így eltérő hatékonysággal alkalmazhatók a különböző szőlővírusok eltávolítására. Ez a cikk a potenciális vírusmentesítési eljárások legfontosabb eredményeinek áttekintését szolgálja.

Kulcsszavak: merisztéma izolálás, kemoterápia, szomatikus embriogenezis

Bevezetés

A vírusok obligát intracelluláris sejtparaziták, amelyek jelentős károkat okoztak és okoznak a növényeknek, állatoknak és embernek egyaránt, és az egyik legjelentősebb veszélyforrást jelentik bármely élőlény számára (Chauhan és tsai 2019).

A növényi vírusok tanulmányozása az 1890-es években kezdődött. A dohánymozaik vírus (TMV) volt az első leírt és jellemzett vírus, amelynek köszönhetően a vírusokat a betegségek kórokozójaként azonosították (Beijerinck 1898; Roossinck 2010). A vírusok taxonómiájáért felelős nemzetközi bizottság (ICTV) adatai alapján ma már több mint 900 növényi vírust azonosítottak és még számos új vár felfedezésre (King és tsai 2012). A termesztett növényeket érintő fertőzések legnagyobb hányada akut, vagyis rövid időn belül drasztikus tüneteket eredményeznek, míg a vad fajok esetében általában perzisztens életciklust mutatnak, amelyet a növényi gazda segítségével folytatnak tovább. Ezek a vírusfertőzések a növényekben jelentős károkat okoznak a termés mennyiségét és minőségét tekintve is (Chauhan és tsai 2019).

A szőlőt, mint sok más egyéb termesztett növényt is, számos kórokozó veszélyezteti. Ezek közé tartoznak a viroidok, vírusok, fitoplazmák, baktériumok és a gombák is. A szőlőnek ma már több mint 80 fertőző vírusa ismert, amelyek közül az utóbbi években a nagy átterjesztőképességű szekvenálás (HTS) segítségével 16 újat azonosítottak (Martelli 2018). Magyarországon a *Szőlő fertőző leromlás vírus/Grapevine fanleaf virus* (GFLV), az *Arabid mozaik vírus/Arabid mosaic virus* (ArMV), a *Szőlő látens foltosság vírus/Grapevine fleck virus* (GFkV), a *Szőlő levélsodródás vírus-1, 2, 3/Grapevine leafroll-associated virus-1, 2, 3* (GLRaV-1, 2, 3), valamint a *Szőlő vírus A és B/Grapevine virus A, B* (GVA, GVB) esnek hatósági szabályozás alá (Demián és tsai 2020).

A szőlő levélsodródás megbetegedés a gazdaságilag és világszerte legelterjedtebb szőlő betegség, amely akár 40% -os termésvesztést is okozhat (Naidu és tsai 2014), és a három legelterjedtebb kórokozója a GLRaV-1, GLRaV-2 és GLRaV-3, amelyek a többenél erőteljesebb levéltüneteket okoznak (Maree és tsai 2013).

A GVA és GVB vírusok a szőlő faszöveti barázdáltság megbetegedés kórokozói közé tartoznak, akárcsak a *Szőlő vírus D/Grapevine virus D* (GVD) és a *Szőlő rupsetris faszöveti barázdáltság vírus/Grapevine rupestris stem pitting-associated virus* (GRSPaV) (Martelli és tsai 2007). *Vitis vinifera* esetén a betegség tipikus tünetei a fás rész kéreg alatti régióiban megjelenő lyukak és barázdák, amelyek a víz és ásványi anyagok szállítására is negatív hatással vannak (Maliogka és tsai 2015).

A szőlő legyezőlevél deformitás megbetegedés Európa és Észak-Amerika szinte összes művelt területén előfordul. A betegség fő kórokozója a GFLV. Jellemző tünetei a torz levél, citromsárga mozaikosság a főerek közelében, világossárga érpöttyözöttség, szélesen nyitott levélváll, dupla náduszok és rövid, torz internódiumok (Basso és tsai 2017).

Az ArMV közeli rokonságot mutat a GFLV-vel, amelynek sárgamozaik törzsével alkotott komplex fertőzése igen gyakori, sőt rekombináns változatok is előfordul. A vírus fő tünete a főerek és helyenként a kisebb erek mentén kialakuló élénksárga elszíneződések, amelyek esetenként kiterjedt foltokká fejlődnek. Tünete lehet még az aszimmetrikus levél, madárkás fürt és kis termés-hozam is (Lázár 2011).

A szőlő látens foltosság megbetegedés az összes szőlőt termesztő országban előfordul (Martelli 2014), kórokozója a GFkV, amely egy mechanikailag nem átvihető vírus és pöttyös tünetek megjelenését eredményezi a leveleken (Sabanadzovic és tsai 2000).

A fent leírt vírusok fertőzését nem feltétlenül követi a tünetek megjelenése, ugyanis határozatlan ideig látens formában maradhatnak. Így a látszólag egészséges, tünetmentes növények is veszélyes kórokozókat hordozhatnak, amelyek a vegetatív szaporítás során is terjedhetnek és komoly gazdasági károkat, valamint termés kiesést okozhatnak (Bisztray és tsai 2012). Mivel nincs megfelelő védekezési módszer a szőlő vírusos megbetegedéseinek kezelésére, ezért kulcsfontosságú az egészséges szaporítóanyagok használata, amelyek előállításánál a különböző kórokozók detektálásának kiemelkedő szerepe van (Oláh és tsai 2017; Szegedi és tsai 2018).

Kutatók az elmúlt évek során számos technikát dolgoztak ki az egyes kórokozóktól, különösképpen a vírusoktól mentes kiindulási anyag előállítására. Ilyen technikák a hőterápia, a hajtáscsúcs- és merisztéma tenyésztetek, a kemoterápia és a krioterápia, valamint a szomatikus embriogenezis alapú tenyésztetek.

Hőterápia

A hőterápia alatt a már régóta alkalmazott rövid ideig tartó hőkezelések mellett (pl. melegvízes kezelés), ma már inkább a huzamosabb ideig alkalmazott terápiás kezeléseket értjük. A rövid ideig tartó magas hőmérsékleten alkalmazott egyszeri kezeléseket a nyugalmi állapotban lévő növényi részeken lehet alkalmazni, amik hatásosak a prokarióta és eukarióta patogénekkal szemben, ugyanakkor vírusmentesítésre nem alkalmasak. Ma a hőterápián általában az aktív növekedésben lévő növényi részek hosszabb ideig emelt hőmérsékleten történő kezelését értjük, aminek a segítségével a vírus sokszorozódásának gátlásával vírusmentes új hajtáscsúcsok vagy merisztémák nyerhetők (Grondeau és tsai 1994).

A hagyományos melegvízes kezelés során a nyugalmi állapotban lévő vesszőket általában 50-52 °C-os vízben inkubálják kb. 30 percig, amely hatékonyan bizonyult számos endogén és exogén kártevő ellen is (Gramaje és tsai 2014). Burr és tsai (1989) például a kimutatási szint alá csökkentették az *Agrobacterium tumefaciens* AT3 törzsét 30 perces 50 °C-on való melegvízes kezeléssel három különböző szőlőfajtában. Később leírták, hogy a 60 perces 50 °C-on való kezelés jobb rügyfakadást is eredményezett a kezeletlen vesszőkhöz képest (Burr és tsai 1996). Ez a technológia azonban közvetetten a vírusmentesítés hatékonyságát is növeli, hiszen megfigyeléseink szerint a melegvízes kezelést követően előállított *in vitro* állományok növekedési erélye általában meghaladja a kezeletlen állományokét (Bisztray és tsai 2011). Bisztray és tsai (2011) leírták, hogy a melegvízes kezelés kombinálása a regenerált növények 38 °C-on való hőkezelésével 3-4 hónapon keresztül már a vírusok ellen is hatásos.

Gifford és Hewitt (1961) már a hatvanas évek legelején megkísérelték GFLV fertőzött szőlőnővények hőkamrában való kezelését. Az *in vitro* növényeiket 60-90 napon át 38 °C-on inkubálták, majd azokról 1-2 mm nagyságú hajtáscsúcsot helyeztek szilárd táptalajra növényregeneráció céljából. A regenerált növények korai növekedési stádiuma során nem mutatkoztak a vírus tünetei, viszont akkoriban még nem állt rendelkezésre kellően érzékeny diagnosztikai módszer a vírusok kimutatására. Később más kutatók hasonló kísérleti körülmények között ELISA és RT-PCR módszerrel igazoltan GFLV-mentes növényeket regeneráltak, de sikereket értek el a GVA, GFkV, GLRaV-1 és GLRaV-3 vírusok esetében is (Panattoni és Triolo 2010).

Monette (1986) 40 napon keresztül hőkezelte a GFLV-vel és ArMV-vel fertőzött *in vitro* szőlőnővényeit. A 6 órás 39 °C-os inkubációt egy 18 órás 22 °C-os időszak követte minden nap. A kezelt növényekről ezután 2 mm-es hajtáscsúcsokat preparált és a regenerációt követően minden egyed vírusmentesnek bizonyult.

A szakirodalomban azonban nemcsak *in vitro* hőkezelésre találunk példát. Gribaudo és tsai (2006) két éves, üvegházban nevelt cserepes és egy hónapos *in vitro*, GRSPaV fertőzött növényeken is végeztek kísérleteket. Előbbieket 38 °C-on, utóbbiak 34 °C-on tartották átlagosan 58-59 napig, attól függően, hogy mikor mutattak stresszreakciókat. A hőkezelés után az üvegházi növényekről 5 mm-es, az *in vitro* növényekről pedig 2 mm-es hajtáscsúcsot preparáltak és helyeztek MMS táptalajra, majd a regenerált növények vírusfertőzöttségét RT-PCR-el tesztelték. A teszt után világossá vált, hogy kaptak ugyan vírusmentes vonalakat, de a növények kétharmada fertőzött maradt. Később Skiada és tsai (2009) is sikeresen kombinálták a hőterápiát és a merisztéma tenyészetek alkalmazását, aminek köszönhetően sikeresen távolították el a GLRaV-1 és a GRSPaV vírusokat.

Az aktív növekedésben lévő növényeken hosszabb ideig alkalmazott hőterápia tehát mind *in vivo* mind *in vitro* körülmények között hatásos lehet a vírusmentes hajtásszegmensek előállítására. Hátránya, hogy a kezelés következtében a hajtáscsúcsok egy része károsodik, illetve a növények életképessége fajtától függően jelentősen csökkenhet.

Hajtáscsúcs- és merisztéma tenyészetek

A hajtáscsúcs- és merisztématenyésztést több évtizede használják vírusok vegetatívan szaporított növényekből történő eltávolítására és különösen hatékony technikának bizonyult a floémre korlátozott vírusok esetében. A hajtáscsúcs tenyésztés során egy meghatározott méretű hajtáscsúcsot vágnak le az anyanövényekről *in vitro* tenyésztés céljából (Wang és Valkonen 2009; Lassois és tsai 2012). Ezek a hajtáscsúcsok általában az apikális vagy laterális hajtásmerisztémából és három-négy levélprimordiumból állnak (1-1,5 mm). A hajtásregeneráció mértéke és a felhasznált szövet mérete között egyenes összefüggés mutatkozik, de a vírusmentesítés szempontjából a kisebb hajtáscsúcsok (0,2-0,4 mm) alkalmazása ajánlott (Wang és Valkonen 2009). Ezek a kisméretű hajtáscsúcsok csak a hajtás apikális merisztémáját tartalmazzák. Előfordul, hogy a szakirodalomban tévesen az ennél nagyobb hajtáscsúcsokat is merisztémának nevezik. Fontos megjegyezni, hogy a fél milimétert meghaladó hajtáscsúcsok tenyésztési sokszor csak más technikák (hőterápia, krioterápia, kemoterápia) alkalmazása után képesek hatékony vírusmentesítésre. A merisztématenyésztés során ezzel szemben olyan kis explantumokkal dolgozunk, amelyek mentesek a patogén organizmusoktól, ezért a módszer önmagában is alkalmas a vírusok eltávolítására (Ancora és tsai 1981).

Számos esetben sikerrel távolítottak el szőlővírusokat merisztéma tenyészetek alkalmazásával, például a GFLV-t és a GLRaV-1-t is (Weiland és tsai 2003; Youssef és tsai 2009). Maliogka és tsai (2009) sikerrel eliminálták a GRSPaV-t görög szőlőfajtákból hajtáscsúcsenyészetek alkalmazásával. Megfigyelték, hogy a 2 mm alatti hajtáscsúcsok regenerációs képessége jóval alacsonyabb, mint az 5 mm körüli mérettartományban lévőké, de utóbbi kombinálása hőterápiával már elegendő lehet a vírus eltávolítására.

Shatnawi és tsai (2011) GLRaV-1, GLRaV-3 és GFLV fertőzött szabadföldi szőlőnövényekről gyűjtötték be 2-5 mm nagyságú hajtáscsúcsokat, majd azokon felületi fertőtlenítés végeztek. A fertőtlenített hajtáscsúcsokból 0,1–0,2 mm nagyságú merisztémákat preparáltak mikroszkóp segítségével és különböző növényi növekedésszabályozók (benzil-amino-purin, naftil-ecetsav, indol-ecetsav, indol-vajsav) használatával regenerálták azokat intakt növényekké. Ezek után RT-PCR vizsgálatokkal kimutatták, hogy a merisztéma eredetű növényeik mindegyike mentes volt a korábban leírt vírusoktól.

A hajtás- és merisztéma tenyészetek kombinálása egyéb technikákkal szintén sok esetben sikerrel járt. Wang és tsai (2003) például a krioterápiával kiegészítve vírusmentesítettek GVA-val fertőzött növényeket. Hu és tsai (2018) ribavirinnel végzett *in vitro* kemoterápiás kezelés után hajtáscsúcsenyészet (1 mm) létrehozásával nagy hatékonysággal szabadultak meg a GRSPaV-tól.

A merisztéma tenyészetek alkalmazása hatékony vírusmentesítési technika, de a merisztémák kivágása, túlélésük és regenerációjuk biztosítása rendkívül nehéz feladat. Még a nagyobb hajtások kipreparálása szabad szemmel is lehetséges, addig a merisztéma preparáláshoz mikroszkóp használata és fejlett finommotoros mozgások kivitelezése is szükséges, valamint a gyorsaság is fontos tényező,

mert a kisméretű szövetek táptalaj hiányában hamar kiszáradnak (Wang és Valkonen 2009). A preparálás a szabadföldi és üvegházi növények hajtáscsúcsai mellett történhet *in vitro* növények hajtáscsúcsáról is. *In vitro* növények esetében a módszer így egész évben alkalmazható, és a szabadföldi növényekre jellemző sterilítással kapcsolatos problémák sem okoznak gondot.

Kemoterápia

Az antivirális vegyületek hatékonyak lehetnek a növényi vírusos megbetegedések kezelésére. A leghatásosabb szerek az inozin-monofoszfát dehidrogenáz (IMPDH) inhibitorok, az S-adenozilhomocisztein hidroláz (SAH) inhibitorok és a neuraminidáz (NA) inhibitorok közül kerültek ki. Ezek a vegyületek a tápanyagfelvétel során kerülnek a növénybe és ott gátolják a virális RNS-ek replikációját (Lal és tsai 2015). Az IMPDH inhibitorok a nukleotid-trifoszfát anyagcserére vannak hatással. Az ebbe a csoportba tartozó szerek célpontja az inozin-monofoszfát-dehidrogenáz enzim, amely gátlásával közvetve csökkentik intracelluláris guanozin-trifoszfát (GTP) szintet és eképpen gátolják a virális RNS-ek replikációját.

A SAH hidroláz inhibitorok az S-adenozilhomocisztein (SAH) hidroláz enzimet gátolják. A SAH molekula az S-adenozilmetioninból (SAM) keletkezik, miután az a metilcsoportját a nukleinsavakra (és más egyéb akceptor molekulákra) helyezte át. A SAH ezt követően homociszteinre és adozinra bomlik szét a SAH hidroláz segítségével. A homocisztein ezt követően újra képes metilcsoport átvételére és a folyamat kezdődik elölről. A SAH hidroláz inhibitorok hatására a SAH szint megemelkedik, így a virális nukleinsavak metilációja nem megy végbe és érésük, különösképpen az 5' sapka kialakulása ellehetetlenedik (Panattoni és tsai 2013).

A NA inhibitorok a virális neuraminidáz enzimhez kapcsolódnak és gátolják az újonnan szintetizált virionok egészséges sejtekbe történő eljutását. A kutatók a csoporthoz tartozó oseltamivir alkalmazásával már növényi vírusok eltávolításában is értek el sikereket. A növényi vírusok azonban nem kódolnak neuraminidáz enzimet, így az NA inhibitorok azokra gyakorolt hatásmechanizmusa jelenleg ismeretlen (Panattoni és tsai 2013).

Az egyes vegyületek különböző hatásmechanizmussal bírnak (De Clercq 2005) és általában magasabb koncentrációban alkalmazva sem hatásosak hosszú távon *ex vitro* körülmények között (Chinestra és tsai 2015), de *in vitro* körülmények között több kutató is jelentős sikereket ért el a használatukkal.

A szőlővírusok eliminálására leggyakrabban használt vegyület az IMPDH-k közé sorolható ribavirin. A ribavirin egy szintetikus nukleozid analóg, amely antivirális hatást fejt ki számos RNS vírus ellen (Crotty és tsai 2002). Az évek során több kutató is sikeresen használta ezt a vegyületet különböző fajták *in vitro* kultúráiban pl. a GRSPaV, a GLRaV-1, a GFkV és a *Szőlő Pinot gris vírus* (GPGV) eliminálására (Guta és Buciumeanu 2011; Skiada és tsai 2013; Komínek és tsai 2016). A GLRaV-3 vírus ellen az NA inhibitorok és a purin bioszintézis inhibitorok bizonyultak különösen hatékonyak, míg az IMPDH inhibitorok a GLRaV-1 fertőzések leküzdésében (Panattoni és tsai 2011) segítettek. Hu és tsai (2018) Kyoho szőlőfajta esetében qPCR-el kimutatták, hogy már a kezelés ötödik napjától megkezdődik a vírus titer csökkenése a GRSPaV-vel fertőzött növényekben. Ugyanezen kutatók hatékonyan kombinálták a ribavirin és a merisztéma tenyészetek alkalmazását, amivel 81,7%-ban voltak képesek GRSPaV-mentes növényeket regenerálni. Eichmeier

és tsai (2019) a GLRaV-1 és a GFkV mellett GVA-val, valamint viroidokkal fertőzött Riesling fajta esetében alkalmaztak ribavirint. A kezelés nyolc hetes időszaka után további három évig *in vitro* állományban tartották a növényeket és időszakosan kis RNS szekvenálással ellenőrizték vírus- és viroidmentességüket. A vírusok nem voltak kimutathatók, de a viroidok továbbra is jelen voltak.

Panattoni és tsai (2007) GVA fertőzött növények esetében alkalmazták a ribavirint és az SAH inhibitorok csoportjába tartozó dihidroxi-propil-adenint (DHPA). A vegyszereket külön és kombinációban is használták és azt figyelték meg, hogy az együttes alkalmazásuk a legcélravezetőbb, ugyanis mindkét szer gátolja a GVA szempontjából esszenciális lépést, az 5' sapka kialakulását. A két hatóanyag valószínűleg eltérő úton fejt ki ugyanazt a hatást és így szinergista módon erősítik egymást.

Guta és tsai (2010) GLRaV-1 és GLRaV-3 fertőzött szőlőket kezeltek ribavirinnel és az NA inhibitorok csoportjába tartozó oseltamivir vegyülettel. A ribavirines kezelés nem hozott biztató eredményt, de az oseltamivir használatával kaptak mindkét vírustól mentes növényeket. Később GFkV és GVA vírusokkal fertőzött szőlőnövényeken együttesen alkalmazták a két szert. A GFkV-t nagy hatékonysággal sikerült eliminálni mindkét vizsgált fajta esetében, míg a GVA esetében kaptak ugyan vírusmentes növényeket, de mindössze 9%-ban. Vizsgálataik alapján megállapították, hogy az oseltamivir kevésbé fitotoxikus a növényre nézve, mint a ribavirin. RAPD technikával azt is igazolták, hogy nem történt genetikai változás a növényekben, így ezek a szerek nagy valószínűséggel nincsenek hatással a genetikai variabilitásra (Guta és tsai 2014).

Látható tehát, hogy az antivirális szerek számos esetben hatásosak a szőlővírusok elleni küzdelemben. A módszer egyik hátránya, hogy hatékonyan és pontos koncentrációban csak *in vitro* körülmények között alkalmazható, valamint, hogy a virális RNS-ek szintézisének gátlása mellett sok esetben a gazda eredetű mRNS molekulák is érintettek, ami a növény fejlődését gátolhatja és szélsőséges esetben annak pusztulását is eredményezheti. A módszer nagy előnye más technikákkal szemben, hogy az újonnan szintetizálódó vírusok létrejöttére vagy azok terjedésére van hatással, így az új hajtáscsúcsok sejtjei nagy eséllyel fertőzésmentesek, ezért a merisztémánál nagyobb szövetek izolálásával is vírusmentes növényeket állíthatunk elő.

Krioterápia

A növényi krioterápia során a növényi szöveteket és bennük rejtőző patogéneket rövid ideig (általában 1 óráig) alacsony hőfokra (-196 °C) hűtik. A fertőzött növényi hajtáscsúcsokat folyékony nitrogénben inkubálják különböző krioprezervációs protokollok felhasználásával. A legnépszerűbb protokollok a kapszulás-dehidratáció, vitrifikáció, kapszulás-vitrifikáció és a cseppek-vitrifikáció (Feng és tsai 2013).

A vitrifikáció során a növényanyagot krioprotektív glicerol alapú oldatban (PVS2, PVS3) dehidratálják, hogy a gyorsfagyasztás során ne képződjenek a szövetet károsító jégkristályok. A kapszulázott-dehidratáció során a kimetszett hajtáscsúcsot mesterséges endospermiumba (alginát gyöngyök) csomagolják és növekvő szacharóz koncentrációjú oldatokban tartják, aminek hatására ellenállóbbak lesznek a kiszáradás és a fagyasztás ellen is. A kapszulázott-vitrifikáció a két módszer kombinációja, amely magában foglalja az alginát gyöngyökbe való ágyazást, a szacharóz oldatban való inkubációt és a krioprotektív oldatok használatát is. A cseppek-vitrifikáció során a hajtáscsúcsokat krioprotektív anyagokkal előkezelik, majd alufóliára helyezik őket, amely cseppek formájában vitrifikáló oldatot tartalmaz és aztán merítik azt folyékony nitrogénbe (Bettoni és tsai 2016).

A kezelési körülményeket úgy választják meg, hogy azokat csak a hajtáscsúcs apikális részének legkevesébe differenciálódott, erősen citoplazmatikus sejtjei éljék túl, míg a vakuoláris sejtek és a vaszkuláris régióban található fertőzött sejtek elpusztulnak (Bettoni és tsai 2016) a magasabb víztartalmuk miatt (Marković és tsai 2015). A fagyasztás után az életben maradt merisztematikus szövetekből növényregenerációt kísérnek meg (Lal és tsai 2015; Vieira és tsai 2015). A regenerált növények száma általában kisebb, mint a hagyományos merisztéma tenyészetek alkalmazásakor, de a leválasztott rész nagyobb és könnyebben kezelhető, valamint nagyobb arányban lehet vírusmentes egyedeket regenerálni (Wang és Valkonen 2009).

Pathirana és tsai (2013) fertőzött fajták rügyeit kezelve sikeresen mentesített azokat több szőlő levsodródást okozó vírustól (GLRaV-1, GLRaV-2 és GLRaV-3) is. Véleménye szerint a módszer költséghatékony lehetőséget kínál a klónok növényanyagának fenntartására.

Wang és tsai (2003) az izraeli Bruti szőlőfajtából 97% -os hatékonysággal távolították el a szőlő faszöveti barázdálttság megbetegedés egyik fő kórokozóját, a GVA-t, krioterápia és merisztéma tenyészetek kombinációjával. Krioterápia nélkül ez a szám csupán 12% volt. Bayati és tsai (2011) ugyanezt a vírust 42%-os sikerrel tudták eltávolítani, amely kevesebb, mint a fele a Wang és tsai (2003) által korábban leírt 97%-os aránynak. Ezt az eltérést okozhatja az eltérő dehidratációs protokollok alkalmazása vagy a felhasznált diagnosztikai módszerek érzékenysége közötti különbség (Western blot illetve RT-PCR), de természetesen a genotípus hatása sem hagyható figyelmen kívül.

Marković és tsai (2015) 78 és 100% -os hatékonysággal távolították el a GFLV és GLRaV-3 vírusokat Chardonnay és Sauvignon blanc fajták 1 mm-es hajtáscsúcsának fagyasztásával. Véleményük szerint a krioterápia hatékony módszer lehet a vírusok eliminálása szempontjából, de további, a kezelt növények genetikai stabilitására irányuló, teljes genomot lefedő vizsgálatok szükségesek, mert a technika egyes lépései növelhetik a DNS polimorfizmusok kialakulásának valószínűségét.

Összességében a krioterápia egyik nagy előnye, hogy a vírusmentesítés sikere független a kezelt hajtáscsúcs méretétől, amit több publikáció is alátámaszt (Wang és tsai 2003; Wang és Valkonen 2008), ugyanis csak a fagyasztást túlélő sejtek képesek növényre regenerálódni. Hátrányt jelent, hogy a kiperarált hajtáscsúcsok regenerációs aránya kisebb a kezelés után, mint pl. merisztémák esetében, és a leírt módszerek reprodukálása is nehézkes, emiatt kevésbé tudott elterjedni. Előnye, hogy alkalmazásával viszonylag magas hatékonysággal lehet vírusmentes növényeket regenerálni.

Szomatikus embriogenezis

A szakirodalomban találunk példákat szomatikus embriogenezisen keresztül történő vírus-, sőt viroidmentesítésre, amelyet genotípus függősége miatt ritkábban alkalmaznak. Ugyanakkor az irodalmi adatok alapján a viroidot vagy vírust tartalmazó sejtekből nem regenerálódnak növények, így az eljárással nagy biztonsággal kaphatunk viroid- és vírusmentes növényeket (Oláh és tsai 2019).

Gambino és tsai (2006) vírusmentesítés céljából ovárium és portok eredetű embriogén kultúrákat hoztak létre különböző szőlőfajtákból. Vizsgálataik során megállapították, hogy a módszer mindkét esetben alkalmas a főemre korlátozott vírusok, pl. a GRSPaV, GLRaV-1, GLRaV-3 és GVA eltávolítására. Négyhónapos kallusz kultúrákban még nagyobb arányban (65%) tudták kimutatni az egyes vírusokat, amelyek később a 8 hónapos kultúrákból már ritkán voltak detektálhatók. A fertőzött növényekből származó kalluszok fertőzött és nem fertőzött sejtek mozaikjából állnak, amelyekből később az életképesebb sejtek tudnak osztódásnak indulni, így a regenerált növények

nagy eséllyel vírusmentesek lehetnek. Ugyanezen kutatók (Gambino és tsai 2009) elsőként regeneráltak GFLV fertőzéstől mentes növényeket kizárólag szomatikus embriogenezis alkalmazásával, ami azért volt fontos, mert korábban Goussard és Wiid (1992) ezt csak a portok kultúrák előzetes hőkezelésével tudták elérni. Ezzel a kísérlettel bebizonyosodott, hogy a szomatikus embriogenezis nem kizárólag a floémre korlátozott vírusok eltávolítására alkalmas.

San Pedro és tsai (2017) számos, GFkV és/vagy GFLV vírussal fertőzött, valamint négy, GLRaV-3 vírussal fertőzött fajta portokján indukáltak szomatikus embriogenezist. A regenerált növények 100%-a bizonyult GFkV-mentesnek és 68%-a GFLV-mentesnek. A GLRaV-3 esetében ez a szám 92% volt.

Oláh és Bordé (2017) szintén jó eredményeket értek el a GFkV fertőzés leküzdésében. A módszer szűk keresztmetszetét az embriogén kallusz indukcióra felhasznált hormonkombinációk genotípus függősége adja. Tapasztalataik alapján a 2,4-D (2,4-diklór-fenoxi-ecetsav) és BA (benzil-adenin) vagy a 2,4-D és TDZ (thidiazuron) tartalmú táptalajok a fajták széles körén alkalmasak erre a célra.

Borroto-Fernandez és tsai (2009) portoktenyészetek indításával sikerrel eliminálták az ArMV-t Domina szőlőfajtából. A kísérletük során 46 növényt sikerült regenerálniuk, amik mind vírusmentesnek bizonyultak és klónszelekcióra is alkalmasak voltak, ugyanis kivétel nélkül fajtahű jellegeket mutattak, valamint ploidszintjük is megfelelő volt. A növények vírusmentességét később további ELISA és RT-PCR vizsgálatokkal ellenőrizték *in vitro* és kiültetés utáni állapotukban is.

A szomatikus embriogenezissel regenerált növényeket illetően rendszeresen felmerül a szoma-klonális variabilitás okozta problémák és a megfelelő ploidszint kérdése. A genetikai állományra irányuló számos vizsgálat történt a regenerált növényeken SSR (San Pedro és tsai 2017) és RAPD (Othmani és tsai 2010; Yang és tsai 2008) módszerek alkalmazásával, de a ploidszint meghatározás is gyakran előfordult flow citometria (Borroto-Fernandez és tsai 2009; Yang és tsai 2008; Leal és tsai 2006) segítségével. A legtöbb esetben nem találtak DNS polimorfizmust vagy ploidszintbeli eltérést a kiindulási anyagokhoz képest, de például Leal és tsai (2006) 41 tesztelt szőlőnövény közül egy esetben tetraploid regeneránst azonosítottak. A genom méret meghatározást szolgáló vizsgálatok alapján kimutatták azt is, hogy a *Vitis vinifera* fajták igen stabilak a sejtmagi DNS tartalmuk tekintetében.

Összefoglalva az itt említett módszerek közül a szomatikus embriogenezis a leghatékonyabb a növényi vírusok eltávolítására, de több hátránnyal is rendelkezik. A virágzatok begyűjtése a virágnylást megelőző két hétben ajánlott, ugyanis a portokok ilyenkor vannak a megfelelő fejlettségi stádiumban. A módszer tehát évente egyszer alkalmazható és nem ismételhető, ezért ha valamilyen oknál fogva nem jár sikerrel, akkor más technikákat kell alkalmazni. A viroidok egyre nagyobb figyelmet kapnak a kutatásokban, mivel a jelenleg ismert legkisebb kórokozók a vírusokkal együtt kevert fertőzéseket is okoznak. A jelenleg hatályos szaporítóanyag rendelet a viroidok vizsgálatát nem szabályozza, de ez a jövőben változhat, ezért a szomatikus embriogenezis viroidokra gyakorolt hatásának érzékeny diagnosztikai módszerekkel (pl. HTS) történő felmérése is indokolt lehet.

Következtetések

A fent leírtak alapján elmondható, hogy az egyes technikák vírusmentesítési hatékonyságát számos tényező befolyásolja. Ilyen tényező például a genotípus, amely szinte minden módszer esetében meghatározó szereppel bír. A sikeres eliminációban az egyes vírusok biológiai jellemzői, a fertőzési mechanizmusuk és a növényi szövetekben való eloszlásuk is szerepet játszhat. Egyes módszerek lényegesen nagyobb tapaszta-

latot és technikai hátteret igényelnek, ami szűk keresztmetszetet jelenthet a technológia kiválasztásakor.

A fás vesszők melegvízes kezelése jó kezdőlépés lehet, hiszen számos esetben jobb rügezést biztosít a vesszők számára, amely rügekből létrehozott *in vitro* növények általában életképesebbek. A hajtáscsúcs tenyészetek létrehozása kiemelt fontosságú, ugyanis a legtöbb leírt vírusmentesítési technikában szerepük van.

A hajtáscsúcs tenyészetek önmagukban is elegendők lehetnek a floematikus vírusok (pl.: GRSPaV, GFkV, GVA, GVB, GLRaV-1, -2, -3, -7) eliminálására, de ehhez kellően nagy tapasztalat szükséges, ugyanis a 0,5 mm alatti hajtáscsúcsok kipreparálása és túlélésük biztosítása genotípusonként eltérő nehézségű feladat. A technika nagy tapasztalatot és mikroszkópot is igényel, amely a kemoterápia és szomatikus embriogenezis alkalmazása során nem feltétlenül szükséges. A kemoterápia során alkalmazott antivirális szerek hatására a hajtáscsúcsok nagyobb része (akár több mm hosszúságban) lesz vírusmentes, így azok szabad szemmel is jól preparálhatók, akár csak a szomatikus embriogenezis során a felhasznált portokok és termők. Emellett a megfelelő hormonkombinációk alkalmazásával nem csupán nagy eséllyel vírusmentes, de olykor viroidmentes vonalakat is regenerálhatunk. A portok preparálási időszak a vesszők hajtásával hosszabbítható, ugyanakkor ilyenkor a virágok általában jóval kisebbek. A krioterápia során a magasabb víztartalmú sejtek elpusztulnak, ezért, ha a hajtáscsúcsról nagyobb szövetet is preparálunk, abból csak az életképes és fertőzésmentes sejtek osztódásával regenerálódik növény, amennyiben sikerül a soklépcsős protokolt megfelelően adaptálni.

A hőterápia akár konténeres anyagon is elvégezhető, ami előnyös, mert nem követeli meg *in vitro* tenyészetek előzetes létrehozását, így a hajtáscsúcsokat a kezelés után is elegendő kipreparálni. A szomatikus embriogenezissel és a kemoterápiával egyetemben ez a technika főleg korlátozott vírusok eliminálásán túl más egyéb vírusok eltávolítására is jól alkalmazható (pl.: ArMV, GCMV, GFLV).

Tapasztalatok alapján a különböző módszerek kombinálásával nagymértékben növelhető a regenerált vírusmentes növények aránya. A hőterápiának vagy krioterápiának a hajtáscsúcs tenyészetekkel történő együttes alkalmazása nagy sikereket ért el a különböző floematikus vírusok esetében. A hőterápia kombinálása a kemoterápiával szintén jó választás lehet, ugyanis előbbi hatásosan csökkenti a vírus titeret, míg utóbbi az új vírusok szintézisének gátlásában ért el kiemelkedő eredményeket. A szőlő kemoterápiában alkalmazható, kevésbé fitotoxikus szerek palettájának folyamatos bővítése izgalmas kutatási terület, amelyben az egyes szerek viroidokra gyakorolt hatását is szükséges vizsgálni.

Fontos megemlíteni a diagnosztika fontosságát is, ahol az ELISA és RT-PCR módszerek alkalmazása általános a növényvírusok kimutatásában, azonban a nagy áteresztőképességű szekvenálás (HTS) nagyobb érzékenységgű és a még le nem írt vírusok kimutatását is lehetővé teszi. A kiindulási anyagok előzetes HTS tesztelése így sokat segíthet egy-egy vírusprofil felállításakor és a regenerált növényanyag tesztelésekor is.

A különböző szőlő genotípusok *in vitro* szaporíthatósága és regenerációs hatékonysága meghatározza a felhasználható technikák körét, de jelenleg nincs egységesen hatékony módszer az összes szőlő vírus eltávolítására. Éppen ezért a hatékony vírusmentesítési stratégia megválasztását nagyban befolyásolja, hogy a kiindulási anyagok milyen vírusokkal fertőzöttek és a szakirodalomban korábban mely módszerek alkalmazásával tudták azokat hatékonyan eltávolítani.

Köszönetnyilvánítás

Munkánkhoz az NKFIH nyújtott anyagi támogatást (K131679), valamint a GINOP 2.3.3-15-2016-00042 számú pályázata támogatta (OR). TM a SZIE Kertészettudományi Doktori Iskola PhD hallgatója.

Irodalomjegyzék

1. Ancora, G., Belli-Donini, M.L. and Cuzzo, L. 1981. Globe artichoke plants obtained from shoot apices through rapid *in vitro* micropropagation. *Sci. Hortic.* 14(3): 207-213.
2. Basso, M.F., Fajadro, T.V. and Saldarelli, P. 2017. Grapevine virus diseases: economic impact and current advances in viral prospection and management. *Rev. Bras. Frutic.* 39(1).
3. Bayati, S., Shams, B.M. and Moieni, A. 2011. Elimination of *Grapevine virus A* (GVA) by cryotherapy and electrotherapy. *J. Agr. Sci. Tech.* 13:443-450.
4. Beijerinck, M.W. 1898. On a Contagium vivum fluidum causing the spot disease of the tobacco-leaves. *Phytopathol. Classics.* 7(1):33-52.
5. Bettoni, J.C., Costa, M.D., Gardin, J.P.P., Kretzschmar, A.A. and Pathirana, R. 2016. Cryotherapy: a new technique to obtain grapevine plants free of viruses. *Rev. Bras. Frutic.* 38(2).
6. Bisztray, G.D., Civerolo, E.L., Dula, T., Kölber, M., Lázár, J., Mugnai, L. and Savka, M.A. 2012. Grapevine pathogens spreading with propagating plant stock: Detection and methods for elimination. *Grapevines: Varieties, cultivation, and management.* Nova Sci. Pub., Hauppauge, NY, 1-86.
7. Bisztray, G.D., Lázár, J., Szegedi, E., Varga, G., Nagy, B. and Hajdu, E. 2011. A complex system for the production of pathogen-free grapevine propagating material. *Int. J. Hortic. Sci. Technol.* 17(3): 59-62.
8. Borroto-Fernandez, E.G., Sommerbauer, T., Popowich, E., Scharl, A. and Laimer, M. 2009. Somatic embryogenesis from anthers of the autochthonous *Vitis vinifera* cv. Domina leads to *Arabis mosaic virus*-free plants. *Eur. J. Plant Pathol.* 124(1): 171-174.
9. Burr, T.J., Ophel, K., Katz, B.H. and Kerr, A. 1989. Effect of hot water treatment on systemic *Agrobacterium tumefaciens* biovar 3 in dormant grape cuttings. *Plant Dis.* 73(3): 242-245.
10. Burr, T.J., Reid, C.L., Splittstoesser, D.F. and Yoshimura, M. 1996. Effect of heat treatments on grape bud mortality and survival of *Agrobacterium vitis* *in vitro* and in dormant grape cuttings. *Am. J. Enol. Vitic.* 47(2): 119-123.
11. Chauhan, P., Singla, K., Rajbhar, M., Singh, A., Das, N. and Kumar, K. 2019. A systematic review of conventional and advanced approaches for the control of plant viruses. *J. Appl. Biol. Biotechnol.* 7(04): 89-98.
12. Chinestra, S.C., Curvetto, N.R. and Marinangeli, P.A. 2015. Production of virus-free plants of *Lilium* spp. from bulbs obtained *in vitro* and *ex vitro*. *Sci. Hortic.* 194: 304-312.
13. Crotty, S., Cameron, C. and Andino, R. 2002. Ribavirin's antiviral mechanism of action: lethal mutagenesis? *J. Mol. Med.* 80(2): 86-95.
14. De Clercq, E. 2005. Antiviral drug discovery and development: where chemistry meets with biomedicine. *Antivir. Res.* 67(2): 56-75.
15. Demián, E., Jaksa-Czotter, N., Molnár, J., Tusnády, G.E., Kocsis, L. and Várallyay, E. 2020. Grapevine rootstocks can be a source of infection with non-regulated viruses. *Eur. J. Plant Pathol.* 156(3): 897-912.
16. Eichmeier, A., Kominkova, M., Pecenkova, J. and Kominek, P. 2019. High-throughput small RNA sequencing for evaluation of grapevine sanitation efficacy. *Journal of virological methods*, 267: 66-70.
17. Feng, C.H., Cui, Z.H., Li, B.Q., Chen, L., Ma, Y.L., Zhao, Y.H. and Wang, Q.C. 2013. Duration of sucrose preculture is critical for shoot regrowth of *in vitro*-grown apple shoot-tips cryopreserved by encapsulation-dehydration. *Plant Cell Tissue Organ Cult.* 112(3): 369-378.
18. Gambino, G., Bondaz, J. and Gribaudo, I. 2006. Detection and elimination of viruses in callus, somatic embryos and regenerated plantlets of grapevine. *Eur. J. Plant Pathol.* 114(4): 397-404.
19. Gambino, G., Di Matteo, D. and Gribaudo, I. 2009. Elimination of *Grapevine fanleaf virus* from three *Vitis vinifera* cultivars by somatic embryogenesis. *Eur. J. Plant Pathol.* 123(1): 57-60.
20. Gifford, E.M. and Hewitt, W.B. 1961. The use of heat therapy and *in vitro* shoot tip culture to eliminate fanleaf virus from the grapevine. *Am. J. Enol. Vitic.* 12(3): 129-130.
21. Goussard, P.G. and Wiid, J. 1992. The elimination of fanleaf virus from grapevines using *in vitro* somatic embryogenesis combined with heat therapy. *S. Afr. J. Enol. Vitic.* 13(2): 81-83.

22. Gramaje, D., Mañas, F., Lerma, M.L., Muñoz, R.M., García-Jiménez, J. and Armengol, J. 2014. Effect of hot-water treatment on grapevine viability, yield components and composition of must. *Aust. J. Grape Wine Res.* 20(1): 144-148.
23. Griboaud, I., Gambino, G., Cuozzo, D. and Mannini, F. 2006. Attempts to eliminate *Grapevine rupestris stem pitting-associated virus* from grapevine clones. *J. Plant Pathol.* 293-298.
24. Grondeau, C., Samson, R. and Sands, D.C. 1994. A review of thermotherapy to free plant materials from pathogens, especially seeds from bacteria. *Crit. Rev. Plant Sci.* 13(1): 57-75.
25. Guta, I.C. and Buciumeanu, E.C. 2011. Grapevine chemotherapy for elimination of multiple virus infection. *Rom. Biotechnol. Lett.* 16(5).
26. Guta, I.C. Buciumeanu, E.C. and Visoiu, E. 2014. Elimination of *Grapevine fleck virus* by *in vitro* Chemotherapy. *Not. Bot. Horti Agrobot. Cluj Napoca*, 42(1): 115-118.
27. Guta, I.C., Buciumeanu, E.C., Gheorghie, R.N. and Teodorescu, A. 2010. Solutions to eliminate *grapevine leafroll associated virus* serotype 1+3 from *V. vinifera* L. cv. Ranâi Magaraci. *Rom. Biotechnol. Lett.* 15(1): 73.
28. Hu, G., Dong, Y., Zhang, Z., Fan, X., Ren, F., Li, Z. and Zhang, S. 2018. Elimination of *Grapevine rupestris stem pitting-associated virus* from *Vitis vinifera* 'Kyoho' by an antiviral agent combined with shoot tip culture. *Sci. Hortic.* 229: 99-106.
29. King, A.M., Adams, M.J., Carstens, E.B. and Lefkowitz, E.J. 2012. Virus taxonomy. Ninth report of the International Committee on Taxonomy of Viruses, 486-487.
30. Komínek, P., Komínková, M. and Jandová, B. 2016. Effect of repeated Ribavirin treatment on grapevine viruses. *Acta Virol.* 60(4): 400-403.
31. Lal, A.N.K.I.T.A., Pant, M.A.N.U. and Rani, A.N.J.U. 2015. The who's who of plant viruses: A cognitive approach. *Asian J. Pharm. Clin. Res.* 8(1): 60-68.
32. Lassois, L., Lepoivre, P., Swennen, R., van den Houwe, I. and Panis, B. 2012. Thermotherapy, chemotherapy, and meristem culture in banana. In *Protocols for micropropagation of selected economically-important horticultural plants*. Humana Press, Totowa, NJ. 419-433.
33. Lázár J. 2011. Szaporítóanyaggal terjedő patogének. In: Hajdu E. (szerk.): *Szőlőfajták, szaporítóanyagok és betegségeik*. Agroinform Kiadó és Nyomda Kft., Budapest, 179-210.
34. Leal, F., Loureiro, J., Rodriguez, E., Pais, M.S., Santos, C. and Pinto-Carnide, O. 2006. Nuclear DNA content of *Vitis vinifera* cultivars and ploidy level analyses of somatic embryo-derived plants obtained from anther culture. *Plant Cell Rep.* 25(9): 978-985.
35. Maliogka, V.I., Martelli, G.P., Fuchs, M. and Katis, N.I. 2015. Control of viruses infecting grapevine. In *Advances in Virus Research*. Academic Press. 91: 175-227.
36. Maliogka, V.I., Skiada, F.G., Eleftheriou, E.P. and Katis, N.I. 2009. Elimination of a new ampelovirus (GLRaV-Pr) and *Grapevine rupestris stem pitting associated virus* (GRSPaV) from two *Vitis vinifera* cultivars combining *in vitro* thermotherapy with shoot tip culture. *Sci. Hortic.* 123(2): 280-282.
37. Maree, H.J., Almeida, R.P., Bester, R., Chooi, K.M., Cohen, D., Dolja, V.V. and Naidu, R. A. 2013. *Grapevine leafroll-associated virus 3*. *Front. Microbiol.* 4: 82.
38. Marković, Z., Preiner, D., Stupić, D., Andabaka, Ž., Šimon, S., Vončina, D. and Engelmann, F. 2015. Cryopreservation and cryotherapy of grapevine (*Vitis vinifera* L.). *Vitis*, 54(SI): 247-251.
39. Martelli, G.P. 2014. Directory of virus and virus-like diseases of the grapevine and their agents. *J. Plant Pathol.* 96(1sup): 1-136.
40. Martelli, G.P., Adams, M.J., Kreuze, J.F. and Dolja, V.V. 2007. Family Flexiviridae: a case study in virion and genome plasticity. *Annu. Rev. Phytopathol.*, 45: 73-100.
41. Martelli, J.P. 2018. Where grapevine virology is heading to. In: *Proceedings of the 19th Congress of ICVG (April 2018, Santiago, Chile)*.
42. Monette, P.L. 1986. Elimination *in vitro* of two grapevine nepoviruses by an alternating temperature regime. *J. Phytopathol.* 116(1): 88-91.
43. Naidu, R., Rowhani, A., Fuchs, M., Golino, D. and Martelli, G.P. 2014. Grapevine leafroll: A complex viral disease affecting a high-value fruit crop. *Plant Dis.* 98(9): 1172-1185.

44. Oláh R. és Bordé Á. 2017. Módszertani fejlesztések a szőlő vírusmentesítésében. *Kertgazdaság*, 49(4): 39-41.
45. Oláh R., Turcsán M., Szénási M., Oláh K., Szegedi E. és Lázár J. 2019. A szőlő patogénmentesítése szövettenyésztési eljárások alkalmazásával. In: Szabó Péter (Ed.): *Innováció a Szőlőszaporításban*. Doktoranduszok Országos Szövetsége, Budapest. 54-59.
46. Oláh, R., Deák, T., Turcsán, M., Szénási, M., Bordé, Á. and Szegedi, E. 2017. Use of an intron containing grapevine gene as internal control for validation of cDNA synthesis in virus detection by RT-PCR. *European J. Plant Pathol.* 149(3): 765-770.
47. Othmani, A., Rhouma, S., Bayouhd, C., Mzid, R., Drira, N. and Trifi, M. 2010. Regeneration and analysis of genetic stability of plantlets as revealed by RAPD and AFLP markers in date palm (*Phoenix dactylifera* L.) cv. Deglet Nour. *Int. Res. J. Plan. Sci.* 1(3): 48-55.
48. Panattoni, A., Luvisi, A. and Triolo, E. 2011. Selective chemotherapy on *Grapevine leafroll-associated virus-1* and *-3*. *Phytoparasitica*, 39(5): 503-08.
49. Panattoni, A. and Triolo, E. 2010. Susceptibility of grapevine viruses to thermotherapy on *in vitro* collection of Kober 5BB. *Sci. Hortic.* 125(1): 63-67.
50. Panattoni, A., D'Anna, F., Cristani, C. and Triolo, E. 2007. Grapevine vitivirus A eradication in *Vitis vinifera* explants by antiviral drugs and thermotherapy. *J. Virol. Methods.* 146(1-2): 129-135.
51. Panattoni, A., Luvisi, A. and Triolo, E. 2013. Elimination of viruses in plants: twenty years of progress. *Spanish J. Agric. Res.* (1): 173-188.
52. Pathirana, R., McLachlan, A., Hedderley, D., Carra, A., Carimi, F. and Panis, B. 2013. Removal of leafroll viruses from infected grapevine plants by droplet vitrification. In VIII International Symposium on *In Vitro* Culture and Horticultural Breeding. *Acta. Hortic.* 1083: 491-498.
53. Roossinck, M.J. 2010. Lifestyles of plant viruses. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biol. Sci.* 365(1548): 1899-1905.
54. Sabanadzovic, S., Abou-Ghanem, N., Castellano, M.A., Digiaro, M. and Martelli, G.P. 2000. *Grapevine fleck virus*-like viruses in *Vitis*. *Arch. Virol.* 145(3): 553-565.
55. San Pedro, T., Gammoudi, N., Peiró, R., Olmos, A. and Gisbert, C. 2017. Somatic embryogenesis from seeds in a broad range of *Vitis vinifera* L. varieties: rescue of true-to-type virus-free plants. *BMC Plant Biol.* 17(1): 226.
56. Shatnawi, M., Anfoka, G., Shibli, R., Al-Mazra'awi, M., Shahrou, W. and Arebiat, A. 2011. Clonal propagation and cryogenic storage of virus-free grapevine (*Vitis vinifera* L.) via meristem culture. *Turk. J. Agric. For.* 35(2): 173-184.
57. Skiada, F.G., Grigoriadou, K., Maliogka, V.I., Katis, N. and Eleftheriou, E.P. 2009. Elimination of *Grapevine leafroll-associated virus 1* and *Grapevine rupestris stem pitting-associated virus* from grapevine cv. Agiorgitiko, and a micropropagation protocol for mass production of virus-free plantlets. *J. Plant Pathol.* 177-184.
58. Skiada, F.G., Maliogka, V.I., Katis, N.I. and Eleftheriou, E.P. 2013. Elimination of *Grapevine rupestris stem pitting-associated virus* (GRSPaV) from two *Vitis vinifera* cultivars by *in vitro* chemotherapy. *Eur. J. Plant Pathol.* 135(2): 407-414.
59. Szegedi, E., Deák, T., Turcsán, M., Szénási, M., Bordé, Á. and Oláh, R. 2018. Evaluation of intron containing potential reference gene-specific primers to validate grapevine nucleic acid samples prepared for conventional PCR and RT-PCR. *Vitis*, 57: 69-73.
60. Vieira, R.L., da Silva, A.L., Zaffari, G.R., Steinmacher, D.A., de Freitas Fraga, H.P. and Guerra, M.P. 2015. Efficient elimination of virus complex from garlic (*Allium sativum* L.) by cryotherapy of shoot tips. *Acta Physiol. Plant.* 37(1): 1733.
61. Wang, Q. and Valkonen, J.P. 2009. Cryotherapy of shoot tips: novel pathogen eradication method. *Trends Plant Sci.* 14(3): 119-122.
62. Wang, Q., Mawassi, M., Li, P., Gafny, R., Sela, I. and Tanne, E. 2003. Elimination of *grapevine virus A* (GVA) by cryopreservation of *in vitro*-grown shoot tips of *Vitis vinifera* L. *Plant Sci.* 165(2): 321-327.
63. Wang, Q.C. and Valkonen, J.P.T. 2008. Elimination of two viruses which interact synergistically from sweetpotato by shoot tip culture and cryotherapy. *J. Virol. Methods.* 154(1-2): 135-145.

64. Weiland, C.M., Cantos, M., Troncoso, A. and Perez-Camacho, F. 2003. Regeneration of virus-free plants by *in vitro* chemotherapy of GFLV (*Grapevine fanleaf virus*) infected explants of *Vitis vinifera* L. Cv 'Zalema'. In International Symposium on Grapevine Growing, Commerce and Research, 652: 463-466.
65. Yang, X.M., An, L.Z., Xiong, Y.C., Zhang, J.P., Li, Y. and Xu, S.J. 2008. Somatic embryogenesis from immature zygotic embryos and monitoring the genetic fidelity of regenerated plants in grapevine. *Biol. Plant.* 52(2): 209-214.
66. Youssef, S.A., Al-Dhaher, M.M.A. and Shalaby, A.A. 2009. Elimination of *Grapevine fanleaf virus* (GFLV) and *Grapevine leaf roll-associated virus-1* (GLRaV-1) from infected grapevine plants using meristem tip culture. *Int. J. Virol.* 5(2): 89-99.

Production of virus-free grapevine propagation material by tissue culture methods (mini review)

TURCSÁN M., OLÁH K., OLÁH R.

National Agricultural Research and Innovation Centre,
Research Institute for Viticulture and Oenology, Research Station of Kecskemét

E-mail: turcsan.mihaly@szbki.naik.hu

Summary

Grapevine can be infected by numerous pathogens including viroids, viruses, phytoplasmas, bacteria and fungi. Since there are no properly developed methods for the defense against viruses and viroids causing infectious diseases, which can be used in vineyards, producing pathogen-free propagation materials has a critical importance. In the last decades researchers developed several techniques for the elimination of certain pathogens, particularly viruses. As effect of these methods are based on different mechanism, they are applicable with distinct effectiveness for the elimination of different grapevine viruses. The aim of this article is to review the most important results of the potential virus elimination techniques.

Keywords: meristem isolation, chemotherapy, somatic embryogenesis

Szerzők

Turcsán Mihály – PhD hallgató, tudományos segédmunkatárs, NAIK Szőlészeti és Borászati Kutatóintézet, Kecskeméti Kutató Állomás, 6000 Kecskemét, Katona Zsigmond utca 5.

Oláh Krisztina – kutató mérnök, NAIK Szőlészeti és Borászati Kutatóintézet, Kecskeméti Kutató Állomás, 6000 Kecskemét, Katona Zsigmond utca 5.

Oláh Róbert – PhD, tudományos tanácsadó, NAIK Szőlészeti és Borászati Kutatóintézet, Kecskeméti Kutató Állomás, 6000 Kecskemét, Katona Zsigmond utca 5.

A termőhely és az évjárat hatásainak értékelése valódi (*Lavandula angustifolia* Mill.) és hibrid levendula (*Lavandula* × *intermedia* Emeric ex Loisel.) fajták magyarországi állományában

DÉTÁR ENIKŐ¹, ZÁMBORINÉ NÉMETH ÉVA¹, GOSZTOLA BEÁTA¹,
DEMJÁN ILDIKÓ², TÓTH JÓZSEF³, PLUHÁR ZSUZSANNA¹

¹Szent István Egyetem, Kertészettudományi Kar, Gyógy- és Aromanövények Tanszék

²Levendula major Kft., 8244, Dörgicse

³Szomódi Levendulás, 2896, Szomód

E-mail: detar.eniko@hotmail.com

Összefoglaló

Két *L. angustifolia* ('Hidcote' és 'Munstead') és két *L. × intermedia* ('Grappenhall' és 'Grosso') fajta hazai teljesítőképességét értékeltük illóolaj-tartalom és -összetétel alapján 2017-ben és 2018-ban a virágzás periódusában, két magyarországi termőterületről (Dörgicse és Szomód) gyűjtött mintákban.

Megállapítottuk, hogy a termőhelyi hatás a vizsgált fajták közül csak a 'Grappenhall' illóolaj-tartalom értékeire nézve érvényesült, ami mindkét kísérleti évben statisztikailag igazolható volt (2017-ben: $p < 0,0001$; 2018-ban: $p < 0,004$). 2018-ban a 'Grappenhall' mellett a 'Hidcote' illóolaj-tartalom értékei is magasabbak voltak a szomódi területen. A legkiemelkedőbb illóolaj-tartalmat (9,5 ml/100 g) viszont Dörgicsén mértük 2017-ben, a 'Grosso' fajta esetében.

A *L. angustifolia* fajták illóolaj komponenseire nagyobb variabilitás volt jellemző, míg a *L. × intermedia* fajták egységesebb, termőterületre jellemző illóolaj komponens mintázattal rendelkeztek. Kísérletünkben, a szakirodalmi adatokkal egybehangzóan, a *L. × intermedia* fajták illóolajában a linalool komponens aránya meghaladta a vizsgálatba bevont *L. angustifolia* fajták hasonló értékeit. Közülük a legmagasabb linalool százalékkal (58,9%) a 'Grosso' dörgicsei állománya rendelkezett. A *L. angustifolia* 'Munstead' fajtát rendkívüli stabilitás jellemezte az illóolaj-tartalom és -összetétel szempontjából egyaránt, melyet sem az évjárat, sem a termőhely nem befolyásolt jelentősen. Kísérletünkben az évjárat hatása elsősorban az illóolaj-összetétel alakulásánál mutatkozott meg, mely statisztikailag jelentős mértékben csak a szomódi termőterületen ($p < 0,018$) érvényesült.

Kulcsszavak: levendula fajták, illóolaj-tartalom, illóolaj-összetétel, Dörgicse, Szomód

Bevezetés és irodalmi áttekintés

A levendula napjainkban az egyik legjelentősebb gyógynövény, de már évszázadokkal ezelőtt is ismerték és használták jellegzetesen finom illata, illetve gyógyhatásai miatt. A *Lavandula* nemzetségbe 29 faj tartozik, amelyek legtöbbször mediterrán eredetű, így meglehetősen szárazságtűrő (xerofil), melegigényes, évelő félcserjék (N). A *L. angustifolia* VIII. Magyar Gyógyszerkönyv (Ph. Hg. VIII., 2004) szerinti szárított drogját (*Lavandulae flos*), illetve a friss vagy szárított virágból vízgőz desztillációval előállított illóolaját (*Lavandulae aetheroleum*) hasznosítja a gyógyászat és a kozmetikai ipar egyaránt (Grant és tsai 2011).

A VIII. Magyar Gyógyszerkönyv (2004) előírása alapján a *L. angustifolia* virágból előállított illóolajnak el kell érnie a legalább 13 ml/kg mennyiséget. További előírásai szerint a *L. angustifolia* illóolajában a komponensek aránya a következő: linalil-acetát: 25-46%, linalool: 20-45%, terpinén-4-ol: 0,1-6%, 1,8-cineol: max. 2,5%, α -terpineol: max. 2%, lavandulil acetát: min. 0,2%, lavandulol: min. 0,4%. Míg a *L. × intermedia* illóolaját elsősorban a linalool, linalil-acetát, kámfor, 1,8-cineol és borneol alkotja. Az illóolaj minőségét a fő összetevők megfelelő aránya adja, emellett minél magasabbak ezen értékek, annál értékesebbnek számít az illóolaj. Emellett kiemelt jelentőségű az illóolaj jó minőségéhez hozzájáruló teljes észter százalék. A *L. × intermedia* illóolajában a megengedettnél nagyobb százalékban előfordul 1,8-cineol, kámfor és borneol az alacsony linalil-acetát tartalom mellett ronthatja a kinyert olaj minőségét (Lawrence 1994).

A levendula fajok esetében már korábban igazolták, hogy az illóolaj összetétele fajonként és fajtánként, termőhelytől függően, valamint növényi szervenként is változhat (Lalande 1984; Lis-Balchin 2002). Az illóolaj komponensek termelődése transzkripciós szinten szabályozott, a bioszintézis utakban fajonkénti különbségek fedezhetők fel (Boeckelmann 2008). A *L. angustifolia* esetében a legmagasabb linalool arányt (50,6%) Chatzopoulou és tsai (2003) mérték görögországi kísérletük során, míg a linalil-acetát legnagyobb százalékát (47,6%) Verma és tsai (2010) mutatták ki Indiában. Russo és tsai (1998) megállapították, hogy a levendula beltartalmi anyagainak alakulását elsődlegesen a genotípus határozza meg, azonban több környezeti tényező (termőhely, éghajlati adottságok) hatása is érvényesül (Boeckelmann 2008; Zámboriné 2015). Különböző régiókból (Bulgária, Kína, India, Irak, Lengyelország, stb.) származó levendula minták eltérő illóolaj-összetétellel rendelkeztek, továbbá különböző kemotípusok megléte is igazolást nyert a levendula fajok tekintetében (pl.: Törökország: fenkon-kámfor kemotípusú *L. stoechas*, Franciaországban: linalool-linalil acetát kemotípusú *L. angustifolia*) (Andrys és Kulpa 2016).

A levendula termesztése során figyelembe veendő, hogy a termesztési körülmények, pl.: a termőterület évi átlagos középhőmérséklete, az évi átlagos csapadék mennyisége, a talaj ásványianyag-összetétele (N, P, S, NaCl) meghatározhatják a kinyert illóolaj mennyiségét és minőségét (Hassiotis és tsai 2010, 2014; Zheljzkov és tsai 2012, 2013; Chrysargyris és tsai 2015). Míg a talaj nehézfém szennyezettsége nem (Zheljzkov és tsai 1996), addig a talaj sótartalma hatással lehet az illóolaj-tartalom alakulására (Cordovilla és tsai 2014). A növények tápanyag ellátásának biztosítása, különösen a nitrogén dózis növelése megváltoztatta a linalool/linalil-acetát arányt Zeliha és tsai kísérletében (2013), ahol a legjobb illóolaj-összetételt 100 kg/ha N dózissal tapasztaltak. Emellett befolyásoló tényezők lehetnek a növény morfológiai sajátosságai, fejlődési stádiuma, fajtája, a termesztés és betakarítás éve és ideje (Lis-Balchin 2002; Baydar és Erbas 2009; Guitton és tsai 2010; Kara és

Baydar 2013). A feldolgozási módszerek közül, például a szárítás, az illóolaj kinyerési technikák, valamint a desztillációs idő (Zagorcheva és tsai 2013) is befolyásolják a kinyert illóolaj mennyiségét és minőségét. A fentiek alapján az illóolaj összetevők alakulásának vizsgálatával kapcsolatos kísérletek jelentősége kiemelkedő, akár különböző termőterületekre, természetstechnológiai eljárásokra vagy fajok és fajták összehasonlítására fókuszálva.

Célkitűzés

Kutatásaink során fontosnak tartjuk megvizsgálni azon különböző külső (termőhely, időjárás) és belső tényezőket (fajta/genotípus) amelyek befolyásolhatják, hogy milyen hozamú és kémiai összetételű lesz az előállított levendula illóolaj. A szakirodalom áttekintése alapján nyilvánvalóvá vált, hogy a hazai levendulatermesztésről nem áll rendelkezésünkre információ a fajtahasználatot, a termőhelyi hatásokat és a fajták teljesítőképeségét ill. beltartalmi jellemzőit illetően. Ezért elsődleges célunk a vizsgálatba vont fajták összehasonlító értékelése illóolaj összetétel alapján, illetve ezzel párhuzamosan a kiválasztott hazai termőterületek összehasonlítása, jellemzése az éghajlati/időjárás adatok és a talajjellemzők szempontjaiból.

Kísérletünkben célul tűztük ki, Magyarország két különböző területéről, négy azonos fajta állományaiából származó levendula minták virágzáskori begyűjtését, két eltérő tenyészidőszakban (2017, 2018). Ezáltal egyaránt lehetővé vált a fajták, a termőhely és az évszám szerepének értékelése a két levendula faj illóolaj mennyiségének és minőségének vonatkozásában.

Anyag és módszer

Termőhely és növényi anyag

A magyarországi levendula termőterületek közül a dörgicsei és a szomódi állományokat vontuk be a kutatásba. A növényi mintákat Dörgicse-n a Levendula Major Kft. biztosította számunkra, míg Szomódon a Szomódi Levendulás fajtáit vizsgálhattuk. Dörgicse a Balaton-felvidék 200 m magasan fekvő térsége, melyet mészkövön kialakult barna erdőtalaj jellemez. Éghajlata mérsékelt meleg és mérsékelt száraz. A csapadékösszeg valamivel több, mint 600 mm. A településen alapított Levendula Major Kft. területén az első levendula töveket 2003 őszén ültették ki, a termőterület azóta 5 hektárnyi állománnyá nőtt ki magát. Szomód Tata szomszédságában fekvő település. A környező hegyvidékek napsütéses lejtőit löszön kialakult barna erdőtalaj jellemzi. Éghajlata az országos átlagnál hűvösebb, csapadékosabb (évi átlagos csapadék 650-700 mm), erősen szeles, de a hőingadozás alacsony és a napsütéses órák száma is elég magas (1. táblázat/a). Az első levendula állományokat 2013-ban létesítették, amellyel megalakult a Szomódi Levendulás. Dörgicse és Szomód további éghajlati- és talaj jellemzői az 1. táblázat/-a, -b és -c részében láthatóak. A két kísérleti év csapadékeloszlásában jelentős különbség fedezhető fel (1. táblázat/c). A virágzást megelőző periódusban a 2017-es évben több csapadék hullott mind Dörgicse-n, mind Szomódon egyaránt.

Vizsgálatainkhoz a bőséges fajtakinálatból két *L. angustifolia* ('Hidcote' és 'Munstead') és két *L. × intermedia* fajtára ('Grosso' és 'Grappenhall') esett a választás. Lehetőségünk nyílt arra, hogy ugyanazon növényi mintákat mindkét területről begyűjtsük. A kiválasztott fajtákról a 'Grappenhall' kivételével rendelkezésünkre állnak irodalmi adatok külföldi szerzőktől (Renaud és tsai 2001,

2002; Se 2013; Pistelli és tsai 2017; Kara és Baydar 2013), valamint ismert a fajták eredete: a sötét-ibolya virágzatú 'Hidcote' az egyik legismertebb fajta a levendula termesztésben, eredete 1950-re tehető (Nagy-Bitannia), a szintén Nagy-Britanniából származó 'Munstead' 1916-ban, a hibrid 'Grappenhall' pedig 1902-ben alakult. Ez utóbbi fajta jellegzetessége a dús, ezüstszürke lombzat, arányaiban kevesebb virágzati szár. A vizsgált fajták közül egyedül a 'Grosso' származása tehető Franciaország területére (1972) (Lis Balchin 2002).

1/a. táblázat A vizsgálatba bevont termőterületek környezeti és éghajlati jellemzői.

Rövidítések: Mu = 'Munstead', Hi= 'Hidcote', Gra= 'Grappenhall', Gro= 'Grosso'

Környezeti körülmények/ Conditions	Termőhely/ Growing area	
	Dörgicse (D)	Szomód (Sz)
Régió/ Region	Balaton-felvidék, Veszprém megye	É-Dunántúl, Komárom-Esztergom megye
Helymeghatározás/ Location	46° 55' 01" É, 17° 43' 19" K	47° 40' 57" É, 18° 20' 30 K
Fajták/Cultivars	Mu, Hi, Gra, Gro	Mu, Hi, Gra, Gro
Átl. évi középhőmérséklet / Average annual temperature (°C)	9-10	8-9
Átl. csapadékmennyiség/ Average annual rainfall, mm	600-650	650-700
Alapkőzet/ Base rock	mészkö/ limestone	lösz/ loess
Talajtípus/ Soil type	sziklás barna erdőtalaj/ rocky brown forest soil	homokos barna erdőtalaj/ sandy brown forest soil
Levendula állomány alapításának éve / Lavender field established in	2003	2013

Table 1/a. Environmental conditions of investigated growing sites

1/b. táblázat A termőterületek talaj jellemzői (A termelők talajelemzése alapján).

Termőhely/ Growing area	Talaj jellemzők/ Soil parameters												
	pH	K _A	CaCO ₃ m/m %	Humusz m/m %	NO ₃ +NO ₂ -N mg/kg	P ₂ O ₅ mg/kg	K ₂ O mg/kg	Mg mg/kg	P ₂ O ₅ mg/kg	Zn mg/kg	Cu mg/kg	Mn mg/kg	SO ₄ ²⁻ mg/kg
Dörgicse	7	43	5	2	11	261	117	317	116	14	2	214	22
Szomód	8	57	11	2	13	303	263	69	38	1	0	26	53

Table 1/b. Soil characteristics of the growing areas (According to soil analyses of the growers)

1/c. táblázat Csapadék mennyiség értékek (mm) a virágzást megelőző időszakból 2017-ben és 2018-ban (mm/hó)

Termőhely/ Growing area	Csapadékmennyiség/ Amount of precipitation (mm/hó)			
	Dörgicse (D)		Szomód (Sz)	
	Évjárat/ Growth year	2017	2018	2017
Április	53,8	17,2	70,2	1,9
Május	15,2	56,6	23,6	7,1
Június	81,6	84,8	21,1	15,3
Július	83,4	53,3	59,6	8,6
Összes:	234,0	211,9	174,5	32,9

(Az OMSZ-Országos Meteorológiai Szolgálat által biztosított adatok alapján).

Table 1/c. Precipitation values (mm) in 2017 and 2018 prior to harvest (mm/month)

Mintagyűjtés és előkészítés

Kísérleteinkhez a mintáinkat 2017-ben és 2018-ban a valódi levendula fajták esetében június közepén, a hibrid levendula fajtákat pedig július közepén szedtük mindkét termőterületről. A mintaszedés a teljes virágzás fázisában történt. Fajtánként, mindkét termőhelyről évenként 3-3 reprezentatív mintát vettünk, a kiválasztott növényegyed virágzatainak megközelítőleg 20 cm-es szárral történő lemetésével. A mintákat ezután szárítottuk, majd szobahőmérsékleten tároltuk a lepárlásig. Minden fajta esetében három ismétlésben dolgoztunk.

Az illóolaj-tartalom meghatározása

A szárított növényi anyagot (5-10 g) Clevenger típusú laboratóriumi eszközzel desztilláltuk a VII. Magyar Gyógyszerkönyv (1986) előírásának megfelelően. A vízgőzdesztilláció hossza 1 óra volt. Az illóolaj mennyiségét ml/100 g-ban fejeztük ki a drog vízmentes szárazanyag-tartalmára vonatkoztatva (sz.a.=szárazanyag tartalom). Az illóolaj mintákat a gázkromatográfias vizsgálatokat megelőzően lezárt üveg fiolákban tároltuk +4 °C -on, hűtőszekrényben.

Az illóolaj összetételének meghatározása

Az illóolaj összetevőinek meghatározásához 6890 N típusú gázkromatográfot alkalmaztunk, amely 5975 MS detektorral (Agilent Technologies, USA), valamint HP-5MS (5% fenil-metil-sziloxán, hossz: 30 m, d=250 mm, filmvastagság: 0,25 mm) típusú kolonnával rendelkezett. Az injektor 230 °C, a detektor: 240 °C hőmérsékleten üzemelt. A hőmérsékleti program: 60 – 240 °C között 3 °C/perc rátával emelkedett. Vivőgázként héliumot alkalmaztunk, melynek áramlási sebessége konstans 1 ml/perc volt. Az injektált mennyiség 0,2 ml (10 %-os hexános oldat) volt, melyet automata injektor (7683B, Agilent Technologies, USA) segítségével juttattunk a kolonnára. A GC-MS detektáláshoz 70 eV ionizációs energiát alkalmaztunk. A komponensek azonosítását tömegspektrum alapján, NIST könyvtár és saját illóolajos könyvtár segítségével, illetve a retenció idők felhasználásával végeztük (Adams 2007).

Az eredmények statisztikai értékelésének módszere

A termőhely és az évjárat hatásainak statisztikai értékeléshez az illóolaj mennyiségére, valamint a linalool és linalil-acetát összetevők változására vonatkozóan egytényezős varianciaanalízist végeztünk az IBM SPSS Statistics 20 program segítségével.

Eredmények

A termőhely és évjárat hatása a fajták illóolaj-tartalmára

A két levendula fajt összehasonlítva elmondható, hogy a *L. angustifolia* kisebb mennyiségű, de stabilabb illóolaj-tartalom értékeket mutatott termőhelyenként. A *L. × intermedia* magasabb, ugyanakkor fajtánként és termőterületenként is változatosabb illóolaj-tartalommal rendelkezett. Mint ahogy az várható volt a szakirodalmi adatok alapján, mindkét kísérleti évben a *L. × intermedia* 'Grosso' fajta esetében volt a legmagasabb az illóolaj-tartalom (2017-ben: 9,5 ml/100g és 2018-ban: 8,4 mL/100g) (1. és 2. ábra). A legalacsonyabb illóolaj-tartalom értékeket mindkét évben a *L. angustifolia* 'Hidcote' fajtánál mértük (2017-ben: 2,0 ml/100g; 2018-ban: 2,3 ml/100g). A *L. angustifolia* fajták illóolaj-tartalom értékei mind megfeleltek a VIII. Magyar Gyógyszerkönyv előírásainak ($\geq 1,3$ ml/mg) (1. és 2. ábra).

Az átlagos illóolaj-tartalom értékek alapján csak a *L. × intermedia* 'Grappenhall' fajtánál tapasztaltunk termőhelyi hatást mindkét kísérleti évben, amelyet a statisztikai értékelés is alátámasztott (2017-ben: $p < 0,0001$; 2018-ban: $p < 0,004$). Emellett 2018-ban a *L. angustifolia* 'Hidcote' fajta illóolaj értékeit is befolyásolta még a termőhely ($p < 0,003$). A 'Grappenhall' és a 'Hidcote' esetében is a szomódi termőhelyen tapasztaltunk magasabb illóolaj-tartalom értékeket (1. és 2. ábra).

Hassiotis és tsai (2014) tanulmánya szerint az illóolaj-tartalom csökken a csapadékos napok számának növekedésével. Kísérletünk eredményei korrelálnak Hassiotis állításával, ugyanis 2018-ban a csapadékosabb dörgicsei termőterület fajtái mind alacsonyabb illóolaj-tartalommal rendelkeztek (2. ábra).

1. ábra. A vizsgálatba vont levendula fajták illóolaj-tartalom értékei (ml/100g sz.a.) (Dörgicse, Szomód, 2017)

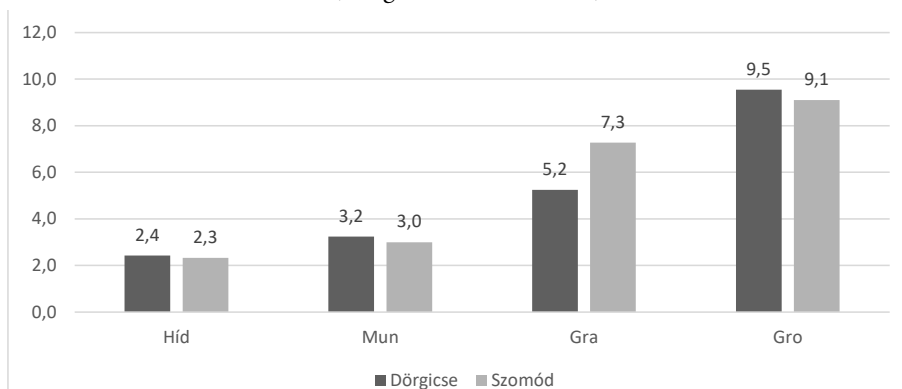


Figure 1. Essential oil contents (ml/100g DW) of the lavender cultivars involved in the study (Dörgicse, Szomód, 2017)

2. ábra. A vizsgálatba vont levendula fajták illóolaj-tartalom értékei (ml/100g sz.a.) (Dörgicse, Szomód, 2018)

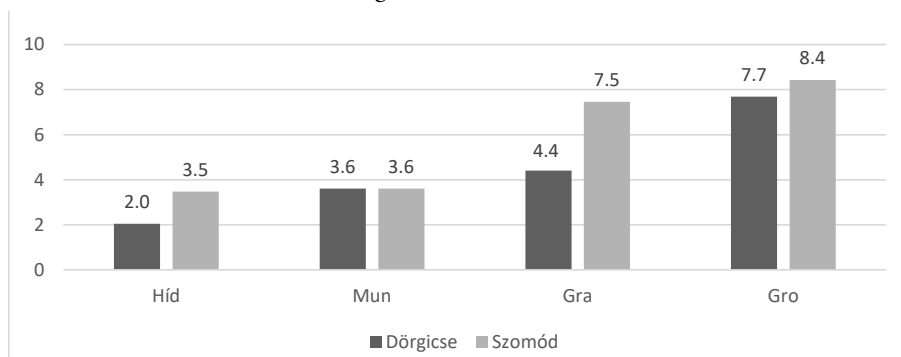


Figure 2. Essential oil contents (ml/100g DW) of the lavender cultivars involved in the study (Dörgicse, Szomód, 2018)

A termőhely és az évjárat hatása a fajták illóolaj-összetételére

2017-ben a vizsgált fajták közül kiemelkedő linalool aránnyal a *L. × intermedia* 'Grosso' rendelkezett (Dörgicse: 58,9%) (3. táblázat). A 'Grosso' ezen magyarországi értékei jóval meghaladják nem csak a vizsgált valódi levendula fajták, de ugyanezen fajta korábbi irodalmakban közölt linalool %-át is. A korábbi vizsgálatok eredményei a következők voltak: Renaud és tsai (2001; 2002) (USA): 27,9%; Se és tsai (2013) (USA): 41,9%; és Pistelli és tsai (2017) (Olaszország): 33,8% 2014-ben és 42,9% 2015-ben.

A *L. angustifolia* fajtái közül a 'Munstead' Szomódon rendelkezett a legmagasabb linalool aránnyal (41,3%) (2. táblázat). A korábbi irodalmi adatok szerint a 'Munstead' az általunk mért értékekhez hasonló, illetve magasabb linalool aránnyal rendelkezett: Renaud és tsai (2002) (USA): 38,3%; és Kara és Baydar (2013) (Törökország): 46,1% 2009-ben és 39,5% 2010-ben.

A *L. angustifolia* 'Hidcote' fajta illóolaja mellett, hogy 2017-ben a legmagasabb linalil-acetát aránnyal rendelkezett (Dörgicse: 42,1%) (2. táblázat), az összes észter-tartalom is e fajta esetében volt a legmagasabb, különösen a szomódi termőhelyen (2017-ben: 46,6%; 2018-ban: 58,6%). A fajta igen nagy változékonyságot mutatott fő komponenseiben mind a termőhely, mind az évjárat szempontjából. Érdekes, hogy a dörgicsei 'Hidcote' illóolajában 2017-ben a linalil-acetát (42,1%), 2018-ban viszont a linalool volt a domináns komponens (40,5%). 2018-ban ismét a 'Grosso' linalool %-a volt a legmagasabb (51,4%). A valódi levendula fajták közül a 'Hidcote' esetében 2018-ban a szomódi eredmények (51,7%) meghaladták a dörgicseieket (28,7%) a linalil-acetát arányát tekintve (2. táblázat). A *L. × intermedia* fajták közül mindkét évben a szomódi 'Grosso' állományban volt kiemelkedőbb a linalil-acetát % értéke (2017-ben: 21,1%; 2018-ban: 25,1%).

Hassiotis és tsai (2014) szerint a virágzás előtti csapadékos napok számának növekedésével csökken a linalool-tartalom. A mi kísérletünkben a szomódi fajták linalool-tartalmát elemezve azt tapasztaltuk, hogy a virágzás és a vágás előtt a jelentősen csapadékosabb 2017-es évben magasabb linalool értékek voltak detektálhatók, mint a kevésbé csapadékos 2018-as kísérleti évben (1/c., 2. és 3. táblázat). Ez ellentmond a Hassiotis és tsai (2014) kísérletében leírt állítással.

Mindemellett azt is leírták a szerzők (Hassiotis és tsai 2014), hogy a hőmérséklet emelkedésével a terpinén-4-ol, az alfa-terpineol, és a lavandulil-acetát tartalom nő. Ezen állítás igazolható a mi kísérletünkben is: 2018-ban a szomódi szárazabb termőterület fajtái közül a *L. angustifolia* 'Hidcote' és *L. × intermedia* 'Grosso' magasabb terpinén-4-ol, alfa-terpineol, és lavandulil-acetát aránnyal rendelkeztek, mint a fajták dörgicsei állományai ugyanabban az évben. Ekkor Dörgicse szignifikánsan több csapadék hullott a virágzást megelőző időszakban. Szintén termőhelyi hatásként értékelhető, hogy Szomódon kevesebb csapadék volt jellemző a virágzást megelőzően, és ennek következtében a terület állományai a dörgicsei fajtákhoz képest illóolajukban mindkét évben magasabb linalil-acetát és 1,8-cineol százalékkal rendelkeztek, mely komponensek általában inkább a szárazabb területeken magasabbak (2. és 3. táblázat).

2. táblázat. A *L. angustifolia* fajták illóolaj összetétel értékei (%) Dörgicse és Szomódon 2017-ben és 2018-ban

Rövidítések: RT = retenciósi idő, LRI = lineáris retenciósi index

Komponens	Munstead						Hidcote			
	RT	LRI	Dörgicse		Szomód		Dörgicse		Szomód	
			2017	2018	2017	2018	2017	2018	2017	2018
béta-mircén	6,99	995	0,7	1,0	0,8	0,8	0,6	0,5	1,0	0,8
cisz-béta-ocimén	8,5	1037	6,4	7,4	2,7	5,9	5,6	5,9	6,1	3,6
transz-béta-ocimén	8,85	1046	1,8	2,1	2,7	5,2	1,6	1,0	3,2	2,4
linalool	10,76	1097	29,5	22,4	41,3	21,5	25,7	40,5	13,8	18,7
borneol	13,43	1162	0,6	0,5	0,5	0,5	1,1	1,4	0,8	0,8
lavandulol	13,58	1166	0,4	0,5	1,1	0,4	0,2	0,9	0,3	0,3
terpinén-4-ol	13,96	1175	7,3	17,6	3,4	23,0	1,3	1,6	7,1	3,1
alfa-terpineol	14,55	1189	4,2	3,1	4,5	3,9	4,3	2,8	3,7	3,2
Komponens	Munstead						Hidcote			
	RT	LRI	Dörgicse		Szomód		Dörgicse		Szomód	
			2017	2018	2017	2018	2017	2018	2017	2018
linalil-acetát	17,11	1250	25,2	25,6	27,5	23,3	42,1	28,7	30,2	51,7
lavandulil-acetát	18,59	1285	10,4	8,1	4,0	2,6	4,2	2,7	15,0	5,7
geranil-acetát	22,43	1388	1,8	1,2	1,9	1,3	1,9	1,4	1,4	1,2
béta-kariofillén	23,68	1420	5,8	3,7	3,8	3,4	3,9	3,3	4,6	2,7
Teljes észter %			37,4	34,9	33,4	27,3	48,1	32,8	46,6	58,6
Összes %			94,1	93,2	94,2	91,8	92,5	90,7	87,2	94,2

Legends: RT = retention time, LRI = linear retention index

Table 2. Percentage composition (%) of the essential oil of *L. angustifolia* cultivars in Dörgicse and Szomód in 2017 and 2018

3. táblázat. A *L. × intermedia* fajták illóolaj összetétel értékei (%) Dörgicse és Szomódon 2017-ben és 2018-ban

Rövidítések: RT = retenció idő, LRI = lineáris retenció index

Komponens	Grappenhall						Grosso			
	RT	LRI	Dörgicse		Szomód		Dörgicse		Szomód	
			2017	2018	2017	2018	2017	2018	2017	2018
limonén	8,19	1029	2,3	3,5	2,3	2,9	1,1	1,4	0,6	0,7
1,8-cineol	8,38	1034	14,5	14,8	18,1	14,4	4,6	6,2	6,4	8,5
cisz-béta-ocimén	8,5	1037	3,8	6,0	4,9	5,8	2	2,6	0,9	0,9
transz-béta-ocimén	8,85	1046	0,6	nd	1,2	1,1	1,1	nd	0,4	0,4
linalool	10,76	1097	51,8	41,7	47,5	45,2	58,9	51,4	39,7	30,4
kámfor	12,68	1144	2,7	2,9	1,7	2,2	13,9	15,7	8,0	8,5
borneol	13,43	1162	10,6	9,8	9,2	9,7	4,5	3,9	2,8	3,4
lavandulol	13,58	1166	1,2	1,1	1,1	1,2	1,3	1,5	0,7	0,6
terpinén-4-ol	13,96	1175	3,5	2,4	3,6	2,9	1,2	0,6	5,2	2,9
alfa-terpineol	14,55	1189	2,0	2,3	2,4	2,3	1,6	1,6	4	3,6
linalil-acetát	17,11	1250	2,1	4,4	1,8	3,6	3,4	5,3	21,1	25,1
lavandulil-acetát	18,59	1285	0,5	1,2	0,4	0,9	0,7	1,7	3,5	4,3
epi-alfa-bizabolol	34	1690	1,1	2,2	0,9	1,4	0,1	0,4	1,3	0,7
Teljes észter %			2,5	5,6	2,1	4,5	4,1	7	24,6	29,4
Összes %			94,4	88,8	92,8	90,7	93,3	90,9	94,0	89,3

Legends: RT = retention time, LRI = linear retention index

Table 3. Percentage composition (%) of the essential oil of *L. × intermedia* cultivars in Dörgicse and Szomód in 2017 and 2018

A vizsgált *L. angustifolia* fajták illóolajának linalool és linalil-acetát % értékeinél a termőhelyi hatás nem érvényesült 2017-ben (linalool: $p < 0,992$; linalil-acetát: $p > 0,425$) (2. táblázat). A 'Hidcote' fajta azonban a 2017-es évben tapasztalt stabilitását nem tartotta meg 2018-ban, ugyanis ebben az évben a linalool és linalil-acetát értékek között a termőterület szempontjából szignifikáns különbségeket mutattunk ki (linalool: $p < 0,0001$; linalil-acetát: $p < 0,0001$) (2. táblázat). A *L. angustifolia* 'Hidcote' változékonyságával ellentétben a 'Munstead' 2018-ban is hasonló arányban tartalmazta a fő illóolaj komponenseit a két termőterületen. Termőhelyi hatásként értékeltük azonban a *L. × intermedia* esetében, hogy az illóolajban a szomódi termőhelyen nagyobb %-ban volt jelen az 1,8-cineol, míg a dörgicsei állományokból nyerhető illóolaj kámforban dúsabb volt. A termőhelyi hatás kevésbé érintette a 'Grappenhall' fajta illóolaj-összetételét, mivel 2017-ben sem a linalool ($p < 0,068$), sem a linalil-acetát ($p < 0,129$) arányaiban nem volt eltérés a dörgicsei és szomódi állományai között. A 'Grosso' illóolaj-összetétele ezzel szemben jelentős variabilitást mutatott a két termőterület között, mindkét évben és mindkét jelentős komponens vonatkozásában (2017-ben: linalool: $p < 0,0001$, linalil-acetát: $p < 0,0001$; 2018-ban: linalool: $p < 0,0001$, linalil-acetát: $p < 0,0001$).

Az évjárat hatásának értékelése az illóolaj mennyiségére és minőségére

A vizsgálatba vont fajták illóolaj-tartalmára a 2017-ben és 2018-ban mért értékek vonatkozásában az évjárat hatása sem Dörgicsén ($p < 0,237$) sem Szomódon ($p < 0,079$) nem volt szignifikáns (1. és 2. ábra). Az illóolaj összetevők közül azonban a linalool arányában (%) Szomódon ($p < 0,0001$) statisztikailag jelentős különbség volt kimutatható a két év között míg Dörgicsén nem jelentkezett ($p < 0,127$) az évjárat hatása (2. és 3. táblázat).

A vizsgált fajták illóolajában jelen levő linalil-acetát (%) vonatkozásában a két termőhely közül szintén csak Szomódon volt kimutatható szignifikáns eltérés 2017 és 2018 között ($p < 0,018$), míg Dörgicsén az évjárat hatása nem érvényesült ($p < 0,582$) (2. és 3. táblázat).

Összefoglalás és következtetések

Két évet felölelő kísérleteink igazolták, hogy két, Magyarországon termesztett *L. angustifolia* fajta ('Hidcote', 'Munstead') illóolaj-tartalmát elemezve a 'Munstead' bizonyult stabilabbnak a termőhelyi hatás tekintetében. A 'Hidcote' állományban mérhető illóolaj mennyisége 2018-ban Szomódon magasabb értékeket mutatott (2. ábra). A *L. × intermedia* vizsgálatba vont fajtái ('Grappenhall' és 'Grosso') közül is szintén csak egyet érintett a termőhelyi hatás, a 'Grappenhall' esetében mindkét évben jelentősen magasabb illóolaj-tartalom értéket mértünk Szomódon (1-2. ábra). Mivel a levendula a száraz, mésztartalmú talajokat kedveli (Bernáth és tsai 2013), a meszesebb szomódi termőterületen az illóolaj hozam magasabb lehet egyes fajtáknál. Emellett a jelenség összefüggésben lehet azzal a ténnyel is, hogy Szomódon mindkét évben jelentősen kevesebb csapadék hullott. Tekintve, hogy a levendula egy mediterrán eredetű, szárazságtűrő növény, feltételezhető, hogy a kevesebb csapadék, és több napsütés eredményeként a fajták illóolaj produktív képessége megnő.

A *L. angustifolia* fajták illóolaj komponensei nagyobb variabilitást mutattak, miközben a *L. × intermedia* fajták egységesebb, néhol termőterületre jellemző illóolaj komponens mintázattal rendelkeztek. Az illóolaj minőségét a megfelelő linalool/linalil-acetát arány mellett nagyban meghatározza azok teljes észtertartalma, azaz az acetátok magas aránya. Kísérletünk igazolja a tényt, hogy a levendula illóolajának minőségét elsősorban a fény befolyásolja, ugyanis 2018-ban a naposabb és egyben szárazabb szomódi termőterület fajtái ('Hidcote' és 'Grosso') magasabb linalil-acetát aránnyal rendelkeztek (2. és 3. táblázat).

A hibrid levendula fajtáknál a linalool százalékos aránya túlszárnyalta az összes vizsgálatba bevont valódi levendula fajtáét. Legmagasabb linalool arány a dörgicsei 'Grosso' állomány illóolajában volt detektálható, ami magas kámfor tartalommal párosult. Ez az illóolaj összetétel a belőlük előállított termékek antimikrobiális hatását fokozhatja (Carrasco és tsai 2016). A teljes észtertartalom legmagasabb értékeinek képviselője a *L. angustifolia* 'Hidcote' fajta: 2017-ben Dörgicsén (48,1%), 2018-ban pedig Szomódon (58,6%) volt kiemelkedő az aránya. Elemzésünk szerint a *L. angustifolia* fajták közül egyedül a dörgicsei 'Hidcote' állomány illóolaj összetétele felelt meg a VIII. Magyar Gyógyszerkönyv előírásainak, mindkét kísérleti évben. A termőhely hatása nem volt kimutatható a *L. angustifolia* 'Munstead' linalool és linalil-acetát értékeinek alakulásánál egyik kísérleti évben sem, ezen fajta tehát rendkívüli stabilitást mutatott mind illóolaj-tartalom, mind pedig illóolaj-összetétel szempontjából. Kísérleti eredményeink alapján a magyar termesztők figyelmébe a *L. angustifolia* 'Hidcote' és a *L. × intermedia* 'Grosso' illóolaj minőségben kiemelkedő fajtákat ajánljuk. E két fajta

az illóolajuk minőségéért, míg a 'Munstead' az illóolaj-tulajdonságainak stabilitásáért emelhető ki. Tanulmányunk eredményét a vizsgált fajtákról a 4. táblázat összegzi.

4. táblázat. A vizsgálatba vont levendula fajták illóolaj-értékeinek összefoglalása a szomódi területen 2018-ban.

Fajta/Cultivar		Illóolaj-tartalom (ml/100g sz.a.)	Linalool %	Linalil-acetát %	Teljes-észter %
<i>L. angustifolia</i>	'Hidcote'	3,5	18,7	51,7	58,6
	'Munstead'	3,6	21,5	23,3	27,3
<i>L. × intermedia</i>	'Grappenhall'	7,5	45,2	3,6	4,5
	'Grosso'	8,4	30,4	25,1	29,4

Table 4. Essential oil properties of the investigated lavender cultivars in Szomód in 2018

Az évjárat a fő illóolaj komponensekre csak Szomódon fejtette ki hatását jelentős mértékben. Ez a megállapítás összefüggésben lehet azzal a ténnyel, hogy a csapadékatatok alapján Szomódon a két kísérleti év között 90,6 mm különbség látható, ugyanakkor Dörgicsén ez a csapadékmennyiségben mért különbség a két év között csak 8 mm. Ahhoz, hogy bizonyítsuk, hogy az évjárat hatása milyen irányban befolyásolhatja a fő illóolaj komponensek alakulását, illetve, hogy más környezeti tényezők hogyan vesznek részt a folyamatban, további kísérletek szükségesek több évjárat bevonásával az adott termőterületen.

Köszönetnyilvánítás

Ezúton szeretnénk megköszönni az EOHUB projektnek (600873-EPP-1-2018-1ES-EPPKA2-KA) és a Felsőoktatási Intézményi Kiválósági Programnak (FEKUTSTRAT, NKFIH-1159-6/2019), hogy munkánkat támogatta. A szerzők továbbá köszönetüket fejezik ki Demján Ildikónak (Levendula Major Kft., Dörgicse) és Tóth Józsefnek (Szomódi Levendulás, Szomód), hogy biztosították számunkra a növényi anyagot és a termőhelyi adatokat.

Irodalomjegyzék

1. Adams, R.P. 2007. Identification of essential oil components by gas chromatography/mass spectrometry. 4th Edition. Carol Stream, Ill: Allured Pub Corp, ISBN 0-931710-85-5, Journal of the American Society for Mass Spectrometry, 16(11): 1902-1903.
2. Andrys, D. and Kulpa, D. 2016. *Lavandula* spp. essential oils-its use, composition and genetic basic of production, Folia Pomer. Univ. Technol. Stetin., Agric., Aliment., Pisc., Zootech., 328(39): 3, 7-22.
3. Baydar, H., Erbas, S., 2009. Effects of harvest time and drying temperature on essential oil content and composition in lavandin (*Lavandula × intermedia* Emerice x Loisel.). Turkish Journal of Field Crops, 13(1): 23-31.
4. Bernáth J. 2013. Vadon termő és termesztett gyógynövények, Mezőgazda kiadó, Budapest, 320-324

5. Boeckelmann, A. 2008. Monoterpene Production and Regulation in Lavenders (*Lavandula angustifolia* and *Lavandula × intermedia*). University of British Columbia, Okanagan, (MSc thesis).
6. Chatzopoulou, P.S., Goliaris, A.H. and Katsiotis, S.T. 2003. Contribution to the analysis of the volatile constituents from some lavender and lavandin cultivars grown in Greece. *Sci. Pharm.* 71: 229-234.
7. Carrasco, A., Tomas, V., Tudela, J. and Miguel, M.G. 2016. Comparative study of GC-MS characterization antioxidant activity and hyaluronidase inhibition of different species of *Lavandula* and *Thymus* essential oils, *Flav Fragr J.* 31: 57-69.
8. Cordovilla, M.P., Bueno, M., Aparicio, C. and Urrestarazu, M. 2014. Effects of salinity and the interaction between *Thymus vulgaris* and *Lavandula angustifolia* on growth, ethylene production and essential oil contents. *Journal of Plant Nutrition*, 37: 875-888.
9. Chrysargyris, A., Christakis, P. and Nikos, T. 2015. Nitrogen and phosphorus levels affected plant growth, essential oil composition and antioxidant status of lavender plant (*Lavandula angustifolia* Mill.), *Industrial Crops and Products*, 83: 577-586.
10. Grant, W., Zerihun, D., Mark, R. and Soheil, M. 2011. Biosynthesis and Therapeutic Properties of *Lavandula* essential oil constituents. *Planta Med*, 77(1): 7-15.
11. Guitton, Y., Florence, N., Sandrine, M., Tarek, B., Nadine, V., Sylvain, L., Frédéric, J. and Laurent, L., 2010. Lavender inflorescence. *Plant Signaling & Behavior*, 5(6): 749-751.
12. Hassiotis, C.N., Lazari, D.M. and Vlachonasios, K.E. 2010. The effects of habitat type and diurnal harvest on essential oil yield and composition of *Lavandula angustifolia* Mill. *Fresenius Environmental Bulletin*, PSP, (19)8.
13. Hassiotis, C.N., Ntanab, F., Lazaric, D.M., Poulisob, S. and Vlachonasios, K.E. 2014. Environmental and developmental factors affect essential oil production and quality of *Lavandula angustifolia* during flowering period. *Industrial Crops and Products*, 62: 359-366.
14. Kara, N. and Baydar, H. 2013. Determination of lavender and lavandin cultivars (*Lavandula* sp.) containing high quality of essential oil in Isparta, Turkey. *Turkish Journal of Field Crops*, 18(1): 58-65.
15. Lalande, B. 1984. Lavender, lavandin and other French oils. *Perf. Flav.* 8: 117-21.
16. Lawrence, B.M. 1994. Progress in Essential Oils, *Perfum, Flavor*, 19(3): 33-40.
17. Lis-Balchin 2002. Lavender, The genus *Lavandula*. Taylor and Francis, 86-90, 117-170, 206-214.
18. Pharmacopoea Hungarica VII. 1986. *Medicina Könyvkiadó Rt.*, Budapest, I. kötet (Volume I.) - Tomus I. J/c.15. 395-399.
19. Pharmacopoea Hungarica VIII. 2004. *Lavandulae aetheroleum*. *Medicina Könyvkiadó Rt.*, Budapest, II. kötet (Volume II.) - Tomus II. 04/2002:1338. 2170.
20. Pharmacopoea Hungarica VIII. 2004. *Lavandulae flos*. *Medicina Könyvkiadó Rt.*, Budapest, II. kötet (Volume II.) - Tomus II. 04/2002:1338. 2171-2172.
21. Pistelli, L., Najar, B., Giovanelli, S., Lorenzini, L., Tavarini, S. and Angelini, L.G. 2017. Agronomic and phytochemical evaluation of lavandin and lavender cultivars cultivated in the Tyrrhenian area of Tuscany (Italy). *Industrial Crops and Products*, 109(15): 37-44.
22. Renaud, E.N.C., Charles, D.J. and Simon, J.E. 2001. Essential oil quantity and composition from 10 cultivars of organically grown lavender and lavandin. *J. of Essential Oil Res.* 13(4): 269-27.
23. Renaud, E.N., Charles, D.J. and Simon, J.E. 2002. Comparative study of essential oil quantity and composition from ten cultivars of organically grown lavender and lavandin. In M. Lis-Balchin, *The genus Lavandula. Medicinal and Aromatic Plants, Industrial Profiles*, Taylor & Francis, 29: 232-242.
24. Russo, M., Galletti, G., Bocchini, P. and Carnacini, A. 1998. Essential oil chemical composition of wild populations of Italian oregano spice (*Origanum vulgare* ssp. hirtum): A preliminary evaluation of their use in chemotaxonomy by cluster analysis. 1. Inflorescences. *J. Agric. Food Chem.* 46: 3741-3746.
25. Se Yeon Oh. 2013. Fast gas chromatography–surface acoustic wave sensor: an effective tool for discrimination and quality control of *Lavandula* species. *Sensors and Actuators B: Chemical*, 182: 223-231.

26. Verma, R.S., Rahman, L.U. and Chanotiya, C.S. 2010. Essential oil composition of *Lavandula angustifolia* Mill. cultivated in the mid hills of Uttarakhand, India, J. Serb. Chem. Soc. 75(3): 343-348.
27. Zámboři-Németh É. 2015. Natural Variability of Essential Oil Components. In: Baser, K.H.C.-Buchbauer, G. (ed.): Handbook of Essential Oils, Science, Technology, and Applications, 2nd ed., CRC Press - Taylor and Francis Group LLC, Boca-Raton, U.S. 87-126.
28. Zagorcheva, T., Stanev, S., Rusanov, K. and Atanassov, I. 2013. Comparative GC/MS analysis of lavender (*Lavandula angustifolia* Mill.) inflorescence and essential oil volatiles. Agricultural Science and Technology, 5(4): 459-462.
29. Zeliha, K., Sabri, E., Ibrahim, E., Hasan, B. and Figen, E. 2013. Effect of different nitrogen doses on plant growth, quality characteristics and nutrient concentrations of lavandin (*Lavandula × intermedia* Emeric ex Loisel. var. Super A). Journal of Essential Oil Bearing Plants, TEOP, 18(1): 36 .
30. Zheljzkov, V.D. and Nielsen, N.E. 1996. Studies on the effect of heavy metals (Cd, Pb, Cu, Mn, Zn and Fe) upon the growth, productivity and quality of lavender (*Lavandula angustifolia* Mill.) production, Journal of essential oil research, (8)3: 259-274.
31. Zheljzkov, V.D., Tess, A. and Alexander, N.H. 2012. Lavender and hyssop productivity, oil content, and bioactivity as a function of harvest time and drying. Industrial Crops and Products, 36: 222-228.
32. Zheljzkov, V.D., Cantrell, C.L., Astatkie, T. and Jeliazkova, E. 2013. Distillation time effect on lavender essential oil yield and composition. J Oleo Sci. 62(4): 195-199.

Evaluating the effect of growing area and growth year on the essential oil properties of lavender (*Lavandula angustifolia* Mill.) and lavandin (*Lavandula × intermedia* Emeric ex Loisel.) cultivars from Hungarian areas

DÉTÁR, E.¹, ZÁMBORINÉ NÉMETH, É.¹, GOSZTOLA, B.¹, DEMJÁN, I.²,
TÓTH, J.³, PLUHÁR, ZS.¹

¹Szent István University, Faculty of Horticultural Science,
Department of Medicinal and Aromatic Plants

²Levendula major Kft., 8244, Dörgicse

³Szomódi Levendulás, 2896, Szomód

E-mail: detar.eniko@hotmail.com

Summary

Essential oil (EO) content and composition values of two *L. angustifolia* ('Hidcote' and 'Munstead') and two *L. × intermedia* ('Grappenhall' and 'Grosso') cultivars were evaluated during summer harvest periods of 2017 and 2018, from two growing areas (Dörgicse and Szomód) in Hungary.

According to the statistical analysis, only the EO content of 'Grappenhall' was significantly

affected by the growing area in both experimental years (in 2017: $p < 0.0001$; in 2018: $p < 0.004$). Similarly to 'Grappenhall', 'Hidcote' was also richer in EO in the region of Szomód in 2018. However, the highest EO content (9.5 ml/100 g) was detected in the case of 'Grosso' from Dörgicse. *L. angustifolia* varieties represented higher variability in EO composition, while it was more uniform with respect to the growing areas at *L. × intermedia* cultivars. We found that 'Grosso' (from Dörgicse) was characterized by outstanding linalool ratios (58.9%) compared to results reported by other authors earlier. Moreover, the *L. × intermedia* cultivars exceeded the linalool percentages of all *L. angustifolia* varieties involved. 'Munstead' showed stability in the EO content and composition values regarding the effect of growing area and growth year. According to our results, the effect of growth year on the EO composition of the cultivars was noticeable, but was significant only in case of the samples collected from the region of Szomód.

Keywords: lavender cultivars, essential oil content, essential oil composition, Dörgicse, Szomód

Szerzők

Détár Enikő – PhD hallgató, Szent István Egyetem, 1118 Budapest, Villányi út 29-43.

Zámboriné Németh Éva – DSc, egyetemi tanár, Szent István Egyetem, 1118 Budapest, Villányi út 29-43.

Gosztola Beáta – PhD, egyetemi docens, Szent István Egyetem, 1118 Budapest, Villányi út 29-43.

Demján Ildikó – Levendula major Kft. vezetője, 8244 Dörgicse

Tóth József – Szomódi Levendulás vezetője, 2896, Szomód

Pluhár Zsuzsanna – PhD, egyetemi tanár, Szent István Egyetem, 1118 Budapest, Villányi út 29-43.

A növények vízhasznosító képességének számítási módjai és meghatározó faktorai

FARKAS ZSUZSANNA^{1,2}

¹ ATK Mezőgazdasági Intézet, Martonvásár

² PE GK Festetics Doktori Iskola, Keszthely

E-mail: farkas.zsuzsanna@agrar.mta.hu

Bevezetés

Korunk egyik legnagyobb kihívása: az egyre növekvő népesség megfelelő táplálása. Jelenleg hozzávetőlegesen 7,7 milliárd ember él a Földön és ez a szám várhatóan csak emelkedni fog (Worldometers 2020). Új termőterületek bevonása vagy technológiai újítások nélkül csak a növények produktivitásának növelése lehet az egyetlen járható út az éhínségek elkerülésére. Természetesen ez a produktivitásnövelés csak akkor hasznos és kívánatos, ha a mezőgazdasági termelés fenntarthatósága megőrizhető. A csapadék eloszlásában és intenzitásában (mely a hasznosulás mértékét is meghatározza) tapasztalható változékonyság a részben antropogén eredetű klímaváltozás következtében egyre jelentősebb, így egyre nehezebbnek tűnik a biztonságos élelmiszerellátás (Wollenweber és mtsai 2003; Liu és Allan 2013). A jövő kihívásainak leküzdésében nagy szerepe lehet az olyan genetikai tényezők mélyebb ismeretének, melyek a szezonális vízhasznosítás és a termésmennyiség variabilitásáért felelnek. Ezen ismeretek segítségével a növénynevelőknek lehetőségük lesz arra, hogy olyan hatékonyabb stratégiát dolgozhassanak ki, és ehhez megfelelő növényi alapanyagot biztosítsanak, mely növelni képes az optimalizált vízfelhasználáson alapuló termőképességet. A csapadékeloszlás és – mennyiség változása miatt várhatóan az aszály egyre nagyobb területet érinthet hazánkban is (Bartholy és Pongráz 2007), ezért a vízhasznosítás javítása döntő jelentőséggel fog bírni a növények potenciális termőképességének kiaknázásában. Habár évezredek óta javítják különböző öntözési technológiákkal a termesztett növényeink hozamát, az egyre fogyatkozó vízkészleteink lassan megakadályozzák haszonnövényeink öntözhetőségét. Világviszonylatban hozzávetőlegesen mintegy 324 millió hektárnyi terület áll öntözés alatt, ez az összes termőterület 21%-a. A rizstermesztés, illetve extrém népességszám miatt Ázsiában található a legtöbb öntözött terület, ezt követi Észak- és Dél Amerika, Európa és Afrika. Öntözési módok közül a felszíni öntözés a legerjedtebb, az öntözött területek több mint háromnegyedét öntözik ilyen módon, a maradék negyed területet vagy esőszerű öntözési módon, vagy mikroöntözéssel művelik (AQUASTAT 2014). Hazánkban az Alföldön öntöznek a legtöbbet, 2018-ban a Dél-Alföldön öntöztek a legnagyobb területen és Észak-Alföldön öntözték a legnagyobb mennyiségű vizet, túlnyomórészt felszíni vizekből (Marosán 2019). Számos nemesítési program egyik célja a növények vízhasznosításának javítása, természetesen figyelembe véve

az egyre fogyatkozó édesvízkészleteket. Ahhoz hogy a nemesítők munkája révén előállított célirányos fajták minél nagyobb produkciót érhessenek el a rendelkezésre álló vízkészletek felhasználásával, megfelelően mély tudással kell rendelkezniük az adott szakterületen. Mindezt nagyon fontos a lehető legszerteágazóbb tudás megszerzése a növények vízhasznosításáról, minél több faj, illetve fajta esetében. A következőkben a vízhasznosító képesség értelmezéséről, számolási módszereiről és a vízhasznosítást befolyásoló tényezőkről szóló irodalmi forrásokat foglalom össze.

A vízhasznosító képesség fogalma és számítási módjai

A növényi vízhasznosító képesség (angolul, water-use efficiency, WUE) fogalmát több mint 100 évvel ezelőtt Briggs és Shantz (1913) szerzőpáros vezette be. A fogalom általános értelmezésén a megtermelt szervesanyag és az ehhez felhasznált víz hányadosát értjük. Alapvetően két különböző módszerrel szokás meghatározni. Az agronómiai értelmezés (angolul „water-use efficiency of productivity” vagy „integrated water-use efficiency” esetleg „seasonal” vagy „integral over time water-use efficiency”) a termés (biomassza, vagy termés értelemben) és a vegetáció során felhasznált összes vízmennyiség hányadosa. A fiziológiai értelmezés (angolul „photosynthetic water-use efficiency” vagy „instantaneous water-use efficiency” esetleg „leaf water-use efficiency”) szerint a CO_2 asszimiláció és a transzspiráció hányadosa ez az érték. Míg az első értelmezés a növény teljes életteljesítményére vonatkozik, addig az utóbbi értelmezés mérése egy adott pillanatban mért érték, így mintegy kvázi pillanatfelvételenként értelmezhető (Bacon 2004).

A vízhasznosító képesség fogalmának jelentőségét nagyon jól példázza az, hogy számos számítási módjával találkozhatunk a különböző tudományos munkákban. Először a fiziológiai értelmezés számítási módjait szeretném összegezni.

Kirkham (2005) szerint a fiziológiai vízhasznosító képesség a nettó fotoszintézis és az evapotranszpiráció hányadosaként értelmezhető (1. egyenlet).

$$\text{WUE}_{\text{instantaneous}} = A/E \quad (1),$$

ahol $\text{WUE}_{\text{instantaneous}}$ a fiziológiai vízhasznosító képességet, A a nettó CO_2 asszimilációt, E és T is jelölheti az evapotranszpirációt jelöli.

Polley (2002) viszont egy másik egyenlettel (2. egyenlet) értelmezi ezt a fogalmat.

$$\text{TE} = \frac{A}{E} = \frac{1}{\Delta w} \times \frac{A}{g} = \frac{1}{\Delta w} \times \frac{(c_a - c_i)g_c}{1,6g_c} = \frac{1}{\Delta w} \times \frac{c_a(1 - \frac{c_i}{c_a})}{1,6} \quad (2),$$

ahol TE a fiziológiai vízhasznosítást (angolul ebben az esetben „transpiration efficiency”), A a nettó CO_2 asszimilációt, E az evapotranszpirációt, c_a és c_i a külső és az intercelluláris CO_2 koncentrációt jelöli, míg a Δw az aktuális párányomás különbsége a levél belső légtere a sztóma közelében és a szabad levegő között, g és g_c a sztómakonduktancia és a légnedvességre és a szén-dioxidra vonatkozik.

Bierhuizen és Slatyer (1965) egy meglehetősen összetett egyenlettel számította ki a fiziológiai vízhasznosító képességet (3. egyenlet).

$$WUE_i = \frac{CER}{TR} = \frac{k}{(e^* - e) \left(\frac{r'_a + r'_c + r_m}{r_a + r_c} \right)} \quad (3),$$

ahol WUE_i a fiziológiai vízhasznosító képességet, CER a nettó CO_2 kicserélés rátáját, TR az evapotranszpirációt, k a növényfüggő változót, $e^* - e$ relatív légnedvességet, r_a a felszíni réteg ellenállását a légnedvesség áramlásával szemben, r_c a sztómaellenállást; r' a CO_2 diffúziós ellenállást; r_m a mezofillum ellenállását jelöli a CO_2 diffúzióval szemben.

Du és mtsai (2008) viszont viszonylag egyszerűen számították ki ezt az értéket a szőlő (*Vitis vinifera* L. cv. Rizamat) esetében; a CO_2 fogyasztást osztották el a vízvesztéssel. Glenn és mtsai (2000) őszibarackon (*Prunus persica* (L.) Batsch.) végzett kísérleteiken a nettó CO_2 asszimilációt osztották el az elpárologtatott víz mennyiségével. Wibble és Blanke (1995) a moláris nettó fotoszintézist arányította a vízfelhasználáshoz hároméves almafáknál (*Malus × domestica* Borkh. cv. Golden Delicious). Liu és mtsai (2012) 31 almafajta esetében a következő egyenlettel számolták ki a fiziológiai vízhasznosító képességet (4. egyenlet).

$$WUE_i = \frac{A}{T_T} \quad (4),$$

ahol WUE_i a fiziológiai vízhasznosító képességet, A a fotoszintézis rátáját és T_T transzspirációs rátát jelöli.

$WUE_{\text{instantaneous}}$ értékeket általában infravörös gázanalízátorral vagy porometriás módszerrel vizsgálják (Tambussi és mtsai 2004). Egy kapcsolódó paramétert, a belső vízhasznosító képességet (angolul „intrinsic water-use efficiency”) Tambussi és mtsai (2007) mint a nettó CO_2 asszimiláció és a sztómakonduktancia aránya számítja. Medrano és mtsai (2015) viszont a következő módon számolták ki két borszőlőfajta (Tempranillo és Grenache) esetében (5. egyenlet). Ellsworth és munkatársai (1994) cukorjuhar (*Acer saccharum* Marsh.) esetében szintén az 5. egyenletben leírtak szerint számolták ki ezt az értéket. Liu és mtsai (2005a) szintén ezt az egyenletet alkalmazták burgonya (*Solanum tuberosum* L. cv. Folva) fotoszintetikus vízhasznosító képességének meghatározásához azzal a különbséggel, hogy ők nem A_N -nel csak A -val jelölték a CO_2 asszimilációt. Illetve szója (*Glycine max* L. Merr.) esetében is kiszámolták ezt az értéket, itt is az 5. egyenletben leírt módon, csak ebben az esetben nem A_N -nel hanem A_{max} -szal jelölték a CO_2 asszimilációt a levelek szintjén (WUE_{leaf}) számított vízhasznosító képességénél (Liu és mtsai 2005b).

$$WUE_{\text{intrinsic}} = A_N / g_s \quad (5),$$

ahol A_N a CO_2 asszimilációt és g_s pedig a levelek napi maximum sztómakonduktanciáját jelöli. Habár az agronómiai vízhasznosítás képességet inkább szántóföldi, mint kertészeti növények esetében szokás megadni, a következőben mindkét területről mutatok be példákat. Hillel (1997) a mindenhol használható agronómiai vízhasznosító képességet a következő egyenletekkel határozta meg (6. és 7. egyenlet).

$$F_{ag} = \frac{P}{U} \text{ és } F_{ag} = \frac{P}{R+D+E_p+E_s+T_w+T_c} \quad (6), (7),$$

ahol F_{ag} az agronómiai vízhasznosító képességet, P a terményt (teljes szárazanyag tartalom vagy azt a jelentékeny terményt, ami a fajadottság), U a felhasznált víz mennyiségét, R a szántóföldről elfolyó víz mennyiségét, D a gyökérszóna alól átszűrődött víz mennyiségét, E_p az evaporáció általi vízvesztést, E_s a talajfelszínről elpárolgott víz mennyiségét, T_w a gyomnövények transzspirációját és T_c a haszonnövények transzspirációját jelöli.

Cantore és mtsai (2016) a 6. egyenletet használták cseresznyeparadicsom (*Solanum lycopersicum* L. Tomato cv Tomito F1) esetében. de Wit 1958-ban a hozam és a transzspiráció kapcsolatát a következőképpen (8. egyenlet) határozta meg.

$$\frac{Y_A}{T_a} = \frac{m}{T_{max}} \quad (8),$$

ahol Y_a teljes száraztömeget, T_a tenyészidőszak alatti transzspirációt, T_{max} az átlagos szabad vízfelszín evaporációját, az m egy konstans jelöl. Az m konstans a Briggs és Shantz (1917) által használatos WR/ pan egyenlethez kapcsolódik ($1/m \approx WR/pan$; WR: vízigény, pan: potenciális evapotranszspiráció /kádpárolgás/).

Hoffman (2011) a gabonák esetében alkalmazandó formulát a következőképpen írta le (9. egyenlet).

$$WUE = \frac{GY}{W \times HI} \quad (9),$$

ahol GY (Grain Yield) a szemtermést; W (Water) a növény által felhasznált és az elpárolgott összes vizet; WUE (Water-Use Efficiency) a vízfelhasználás hatékonyságát, HI (Harvest Index) a szemtermés és az összes biomassa hányadosát jelöli.

Siddique és mtsai (2001) szintén ezt alkalmazták (9. egyenlet) számos hüvelyes esetében, de egy kis változtatással, náluk Y szerepelt GY helyett a szemtermés jelölésére. Kísérletükben vizsgálták a borsó (*Pisum sativum* L.), a lóbab (*Vicia faba* L.), a csicseriborsó (*Cicer arietinum* L.), a főzőlencse (*Lens culinaris* Med.), a fehér csillagfürt (*Lupinus albus* L.), a csicserilednek (*Lathyrus cicera* L.), a *Lathyrus orchus* L., a szegletes lednek (*Lathyrus sativus* L.), a fogaslevelű bükköny (*Vicia narbonsensis* L.), takarmánybükköny (*Vicia sativa* L.) és *Vicia benghalensis* L. vízhasznosító képességét. Farkas és mtsai (2020) az őszi búzák (*Triticum aestivum* L.) vízhasznosító képességének kiszámításához a termésmennyiség adatokat elosztották a tenyészidőszakban mérhető növényi vízigénnyel. Tambussi és mtsai 2007-ben két különböző agronómiai vízhasznosító képességet különböztettek meg. Az egyik esetben, amit a biomásszóra vonatkoztattak és $WUE_{biomass}$ -nak neveztek, a száraztömeget osztották el az evapotranszspiráció értékével. Míg a másik esetben, melynek a WUE_{yield} nevet adták, a szemtermés értékét osztották el az evapotranszspiráció mértékével (Tambussi és mtsai 2007). Centritto és mtsai (1999) cseresznye (*Prunus avium* L.) esetében a teljes száraztömeget és a felhasznált víz mennyiségét arányították. Liu és mtsai (2005b) szója (*Glycine max* L. Merr.)

esetében a szárak száraztömeg értékének mennyiségét osztották a növények transzspirációjával, és WUE_{plant} nevet adták a vízhasznosító képességnek. Kaya és mtsai (2003) görögdinnye (*Citrullus lanatus* Thunb.) agronómiai vízhasznosító képességét úgy számították ki, hogy a termés mennyiségének értékét elosztották a vízhasznosítás mértékével. Rouphael és mtsai (2008) a görögdinnye esetében viszont a WUE_y -t (vagyis a yield water-use efficiency) úgy határozták meg, hogy a piac-képes termés mennyiségét elosztották a szezonális növényi evapotranspirációval. Du és mtsai (2008), illetve Cui és mtsai (2008) szőlő (*Vitis vinifera* L.), illetve kínai datolya (*Zizyus jujube* Mill.) esetén is így számították ki (vagyis a teljes termés mennyiségét elosztották a felhasznált víz mennyiségével). Centritto és mtsai (2002) barack (*Prunus persica* L.) esetében a száraztömeget osztották el a teljes növényi vízfelvételi értékkel. López-Urrea és mtsai (2009) brokkoli (*Brassica oleracea* L. var. *italica* Plenck.) esetében szintén ezzel a módszerrel számították ki ezt az értéket. Ezzel szemben Aujsa és mtsai 2007-ben padlizsánnál (*Solanum melongena* L.) az egy hektárra eső friss termésbiomassza értékét osztották el a felhasznált víz mennyiségével. A vízfelvétel mértékét az öntözés és a tenyészidőszak során esett csapadék összegeként határozták meg (Aujsa és mtsai 2007). Zahir és mtsai (2008) borsó (*Pisum sativum* L.) esetében szintén a nedvestömeget vették alapul. Nemeskéri és mtsai (2018) veteménybab (*Phaseolus vulgaris* L.) esetében a növények vízhasznosító képességének kiszámításához a terményt elosztották az evapotranspiráció mértékével. Yaghi és mtsai (2013) a következő módon számították ki uborka (*Cucumis sativus* L.) esetében a vízhasznosító képességet (10. egyenlet).

$$WUE = \frac{CY}{WA} \quad (10),$$

ahol WUE a vízhasznosító képeséget, CY a teljes termés mennyiségét, WA pedig a teljes alkalmazott víz mélységét jelöli.

Medrano és mtsai (2015) két borszőlőfajta (Tempranillo és Grenache) esetében viszont bővítettebb egyenlettel végezték számításukat (11. egyenlet).

$$WUE_{WP} = \frac{\text{a végső biomassza száraz tömege} - \text{a kezdeti biomassza száraz tömege}}{\text{az összes felhasznált víz mennyisége}} \quad (11),$$

ahol WUE_{WP} a teljes növényre (WP: Whole Plant) vonatkoztatott vízhasznosító képeséget (gL^{-1}) jelöli.

Liu és mtsai (2012) 31 almafajta esetében nem csak fiziológiai, hanem agronómiai vízhasznosító képeséget is kiszámolták. Tartamkísérleteikben a következő egyenletet alkalmazták (12. egyenlet).

$$WUE_L = (W_E - W_B) / W_w \quad (12),$$

ahol WUE_L az agronómiai vízhasznosító képeséget, W_E a végső száraz tömeget, W_B a kezdeti száraz tömeget, W_w a tenyészidőszak alatt elpárolgott teljes víz mennyiségét jelöli.

Habár Viets 1962-ben már megalkotta az agronómiában általánosan használatos vízhasznosító képeség meghatározását (13. egyenlet), a legtöbb vízhasznosító képeséget kiszámító egyenlet

az öntözéssel nem foglalkozik. Bos (1980; 1985) munkájában olyan egyenleteket alkotott meg, melyek kifejezik az öntözés szerepét a növények vízhasznosító képességében (14., 15. egyenlet).

$$WUE = \frac{\text{terméshozam (általában az eladható termés mennyisége)}}{\text{a terméshozamhoz felhasznált víz mennyisége}} \quad (13),$$

$$ET_{WUE} = \frac{Y_i - Y_d}{ET_i - ET_d} \quad \text{és} \quad I_{WUE} = \frac{Y_i - Y_d}{I_i} \quad (14), (15),$$

Ahol Y_i az öntözést kapott növények terményét, ET_i az öntözött növények evapotranszpirációja, Y_d a természetes csapadékot hasznosító vagy nem öntözött növények terményét, ET_d egyenlő a természetes csapadékot hasznosító vagy nem öntözött növények evapotranszpirációjával, I_i pedig az öntözés mennyiségét jelöli. A legtöbb száraz területen Y_d nulla vagy nagyon kis érték lenne.

Howell és mtsai (1990), Cooper és mtsai (1987), valamint Gregory (1990) munkái alapján megalkották saját értelmezésüket (16. egyenlet).

$$WUE = \frac{HI \times DM}{\{T(1-WC) \left[1 + \frac{E}{(P+I+SW-D-Q-E)} \right] \}} \quad (16),$$

ahol HI a Harvest-indexet, DM a száraztömeget, T a transzspirációt, WC a standard víztartalmat jelöli a terményre vonatkoztatva (0,15-0,155 a kukoricánál és 0,14 a gabonáknál), E a talajvíz evaporációját, P a csapadék mennyiségét, I az öntözés mennyiségét, SW a gyökérszónai vízfolyást, D a mélyebb talajrétegekben lévő vízszivárgást, Q a felszíni elfolyást jelöli.

Yang és mtsai (2013) a 17. és 18. egyenlet alapján számolták ki kétéves körtefák (*Pyrus than bretschnneider* vc. Dangshan SUS) vízhasznosító és öntözés melletti vízhasznosító képességét.

$$WUE_{ET} = \frac{W}{ET} \quad \text{és} \quad WUE_1 = \frac{W}{I} \quad (17), (18),$$

ahol WUE a vízhasznosító képességet, ET a tenyészidőszaki evapotranszpirációt, W az egyes fánként szüretelt teljes száraz biomasszát, I a fánkénti teljes öntözést (ebbe beletartozik az átültetés utáni öntözés is) jelöli.

Du és mtsai (2017) viszont másképp határozták meg az általuk vizsgált almafák (*Malus × domestica* Borkh. cv. Golden Delicious) öntözés melletti vízhasznosító képességét (19. és 20. egyenlet).

$$WUE_{ET} = \frac{1}{10} \times \frac{Y}{ET} \quad \text{és} \quad WUE_1 = \frac{1}{10} \times \frac{Y_1 \times Y_2}{I} \quad (19), (20),$$

ahol WUE_{ET} a fák evapotranszpirációján alapuló vízhasznosító képességet, Y a termést, ET a fák evapotranszpirációját, WUE_1 az öntözéses vízhasznosító képességet, I a teljes öntözést, Y_1 az öntözés melletti termésmennyiséget, Y_2 az öntözés nélküli, csak természetes csapadékot kapó növények termését jelöli.

Shahnazari és mtsai (2007) az általuk vizsgált burgonyák (*Solanum tuberosum* L. cv. Folva) vízhasznosító képességét úgy számították ki, hogy a növények teljes nedves tömegét elosztották az öntözött víz mennyiségével. Szén izotóp diszkriminációval is becsülhető a növényi vízhasznosító képesség, az 5. egyenletben olvasható módon (Tambussi 2007). A szén izotóp diszkriminációval ($\Delta 13C$) a növényi szárazanyagban és az atmoszférában található stabil szén izotópok ($13C/12C$) arányát mérjük (Tambussi 2007). Impa és mtsai (2005) ezzel a módszerrel mérték a rizs (*Oryza sativa* L.) vízhasznosító képességét.

1. táblázat A növényi vízhasznosító képesség kiszámításánál használt rövidítések és mértékegységek

	Rövidítések	Mértékegységek
	WUE	
	WUE ₁	
vízhasznosító képesség	WUE _{instantaneous}	$\mu\text{mol}\cdot\text{CO}_2\cdot\text{mmol}^{-1}\cdot\text{H}_2\text{O}$
	WUE _{intrinsic}	$\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$
	WUE _{WP}	$\text{t}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{mm}^{-1}$
	WUE _L	$\mu\text{mol}\cdot\text{mmol}^{-1}$
	WUE _{biomass}	$\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$
	WUE _{yield}	$\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$
	WUE _{leaf}	
	WUE _{plant}	
	I_{WUE}	
transzspiráció/ evapotranszspiráció	E	$\text{kg}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$
	TR	$\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$
	T _r	$\text{mmol}\cdot\text{H}_2\text{O}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$
	T _{max}	
nettó CO ₂ asszimiláció	PN _A	$\text{g}\cdot\text{CO}_2\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$
	P _N	$\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$
	A	$\mu\text{mol}\cdot\text{CO}_2\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$
	A _N	
sztómakonduktancia	G _s	$\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$
	g _s	$\text{mol}\cdot\text{H}_2\text{O}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$
	S _g	
termés mennyisége	CY	kg
	GY	$\text{t}\cdot\text{ha}^{-1}$
	P	g
	Y	$\text{g}\cdot\text{m}^{-2}$
		$\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$
felhasznált víz mennyisége	WA	m^3
	W	mm
	U	L
	I	

Table 1. Abbreviations and units to calculation of water-use efficiency

Ahogy a fentiekből kitűnik, a vízhasznosító képességet különböző szinteken értelmezhetjük. A levél szintjén (a levelek fotoszintetikus rátáját osztva a transzspirációs rátával), az egész növény szintjén (a száraztömeg és a felhasznált víz mennyiségének aránya), illetve a teljes termés szintjén (szemtermés tömege osztva a területegységre eső transzspirációval). A különböző szerzők különböző módon értelmezik ezt az értéket, viszont megfontolva döntsünk, ha választani akarunk a különböző értelmezések közül, hiszen számos faktor befolyásolhatja a terményt vagy a termés mennyiségét attól függően, hogy öntözött vagy öntözetlen területről beszélünk. Ezek a faktorok magukban foglalják a fertilitást, a fajta-variabilitást, a kártevők elleni védekezési módot, a vetésidőt, a talaj víztartalmát, az ültetési sűrűséget és sortávot (Howell 2001).

Az 1. táblázatban röviden összefoglaltam az általam olvasott szaklapokban megtalálható vízhasznosító képesség számításához szükséges egyenletekben használt rövidítéseket és mérőszámok mértékegységeit.

A vízhasznosító képesség meghatározó faktora

A növények vízhasznosító képességét számos biológiai és környezeti tényező meghatározhatja (1. ábra). Az egyik legfontosabb tényező a növények fenológiai fejlődését és a csapadék szezonális megoszlását, illetve egymáshoz való viszonyát érinti. Míg a korai gyors növényfejlődés mind a felhasznált összes víz mennyiségét, mind a vízhasznosító képességet növeli, addig a fejlett növények mélyreható gyökerei több víz felhasználását teszik lehetővé. A virágzás időpontja is meghatározó lehet, a korán virágzó fajtáknál kevesebb mobilizálható szervesanyagtartalék halmozódik fel szemtelítődéskor a vegetatív szervekben, mint a késői érésű fajtáknál (Passioura 2002).

1. ábra. A vízhasznosítást meghatározó tényezők (Tambussi és mtsai 2007; Medrano és mtsai 2015 alapján)

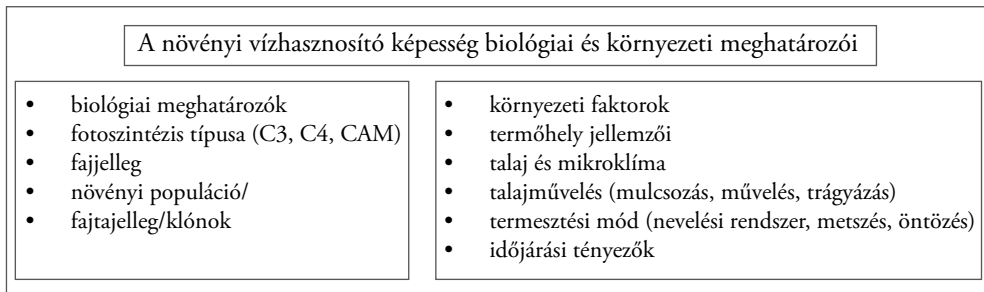


Figure 1. Determining factors of water-use (according to Tambussi, 2007; Medrano, 2015)

Kísérletekkel bizonyították, hogy a növényi tápanyagellátás, de a nitrogén-ellátottság kiemelten befolyásolja a növényi vízhasznosítást és a szárazságtűrést. A nitrogénhiány növeli az egységnyi levélfelületre eső transzspirációt, ezáltal csökkentve a növények vízhasznosítását (van Herwaarden és mtsai 1998). A növények vízhasznosító képességének növekedése például egy jellemző válaszreakció a közepes vagy jelentős vízhiányos környezetre. Ez a képességnövekedés a növények alkalmazkodási reakciójának eredményeképpen jöhet létre, melynek mértéke genotípusfüggő (Liu és mtsai 2012).

A részben antropogén hatások miatt bekövetkezett, és várhatóan egyre jelentősebb éghajlatváltozás miatt, a légköri CO₂ tartalom növekedésére számíthatunk. A megnövekedett légköri CO₂ szint részleges sztómazáródást okoz, ezáltal csökkentve a transzspiráció mértékét (Kimball 1983), illetve javíthatja a növényi vízhasznosító képességet (Nemeskéri és Helyes 2019). Ha jó a talaj vízellátottsága, és az előbb említett okokból adódó transzspiráció-csökkenés jelentkezik, akkor szezonális vízfogyasztás-csökkenést figyelhetünk meg. De ezzel ellentétes folyamatokat is tapasztaltak. A sztómazáródás miatti megnövekedett levélzeti hőmérséklet, a megnövekedett levélterület miatt fokozódik a transzspiráció. Valamint azt is tapasztalták, hogy a növényállományban tapasztalható mikroklíma-változások miatt a CO₂ koncentráció növekedése okozta transzspirációs változás az állományban mérve kisebbnek bizonyult, mint egyedi leveleken mérve. A CO₂ koncentráció-növekedés hatása a növényi vízellátottságra többszörözős kölcsönhatás (Láng 2007; Hoffman 2011). Mint az közismert tény, a fotoszintézis szolgáltat alapot a növényeknek, hogy felhalmozhassanak szerves anyagokat, biomassza és termés képződhessen. A növényi fotoszintézis aktivitása a fény, illetve hőmérsékleti viszonyok változásának függvénye, jellegzetes napi görbét mutat, de értéke a növény általános élettani állapotától és környezeti hatásoktól, mint például a vízellátottságtól is függ. A distresszként érzékelt szárazságstressz hatására az abszcizinsav (ABS) szintézis fokozódik, ez a stresszhormon-szint emelkedése a sztómák bezáródását váltja ki. A zárósejtek a sztómák nyitásával és zárásával befolyásolják a növényi vízvesztés mértékét, a CO₂ felvételét. A jó vízellátottságú növények aktív anyagcserét, szervesanyag-felhalmozást folytatnak, vízhiányos állapotban a megkötött CO₂ mennyisége csökken, végül (C3-as fotoszintézisű növényeknél) fokozott fotorespiráció lép fel. Ebben az esetben csökken a szervesanyag-felhalmozás, fénylégzési szénvesztesség jelentkezik. A vízhiányra érzékeny genotípusok intenzívebben fotorespirálnak, az extenzív genotípusok a sztómák korai zárásával reagálnak a vízhiányra (Fodor 2013). Hasonló körülmények között a C4-es növények vízhasznosító képessége másfélszer – négyszer, míg a CAM típusú növényeké három – tízszer nagyobb, mint a C3-as növényeké (Kocacinar és Sage 2005). Azok a jellegek, melyek CO₂ fixációt és a növény víz állapotát is érintik, egy bizonyos mértékig befolyásolják a vízhasznosítást. Tehát ennek genetikai alapjai valójában átfedik mindazokat a géneket, melyek a növény szén- és vízmérlegének szabályozásában szerepet játszó biokémiai és morfo-fiziológiai jellegeket szabályozzák (mint például klorofill tartalom, foszfoenol-piruvát karboxilát aktivitás, a gyökér mérete és szerkezete, ozmotikus alkalmazkodás, abszcizinsav koncentráció, sztómakonduktancia, a levél vastagsága és állásának szöge, stb.) (Hoffmann 2011, Nyitrai és Solti 2013). A növények vízhasznosító képességét számos terméstechnológiai tényező is befolyásolhatja, ilyek tényezők például a tápanyagellátottság, a mikorrhizálás, vagy az öntözés. A szabályozott deficitöntözés (Regulated Deficit Irrigation, RDF), a részleges gyökérszóna öntözés (Partial Root-zone Drying Irrigation, PRD) és precíziós öntözés javíthatja a vízfelhasználás hatékonyságát (Bogale és mtsai 2016; O’Shaughnessy és mtsai 2016). Korlátozott vízviszonyok mellett, a növényi vízhasznosítás hatékonysága meghatározza a produktivitást, illetve összefügg a sztóma-működéssel és –sűrűséggel (Hardy és mtsai 1995). Az öntözés mértéke erős összefüggést mutat a növényi sztómakonduktanciával és levélfelület hőmérsékletével (Nemeskéri és mtsai 2019; Bócs és mtsai 2009; 2010). Különböző kísérletekkel bizonyították, hogy a különböző Rhizobium baktériumok használata, mint biofertilizátor, javíthatja a növények vízhasznosító képességét (Le és mtsai 2018; Bark és mtsai 2018). Ezek a növény-növekedést támogató készítmények mitigáló hatással bírnak a vízstresszre.

Ahogy ez előzőekben olvashattuk, a növények vízhasznosító képességének különböző számítási módja lehetséges, mind szántóföldi mind kertészeti növények körében. Továbbá a vízhasznosító képességet számos biológiai, illetve környezeti tényező is befolyásolhatja. Mivel a Föld édesvíz-készlete véges, és a jövőre vonatkoztatott predikciók szerint várhatóan csökkenni is fog, ezért egyre sürgetőbb szükségé válik olyan fajták nemesítése, melyek vízhasznosító képessége fokozható öntözéssel technológia alkalmazásának elhagyása mellett.

Köszönetnyilvánítás

A publikáció elkészítését a EFOP-3.6.3-VEKOP-16-2017-00008 számú projekt támogatta. A projekt az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósult meg.

Irodalomjegyzék

1. AQUASTAT, 2014. FAO's Global Information System on Water and Agriculture. <http://www.fao.org/3/I9253EN/i9253en.pdf>
2. Aujla, M.S., Thind, M.S. and Buttar, G.S. 2007. Fruit yield and water use efficiency of eggplant (*Solanum melongena* L.) as influenced by different quantities of nitrogen and water applied through drip and furrow irrigation. *Scientia Horticulturae*, 112: 142-148.
3. Bacon, M. 2004. *Water Use Efficiency in Plant Biology*. Oxford: Blackwell Publishing Ltd.
4. Bark, J., Pék, Z., Helyes, L. and Posta, K. 2018. Mycorrhizal inoculation alleviates water deficit impact on field-grown processing tomato. *Pol. J. Environ. Stud.* 27(5): 1949-1958.
5. Bartholy, J. and Pongráz, R. 2007. Regional analysis of extreme temperature and precipitation indices for the Carpathian Basin from 1946 to 2001. *Glob. Planet. Change*, 57: 83-95.
6. Bierhuizen, J.F. and Slatyer, R.I. 1965. Effect of atmospheric concentration of water vapour and CO₂ in determining transpiration-photosynthesis relationships of cotton leaves. *Agr. Meteorol.* 2: 259-270.
7. Bogale, A., Nagle, M., Latif, S., Aguila, M. and Müller, J. 2016. Regulated deficit irrigation and partial root-zone drying irrigation impact bioactive compounds and antioxidant activity in two selected tomato cultivars. *Scientia Horticulturae*, 213: 115-124.
8. Bos, M.G. 1980. Irrigation efficiencies at crop production level. *ICID Bull.* 29: 18-25.
9. Bos, M.G. 1985. Summary of ICDC definitions of irrigation efficiency. *ICDC Bull.* 34: 28-31.
10. Böcs, A., Pék, Z., Helyes, L., Neményi, A. and Komjáthy, L. 2009. Effect of water supply on canopy temperature and yield of processing tomato. *Cereal Research Communications*, 37: 113-116.
11. Böcs, A., Pék, Z. and Helyes, L. 2010. A vízellátottság hatása az ipari paradicsom szómakonduktanciájára, levélfelület-hőmérsékletére és termésmennyiségére. *Kertgazdaság*, 42(1): 3-9.
12. Briggs, L.J. and Shantz, H.L. 1913. The water requirement of plants: I., Investigations in the Great Plains in 1910 and 1911. *USDA in Bureau of Plant Industry Bulletin* (Washington, DC: US Department of Agriculture), 282-285.
13. Briggs, L.J. and Shantz, H.L. 1917. A comparison of the hourly transpiration rate of atmometers and free water surfaces with the transpiration rate of *Medicago sativa*. *J. Agr. Res.* 9(9): 279-292.
14. Cantore, V., Lechar, O., Karabulut, E., Sellami, M.H., Albrizio, R., Boari, F. and Tomodorovic, M. 2016. Combined effect of deficit irrigation and strobilurin application on yield, fruit quality and water use efficiency of "cherry" potato (*Solanum lycopersicum* L.). *Agricultural Water Management*, 167: 53-61.
15. Centritto, M., Lee, H.S.J. and Jarvis, P.G. 1999. Interactive effects of elevated [CO₂] and drought on cherry (*Prunus avium*) seedlings I. Growth, whole-plant water use efficiency and water loss. *New Phytologist*, 141(1): 129-140.

16. Centritto, M., Lucas, M.E. and Jarvis, P.G. 2002. Gas exchange, biomass, whole-plant water-use efficiency and water uptake of peach (*Prunus persica*) seedlings in response to elevated carbon dioxide concentration and water availability. *Tree Physiology*, 22: 699-706.
17. Cooper, P.J., Gregory, P.J., Tulley, D. and Harris, H.G. 1987. Improving water use efficiency of annual crops in rainfed farming systems of West Africa and North Africa. *Exp. Agric.*, 213: 113-158.
18. Cui, N., Du, T., Kang, S. and Li, F. 2008. Regulated deficit irrigation improved fruit quality and water use efficiency of pear-jujube trees. *Agricultural Water Management*, 95: 489-497.
19. de Wit, C.T. 1958. Transpiration and crop yields. *Verslag Landbouwkundig, Onderzoek No. 64.6*.
20. Du, S., Kang, S., Li, F. and Du, T. 2017. Water use efficiency is improved by alternate partial root-zone irrigation of apple in arid northwest China. *Agricultural Water Management*, 179: 184-192.
21. Du, T., Kang, S., Zhang, J., Li, F. and Yan, B. 2008. Water use efficiency and fruit quality of table grape under alternate partial root-zone drip irrigation. *Agricultural Water Management*, 95: 659-668.
22. Ellsworth, D.S., Tyree, M.T., Parker, B.L. and Skinner, M. 1994. Photosynthesis and water-use efficiency of sugar maple (*Acer saccharum*) in relation to pear thrips defoliation. *Tree Physiology*, 14: 619-632.
23. Farkas, Zs., Varga-László, E., Anda, A., Veisz, O. and Varga, B. 2020. Effects of waterlogging, drought and their combination on yield and water-use efficiency of five Hungarian winter wheat varieties. *Water*, 12(5): 1318.
24. Fodor F. 2013. A növények vízháztartása, ásványi táplálkozása, transzportfolyamatok. In: Dr. Bratek Zoltán, Dr. Fodor Ferenc, Dr. Király István, Dr. Nyitrai Péter, Dr. Parádi István, Dr. Rudnóy Szabolcs, Dr. Solti Ádám, Dr. Szigeti Zoltán, Dr. Tamás László: A növényi anyagcsere élettana. ELTE Eötvös Kiadó Kft., Budapest. 321.
25. Glenn, D.M., Scorza, R. and Bassett, C. 2000. Physiological and morphological traits associated with increased water use efficiency in the willow-leaf peach. *HortScience*, 35(7): 1241-1243.
26. Gregory, P.J. 1990. Plant management factors affecting the water use efficiency of dryland crops. In Unger (ed.) *Challenges in dryland agriculture: A global perspective*. Texas A&M Univ., Collage Station, 171-175.
27. Hardy, J.P., Anderson, V.J. and Gardner, J.S. 1995. Stomatal characteristics, conductance ratios and drought-induced leaf modifications of semiarid grassland species. *American Journal of Botany*, 82: 1-7.
28. van Herwaarden, A.F., Angus, J.F., Richards, R.A. and Farquhar, G.D. 1998. Haying-off, the negative grain yields response of dryland wheat to nitrogen fertiliser. II. Carbohydrate and protein dynamics. *Australian Journal of Agricultural Research*, 49: 1083-1093.
29. Hillel, D. 1997. *Small-scale irrigation for arid zones: principles and options*. FAO Development Series No. 2, Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome.
30. Hoffman B. 2011. Növénygenetika. Debreceni Egyetem, Nyugat-Magyarországi Egyetem, Pannon Egyetem
31. Howell, T.A. 2001. Enhancing water use efficiency in irrigated agriculture. *Agron. J.* 93: 281-289.
32. Howell, T.A., Cuenca, R.H. and Solomon, K.H. 1990. Crop yield response. In Hoffman et al. (ed.) *Management of farm irrigation system*. Am. Soc. Of Agric. Eng. (ASAE), St. Joseph, MI. 93-122.
33. Impa, S.M., Nadaradjan, S., Boominathan, P., Shashidar, G., Bindumadhava, H. and Sheshshayee, S. 2005. Carbon isotope discrimination accurately reflects variability in WUE measured at a whole plant level in rice. *Crop Science*, 45(6): 2517-2522.
34. Kaya, C., Higgs, D., Kirnak, H. and Tas, I. 2003. Mycorrhizal colonisation improves fruit yield and water use efficiency in watermelon (*Citrullus lanatus* Thunb.) grown under well-watered and water-stressed conditions. *Plant and Soil*, 253: 287-292.
35. Kimball, B.A. 1983. Carbon dioxide and agricultural yield an assemble and analysis of 430 prior observation. *Agronomy Journal*, 75: 779-788.
36. Kirkham, M.B. 2005. *Water-use Efficiency*, Elsevier Ltd. 315-322.
37. Kocacinar, F. and Sage, R.F. 2005. Hydraulic properties of the xylem in plants of different photosynthetic pathways. *Vascular Transport in Plants. Physiological Ecology*, 517-533.
38. Láng L. 2007. Fotoszintézis. In: Láng (szerk.) *Növényélettan – A növényi anyagcsere I- II.*, ELTE Eötvös Kiadó. 1024.
39. Le, A.T., Pék, T., Takács, S., Neményi, A. and Helyes, L. 2018. Effect of plant growth-promoting rhizobacteria on yield, water use efficiency and Brix Degree of processing tomato. *Plant Soil Environ.* 64(11): 523-529.

40. Liu, B., Cheng, L., Ma, F., Zou, Y. and Liang, D. 2012. Growth, biomass allocation, and water use efficiency of 31 apple cultivars grown under two water regimes. *Agroforest Syst.* 84: 117-129.
41. Liu, C. and Allan, R.P. 2013. Observed and simulated precipitation responses in wet and dry regions 1850-2100. *Environ. Res. Lett.* 8(3): 034002.
42. Liu, F., Andersen, M.N., Jacobsen, S.E. and Jensen, C.R. 2005b. Stomatal control and water use efficiency of soybean (*Glycine max.* L. Merr.) during progressive soil drying. *Environmental and Experimental Botany*, 54(1): 33-40.
43. Liu, F., Jensen, C.R., Shahanzari, A., Andersen, M.N. and Jacobsen, S.E. 2005a. ABA regulated stomatal control and photosynthetic water use efficiency of potato (*Solanum tuberosum* L.) during progressive soil drying. *Plant science*, 168(3): 831-836.
44. López-Urrea, R., Montoro, A., López-Fuster, P. and Fereres, E. 2009. Evapotranspiration and responses to irrigation of broccoli. *Agricultural Water Management*, 96(7): 1155-1161.
45. Marosán Á. 2019. Statisztikai Jelentések – Öntözésjelentés 2018. év. NAIK Agrárgazdasági Kutatóintézet XXII. (1): 20.
46. Medrano, H., Tomás, M., Martorell, S., Flexas, J., Hernández, E., Rosselló, J. and Bota, J. 2015. From leaf to whole-plant water use efficiency (WUE) in complex canopies: Limitations of leaf WUE as selectional target. *The Crop Journal*, 3(3): 220-228.
47. Nemeskéri, E., Molnár, K., Pék, Z. and Helyes, L. 2018. Effect of water supply on the water use-related physiological traits and yield of snap beans in dry seasons. *Irrigation Science*, 36(3): 143-158.
48. Nemeskéri, E. and Helyes, L. 2019. Physiological responses of selected vegetable crop species to water stress. *Agronomy*, 9(8): 447.
49. Nemeskéri, E., Neményi, A., Bócs, A., Pék, Z. and Helyes, L. 2019. Physiological factors and their relationship with the productivity of processing tomato under different water supplies. *Water*: 11, 586.
50. Nyitrai, P. és Solti, Á. 2013. Fotoszintézis. In: Dr. Bratek Zoltán, Dr. Fodor Ferenc, Dr. Király István, Dr. Nyitrai Péter, Dr. Parádi István, Dr. Rudnóy Szabolcs, Dr. Solti Ádám, Dr. Szigeti Zoltán, Dr. Tamás László. A növényi anyagcsere élettana. ELTE Eötvös Kiadó Kft., Budapest. 321.
51. O'Shaughnessy, S.A., Evett, S., Andrade, M.A., Workneh, F., Price, J.A. and Rush, C.M. 2016. Site-specific variable-rate irrigation as a means to enhance water use efficiency. *Transaction of the ASABE*, 59(1): 239-249.
52. Passioura, J.B. 2002. Environmental biology and crop improvement. *Functional Plant Biology*, 29: 537-546.
53. Polley, W.H. 2002. Implications of atmospheric and climatic change for crop yield and water use efficiency. *Crop Science*, 42: 131-140.
54. Roupael, Y., Cardarelli, M., Colla, G. and Rea, E. 2008. Yield, mineral composition, water relations, and water use efficiency of grafted mini-watermelon plants under deficit irrigation. *American Society for Horticultural Science*, 43(3): 730-736.
55. Shahnazari, A., Liu, F., Andersen, M.N., Jacobsen, S.E. and Jensen, C.R. 2007. Effects of partial root-zone drying on yield, tuber size and water use efficiency in potato under field conditions. *Field Crops Research*, 100(1): 117-124.
56. Siddique, K.H.M., Regan, K.L., Tennant, D. and Thomson, B.D. 2001. Water use and water use efficiency of cool season grain legumes in low rainfall Mediterranean-type environments. *European Journal of Agronomy*, 15(4): 267-280.
57. Tambussi, E.A., Bort, J., Guiamet, J.J., Nogués, S. and Araus, J.L. 2007. The photosynthetic role of ears in C₃ cereals: metabolism, water use efficiency and contribution to grain yield. *Critical Reviews in Plant Science*, 26: 1-16.
58. Tambussi, E.A., Nogués, S., Ferrio, P., Voltas, J. and Araus, J.L. 2004. Does a higher yield potential improve barley performance under Mediterranean conditions? A case study. *Field Crops Research*, 91: 149-160.
59. Viets, F.G.JR. 1962. Fertilizers and efficient use of water. *Adv. Agron.* 14: 223-264.
60. Wibble, M.L.L and Blanke, M.M. 1995. Effects of defruiting on source-sink relationship, carbon budget, leaf carbohydrate content and water use efficiency of apple trees. *Physiologia Plantarum*, 94(3): 529-533.

61. Wollenweber, B., Porter, J.R. and Schellber, J. 2003. Lack of interaction between extreme high-temperature events at vegetative and reproductive growth stages in wheat. *J. Agron. Crop Sci.* 189(3): 142-150.
62. Yaghi, T., Arslan, A. and Naoum, F. 2013. Cucumber (*Cucumis sativus* L.) water use efficiency (WUE) under plastic mulch and drip irrigation. *Agricultural Water Management*, 128: 149-157.
63. Yang, Q., Zhang, F., Li, F. and Liu, X. 2013. Hydraulic conductivity and water-use efficiency of young pear tree under alternate drip irrigation. *Agricultural Water Management*, 119: 80-88.
64. Zahir, Z.A., Munir, A., Asghar, H.N., Shaharoon, B. and Asrhad, M. 2008. Effectiveness of Rhizobacteria containing ACC deaminase for growth promotion of peas (*Pisum sativum*) under drought conditions. *J. Microbiol. Biotechnol.* 18(5): 958-963.

Internetes forrás

<https://www.worldometers.info/hu/>

Calculation methods and determining factors of water-use efficiency

FARKAS ZS.^{1,2}

¹ Agricultural Institute, Centre for Agricultural Research, Martonvásár, Hungary

² Festetics Doctoral School, Georgikon Faculty, University of Pannonia, Keszthely, Hungary

E-mail: farkas.zsuzsanna@agrar.mta.hu

Summary

In the near future, agriculture and horticulture will face various challenges. The growing population of the Earth and the descending freshwater reserves will endanger the fulfilment of the food requirements. Due to the climate change, the extreme weather events are already being experienced more frequently and the patterns of precipitation will change as well (Wollenweber et al. 2003; Liu and Allan 2013). One of the solutions of the future food production problem can be the breeding of plants with better water-use efficiency (WUE). There are numerous different methods of calculating the WUE. The water-use efficiency can be determined on different levels of the plants; on the level of the leaves (the photosynthetic rate divided by the transpiration rate), the level of the whole plant (the amount of dry weight divided by the amount of applied water) and the level of the whole yield (amount of yield divided by the transpiration per area). Different authors interpret this concept in different ways, so we must choose the best types of plants and growing methods. Water-use efficiency can be influenced by several biological and environmental factors. For example, the type of photosynthesis, the variety and population can be a biological factor. The environmental factors are for example the photosynthetic rate (C3, C4, CAM), species, the plant population/cultivar/clone, the characteristics of the location, the soil and microclimate, the soil management (mulching, tillage, fertilisation) and the crop management (training system, pruning, irrigation) (Medrano et al. 2015). The Regulated Deficit Irrigation (RDI) and

Partial Root-zone Drying Irrigation (PRD) can improve the WUE (Bogale et al. 2016; O'Shaughnessy et al. 2016). Moreover, the plant growth-promoting rhizobacteria (PGPR) as biofertilizer have positive effects on the plants' water-use efficiency as well.

The work is supported by the EFOP-3.6.3-VEKOP-16-2017-00008 project. The project is co-financed by the European Union and the European Social Fund.

Szerző

Farkas Zsuzsanna – tudományos segédmunkatárs, ATK Mezőgazdasági Intézet, 2462 Martonvásár, Brunsvik u. 2.

Hevesi Mária – Dr. Hevesi Lászlóné



Dr. Hevesi Lászlóné, Marika 2020-ban ünnepli 85. születésnapját. Ezalkalomból nagyon sok szeretettel köszöntjük Öt!

Dr. Hevesi Lászlóné 1935-ben Gyulaváriban született. Középiskolai tanulmányait az akkori I. László Gimnáziumban végezte, 1954-ben érettségizett. A biológia iránti elkötelezettsége már ekkor megmutatkozott, saját bevallása szerint ebben a családi háttérnek és a gimnáziumi biológia tanárának dr. Lange Nándornak is nagy szerepe volt.

A Keszthelyi Agrártudományi Egyetemen 1976-ban növényvédő üzemmérnöki oklevelet, majd 1980-ban általános agrármérnöki diplomát szerzett.

1960 és 1990 közötti időszakban az MTA Növényvédelmi Kutató Intézetében dr. Klement Zoltán munkacsoportjában dolgozott. Kutatómunkájának elismeréseként az MTA Nö-

vényvédelmi Kutatóintézetében 1972-ben „Kiváló Dolgozó” kitüntetést kapott.

A Magyar – Kubai Tudományos Technikai Államközi szerződés keretében két alkalommal hosszabb időt töltött Kubában. 1969 és 1973 között a Havannai Egyetem (University of Havana; Universidad de la Habana) keretein belül működő Központi Nemzeti Kutató Intézetben tudományos tanácsadóként dolgozott, valamint a Havannai Egyetemen a „Bakteriológia” tantárgy oktatója volt. Második kiküldetése alkalmával 1976 és 1979 között az Országos Növény-egészségügyi Hálózat Központi Diagnosztikai Laboratóriumában volt tudományos tanácsadó. Nagy szerepe volt Kubában a megyei növény-egészségügyi vizsgáló laboratóriumi hálózat megszervezésében, a bakteriológiai vizsgálatok tematikájának és módszereinek kialakításában, valamint a szakemberek betanításában. Szakértői tevékenységét a cukornád baktériumos betegségének megfékezésében a Kubai Mezőgazdasági Minisztérium 1979-ben elismerő oklevéllel díjazta.

1986-ban a Kertészeti és Élelmiszeripari Egyetemen „summa cum laude” minősítéssel egyetemi doktori címet szerzett, majd 1992-ben az MTA TMB kandidátusi fokozatát kapta meg.

1996-ban elsőként izolálta hazánkban az *Erwinia amylovora* baktériumot, ezt követően a betegség elleni védekezés a fő kutatási területévé vált.

A Szent István Egyetem Kertészettudományi Kar jogelődjénél a Kertészeti és Élelmiszeripari Egyetemen 1991-óta dolgozik óraadóként, először a Növénykórtani Tanszéken, majd később a Gyümölcs-termő Növények Tanszéken. A Karon működő Kertészeti és növénytermesztési Doktori Iskola kertében két tantárgyat oktatott, valamint közreműködésével jött létre a Gyümölcsstermesztési Tanszéken az úgynevezett „Erwinia Laboratórium”. A Gyümölcsstermesztési Tanszéken dr. Tóth Magdolna professzorasszony vezetésével folytatott multirezisztenciára irányuló almanemesítési programban, a tűzelhalás betegséggel szemben ellenálló almafajták szelektálásában működött közre. Egy líbiai PhD hallgató kutatómunkájának témavezetése keretében 1999-ben *E. amylovora*-val szemben antagonistá hatású baktériumfajt izolált, amely lehetőségeket ad a betegség elleni biológiai védekezésre. Osztrák-Magyar Akció Alapítvány (OMAA) pályázatának kereteiben témavezetőként kilenc éven keresztül vizsgálta

az Ausztriában és Magyarországon előforduló *E. amylovora* törzsek genetikai rokonságát. Az alma-termésű gyümölcsfajok kutatására szerveződött COST 864 EU projekt hazai koordinátora volt öt éven keresztül. Emellett rendszeresen részt vesz OTKA és más hazai kutatási pályázatokban is. A tűzélhalással kapcsolatos kutatómunkájának elismeréseként 2010-ben Varsóban „Kristályalma Díjat” kapott.

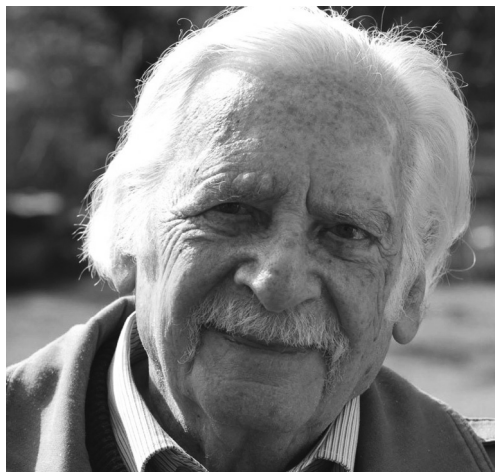
2016 óta szakértőként folyamatosan részt vesz a Gyümölcsstermesztési Tanszék „Erwinia Laboratóriumához” köthető Mikroorganizmus Génbank fenntartásai feladatainak ellátásában.

Színvonalas egyetemi oktatómunkáját igazolja, hogy több diplomázó és tudományos diákköri munkát végző hallgatónak volt konzulense. Közreműködésével három kubai és négy hazai aspiráns kapott kandidátusi illetve PhD tudományos fokozatot. Élő szakmai kapcsolatot tart fent európai egyetemekkel és kutatóintézetekkel. Rendszeresen felkérést kap hazai és külföldi egyetemek részéről előadások megtartására, így pl. Szent István Egyetem, Debreceni Egyetem, Washingtoni Állami és Bolognai Egyetem.

Kutatási eredményeit szerzőtársaival hazai és nemzetközi fórumokon rendszeresen publikálja. Értékes tudományos lapokban megjelent publikációinak a száma megközelíti a százat.

Dr. Simon Gergely
tanszékvezető,
SZIE Kertészettudományi Kar,
Gyümölcsstermesztési Tanszék

Dr. Bálint György (1919 – 2020)



Elhunyt dr. Bálint György kertészmérnök, a mezőgazdasági tudomány kandidátusa, lapunk alapító szerkesztője. Júliusban ünnepelte volna 101. születésnapját.

Életműve szétfeszíti a megszokott kereteket, nem könnyű besorolni a megszokott sablonokba. Az ország Bálint gazdájaként, Gyuri Bácsijaként közismert személyisége volt a kertész szakmának és felülmúlhatatlan egyénisége a szakmai ismeretterjesztésnek. Tavaly köszöntöttük 100. születésnapja alkalmából kiváló kollégánkat, a Prima Primiissima Díjas tudós kertészt. Őt ünnepelte nemcsak a szakma, hanem az egész ország, óvodások faültetési mozgalmától kezdve a kertbarát körökben, a kertészeti könyvkiadás,

a nyomtatott és elektronikus sajtó, az általa is szerkesztett Kertészet és Szőlészet, az egykori TV-magazin, az Ablak stábja, de végtelenségig lehetne sorolni az ünneplő alkalmakat.

Életpályája bővelkedett magasságokkal és mélységekkel, megpróbáltatásokkal, ez alakította egyéniségét, s ez őt az egész ország „Bálint gazdájává” emelte. Gyermek- és ifjúkorában a jómódú, középbirtokos gyöngyösi zsidó család életvitelét élvezhette és az apai mintát követve tudatosan készült arra, hogy a Magyar Királyi Kertészeti Akadémiát elvégezve átveszi a birtokot és folytatja a szőlő és bor mellett jelentős kertészettel, virágmagtermesztéssel foglalkozó család gazdálkodását. A történelem azonban közbeszólt, nem kerülhette el zsidó honfitársaink tragédiáját ő sem: 1942-ben behívták munkaszolgálatra, onnan 1945 elején koncentrációs táborba került. Túlélte a holokausztot, s a megsemmisítő táborból megmenekülve 1945-ben visszatért a családi birtokra, de alighogy hozzálátott volna a birtok rendbetételéhez, folytatódott a „magyar abszurd” tragikomédia. A kommunista hatalomátvétel után az új diktatúra gyűlöletkeltő politikájának ismét céltáblájává vált, immáron, mint földbirtokos. A birtokot elhagyva családjával Budapestre jött 1948-ban, alkalmi kertészeti munkákból élt, majd baráti segítséggel állást kapott. Az újonnan induló mezőgazdasági technikumok tankönyveit szerkesztették. Szakírói, szerkesztői vénája már ekkor megmutatkozott, elkészültek első sakkönyvei. Az akkor már Magyar Agrártudományi Egyetem Kert- és Szőlőgazdaság-tudományi Karán agrármérnöki oklevelet is szerzett az immár egyetemi rangú karként működő korábbi tanintézetből.

„Kulák” származása nem kedvezett, sokszor kellett váltania. A Kertészeti Kutatóintézetben fenológusként dolgozott, majd segédagronómus lett a Mányi Állami Gazdaságban, később főagronómus. Az összevont Fejér Megyei Állami Gazdaságok Igazgatósága főkertészként alkalmazta, 1964-ig. Ekkor az Állami Biztosítóhoz került a főigazgatóság szakértőjeként, itt születtek e témában megjelent könyvei. Egyetemi doktori címet 1969-ben kapott, értekezése a talajvíz és a mezőgazdasági termelés kapcsolatáról szólt. Az Állami Biztosítónál a jégkárok vizsgálata volt az egyik feladata, így kandidátusi értekezést is készített a témában, amit a bírálók ugyan alkalmasnak találtak, de a Tudományos Minősítő Bizottság elutasította, mondván: „A tudományos fokozatok a dolgozó nép fiainak vannak fenntartva.”

Tudományos fokozatot végül is 1995-ben kapott, a kertészeti szakismeretek kommunikációjának témájában, aminek született mestere volt. A gyöngyösi Károly Róbert Főiskolán nyolc éven keresztül tanított agrárkommunikációt, s a Kecskeméti Főiskola címzetes főiskolai tanára.

Életeleme volt a szakmai ismeretterjesztés, ez a hajlama már fiatalon megmutatkozott. 1969-től a Kertészet és Szőlészet c. lapot szerkesztette, amelyből 70-75 ezres példányszámú, a kertészetet népszerűsítő, kertészkedőknek szóló hetilapot varázsolt. Emellett szükség volt egy szakmai-tudományos folyóiratra is, így kezdeményezésére alapították meg folyóiratunkat, a Kertgazdaságot, amelynek nyugdíjazásáig (1981-ig) szintén szerkesztője volt. A Kertészet és Szőlészetnél töltött időszak alatt fordult figyelme egyre inkább a kertészet népszerűsítésének irányába. Legelső ilyen könyve, a Gyümölcsöskert (első kiadás 1972) 6 kiadást ért meg mintegy 200 ezer példányban adták el, de sorozatban írta a kertészkedőknek szóló munkáit. Ezek a munkák nagyban hozzájárultak a magyar kertészeti szaknyelv ápolásához, amely folyóiratunknak is egyik kitűzött célja.

Az élethivatásnak tekintett ismeretterjesztéssel az elektronikus médiában új korszakot nyitott, amikor nyugdíjazását követően 1981-től a Magyar Televízió „Ablak” című közéleti magazinjának állandó munkatársaként népszerűsítette a kertészetet. Felmérhetetlen jelentőségű volt ez a műsor a kertészet népszerűsítésében és a magyarországi kertkultúra fejlődésében. S emellett szerkesztette a televízió Gazdaképző című műsorát is. Ezen a téren haláláig aktív maradt, saját honlapot működtetett, amely hobbikerti témákban nyújtott tanácsokat a kertészkedőknek.

A szegény néprétegek támogatásában azt az elvet vallotta, hogy megtanítsa őket a maguk ellátását szolgáló gazdálkodásra. A Budapest Rotary Klub tagjaként, illetve számos, a szegénységben élők felemelkedését célzó akciókban örömet lelve és sikeres volt, így például a Tarnabodon megvalósult programjuk a hajléktalanok segítésére. Ezért a munkájáért megkapta a Hajléktalan Emberért Díjat, amely egy jelképes elismerés olyan személyeknek, akik erőfeszítést tesznek a magyar hajléktalanok helyzetének javításáért. Egy közös projektünk is volt, a határon túli Zsombolya község közösségi gyümölcsöskertjének kialakítása, amelyben mi magunk is a Kertészettudományi Karról örömmel vettünk részt. Felsorolni is sok volna annak a számos szakmai és társadalmi szervezetnek még a neveit is, ahol tevékenykedett. Príma Primiissima Díja talán az egyik legnagyobb és leginkább kifejező elismerés, amit a népművelés kategóriában kapott 2017-ben, 2018-ban pedig az Év Agrárembere életmű díjával tüntették ki.

A magyar kertészet aranykönyvében dr. Bálint György neve örökre világít majd példát és utat mutatva a következő nemzedékeknek, s végtelen humanizmusa, bölcsessége a szakmán túl is a magyar értelmiség nagyjai közé emelte. Nyugodjék békében!

**Dr. Hrotkó Károly egyetemi tanár
főszerkesztő**

Szerzői útmutató

Folyóiratunk a kertészet (zöldségtermesztés, gyümölcstermesztés, szőlészet és borászat, dísznövénytermesztés, gyógynövénytermesztés, faiskola, kertészeti biotechnológia, ökológiai gazdálkodás, menedzsment és marketing, kertészettörténet) szakterületével kapcsolatos tudományos cikkeket, valamint a szakterületek fejlődését, tudományos kérdéseit elemző, áttekintő (review) cikkeket, a legújabb technológiákat, fajtákat bemutató írásokat és a kertész szakma kiemelkedő eseményeiről készült híradásokat fogad be közlésre magyar nyelven. A kéziratokat elektronikus formában, Microsoft Word fájlban (szöveg és táblázatok) csatolmányként lehet beküldeni a szerkesztőség (kertgazdasag@kertk.szie.hu), vagy az egyes rovatvezetők számára. A csatolmányok fájlneve az első szerző nevével kezdődjön. A kísérő levélben fel kell tüntetni a levelező szerző nevét, elérhetőségeit (e-mail, telefon, fax), valamint esetleges javaslatot a lektorok személyére, amelyek elfogadásáról a szerkesztőség dönt.

A folyóiratunkban közölhető kéziratok fontosabb követelményei az alábbiak.

Tudományos cikkek: új tudományos eredményeket bemutató, módszeres kísérleti, vizsgálati adatokkal és statisztikai elemzésekkel alátámasztott közlemények, amelyek ajánlott terjedelme táblázatokkal, ábrákkal, irodalmi hivatkozásokkal és angol nyelvű összefoglalóval együtt 8-10 kéziratoldal, indokolt esetben sem haladja meg a 15 kéziratoldalt (egy kéziratoldal 5000 karakter terjedelmű). A szerző(k) teljes neve a cím után szerepel. Több szerző esetén vesszővel kérjük elválasztani a neveket, és a különböző munkahelyen dolgozó szerzőknél a név után számokkal (felső indexben) jelezzék ki-ki munkahelyét. A kézirat végén tüntessék fel a szerzők teljes nevét, tudományos fokozatát, beosztását és a munkahely pontos címét is. Kérjük, adják meg a kapcsolattartó szerző e-mail címét.

A tudományos cikkek, rövid közlemények, szaccikkek magyar és angol nyelvű összefoglalóval (egyenként 250 szó terjedelemben), valamint a téma kulcs-szavainak (legfeljebb 5) megadásával kezdődnek, majd a témának megfelelő tagolásban folytatódnak. Tudományos vizsgálatok eredményeit közlő dolgozatok esetében az ajánlott fejezetek: bevezetés és irodalmi áttekintés, anyag és módszer, eredmények, megvitatás, (köszönetnyilvánítás), irodalomjegyzék. Az ábrákat, grafikonokat ne tördeljék be a szövegbe, hanem elkülönítve kérjük a kézirattal leadni. Diagramoknál a tengelyek elnevezése nagybetűvel kezdődik, de pont nincs a végén. Ugyancsak nagybetűvel kezdődnek a kördiagramban szereplő elnevezések. Az ábrák betűmérete lehetőleg 10-es legyen, hogy jól olvasható maradjon. A grafikonok egységes jelöléssel készüljenek, fekete-fehérben. Kérjük, a kézirat végén mellékeljék az ábrákat külön, eredeti fájlformátumban is. Az ábrákra és táblázatokra való utalást a szövegben az aláhúzott betű jelzi, a szövegben az ábrák tervezett helyére utalóan csak az ábra (fotó, grafikon) számát és szövegét illesszék be. Az ábrák és táblázatok címét, valamint az értelmezéshez szükséges jelmagyarázatot a magyar mellett angolul is kérjük megadni. A cikkben szereplő diagramokat és ábrákat 300 dpi felbontásban, külön jpg vagy pdf fájlban kérjük csatolni a kézirathoz a diagram/ábra számának megjelölésével. Csak megfelelő minőségű képeket tudunk közölni, amelyeket lehetőleg jpg kiterjesztésben (min. 110 mm szélességű és 300 dpi felbontású) küldjenek, külön fájlban,

a számuk/nevük megjelölésével. Színes felvételek csak a belső és a hátsó borítókön jelenhetnek meg, erről a szerkesztőbizottság döntése után egyeztetünk a szerzőkkel.

A szövegben csak a *latin* nevek, illetve az adott szakterület (pl. genetika) gyakorlata szerinti nevek szerepelnek dőlt betűs kiemeléssel. Az irodalmi hivatkozásnál a szövegben szerző vezetéknevét és a publikáció megjelenésének évszámát adják meg szöveggörnyezettől függően, pl. Balogh (2015) vagy (Balogh 2015) formában. Két szerző nevét „és” kötőszóval válasszák el (Kis és Nagy 2015), több szerző esetén az „és tsai”, vagy az „et al.” álljon az első szerző neve után.

Az irodalomjegyzékben hasonlóképpen tüntessék föl a szerzőket, az évszámot, majd a címet. Magyar nyelvű hivatkozásban a szerzők vezetékneve után a keresztnév(ek) kezdőbetűje álljon, több szerzőt vesszővel választva el. Idegen nyelvű hivatkozásban a szerző vezetékneve után vessző, majd a további név(ek) kezdőbetűje ponttal lezárva álljon. A cím után következik a kiadó, vessző és a kiadás helye. Pl.: Kis Z. 2005. Publikáció címe. Kiadó, Budapest. Folyóiratban megjelent cikkekre hivatkozva a cím után a folyóirat neve (rövidítése) következik, vessző, évfolyam, zárójelben a lapszám, kettőspont, oldalszám. Pl.: Kertgazdaság, 47(2): 76-86.

Példák a felhasznált irodalom közlésére:

Nyújtó F. 1987. Az alanykutatás hazai eredményei. Kertgazdaság, 19(5): 9-34.

Cai, Y.L., Cao, D.W., and Zhao, G.F. 2007. Studies on genetic variation in cherry germplasm using RAPD analysis. Sci. Hort. 111: 248-254.

Feucht, W. 1982. Das Obstgehölz. Eugen Ulmer Verlag, Stuttgart.

Az angol nyelvű összefoglaló (tartalmazza a cikk címét és a szerzők munkahelyét is) mellett az ábrák, táblázatok címét is fordítsák le angolra. Táblázat esetében a fejléc és a jelmagyarázat fordítását is kérjük, amihez számokkal jelöljék a fejléc-beosztásokat.

Rövid közlemények: új kísérleti, vizsgálati eredmények gyors bemutatására, új módszerek, eszközök, hipotézisek, fajták leírására alkalmas, tagolása nem feltétlenül követi a tudományos cikkéket. Rövid közlemények terjedelme legfeljebb 4 kézirattoldal, benne egy táblázat és egy ábra szerepelhet. Egy kézirattoldal 5000 karakter terjedelmű. Az összefoglaló terjedelme legfeljebb 100 szó, az anyag és módszer, illetve az eredmények bemutatása és megvitatása a témának megfelelően összevonható.

Elemző szakcikkek (review): Szakterületek fejlődését, tudományos kérdések, témakörök helyzetét tekintik át módszeres elemzés formájában. Terjedelmi követelményeik azonosak a tudományos cikkekkel, tagolásuk a témának megfelelő legyen.

A benyújtott kéziratokat legalább két független bíráló értékeli, a bírálatokat lektorok névtelenségét megőrizve a szerzőknek megküldjük. A véleményezők arra tehetnek javaslatot, hogy elfogadásra javasolják a kéziratot, bizonyos feltételekkel fogadják el, vagy a megjelentetés elutasítását javasolják. A szerzők a lektorok véleményére tekintettel kijavítva benyújtják végleges kéziratukat az illetékes rovatvezető e-mail címére megküldve. Amennyiben a lektori javaslatokat nem fogadják el, ezt kellőképpen indokolni kell. A közlésről a negyedévente ülésező szerkesztőbizottság dönt. A közölt cikkek tartalmáért a szerzők felelősek, a közlés nem feltétlenül jelenti a szerkesztőbizottság egyetértését. Kéziratokat nem őrzünk meg.

A szerzőket a folyóirat adott számának egy nyomtatott példánya, valamint egy pdf példánya illeti meg, amelyet a folyóirat megjelenése után egy hónapon belül küldünk meg.



Nemzetközi Természet- és Környezetvédelmi Fesztivál

Természet- és környezetvédelem a művészetek és a játék erejével

2020. szeptember II-III., Gödöllő



Kiemelt programok

Fotó: Berde Lajos

Nemzetközi és Kárpát-medencei Filmszemle
Trash Art Magyarország
Nemzeti Parkok Hete
Természet- és környezetvédelmi
kiállítás és vásár

Bővebb információ: www.godollofilmfest.com

FŐ TÁMOGATÓ

ALAPÍTÓK

TÁMOGATÓK

KÉK BÖLYGŐ
KLÍMAVÉDELMI ALAPÍTVÁNY



SZERZŐK

Balázs Gábor – PhD, adjunktus, Szent István Egyetem, Kertészettudományi Kar, Zöldség- és Gombatermesztési Tanszék, 1118 Budapest, Ménesi út 44.

Deák Konrád János – doktor jelölt, Szent István Egyetem, Mezőgazdaság- és Környezettudományi Kar, Növénytermesztés-tudományi Intézet, Kertészeti Tanszék 2100 Gödöllő, Páter Károly u. 1.

Demján Ildikó – Levendula major Kft. vezetője, 8244 Dörgicse

Détár Enikő – PhD hallgató, Szent István Egyetem, 1118 Budapest, Villányi út 29-43.

Égei Márton – PhD hallgató, Szent István Egyetem, Mezőgazdaság- és Környezettudományi Kar, Növénytermesztés-tudományi Intézet, Kertészeti Tanszék 2100 Gödöllő, Páter Károly u. 1.

Farkas Zsuzsanna – tudományos segédmunkatárs, ATK Mezőgazdasági Intézet, 2462 Martonvásár, Brunszvik u. 2.

Fekete Katalin – PhD hallgató, Szent István Egyetem, Kertészettudományi Kar, Zöldség- és Gombatermesztési Tanszék, 1118 Budapest, Ménesi út 44.

Galli Zsolt – PhD, növénynemesítő, Syngenta Kft. Kísérleti Állomás, 2364 Ócsa, Üllői út, külterület

Gosztola Beáta – PhD, egyetemi docens, Szent István Egyetem, 1118 Budapest, Villányi út 29-43.

Nagy Attila – PhD, egyetemi docens, Debreceni Egyetem, Mezőgazdaság-, Élelmiszertudományi és Környezetgazdálkodási Kar, Víz- és Környezetgazdálkodási Intézet, 4032 Debrecen Böszörményi út 138.

Németh Dzszenifer – PhD hallgató, Szent István Egyetem, Kertészettudományi Kar, Zöldség- és Gombatermesztési Tanszék, 1118 Budapest, Ménesi út 44.

Oláh Krisztina – kutató mérnök, NAIK Szőlészeti és Borászati Kutatóintézet, Kecskeméti Kutató Állomás, 6000 Kecskemét Katona Zsigmond utca 5.

Oláh Róbert – PhD, tudományos tanácsadó, NAIK Szőlészeti és Borászati Kutatóintézet, Kecskeméti Kutató Állomás, 6000 Kecskemét Katona Zsigmond utca 5.

Pap Zoltán – PhD, adjunktus, Szent István Egyetem, Kertészettudományi Kar, Zöldség- és Gombatermesztési Tanszék, 1118 Budapest, Ménesi út 44.

Pluhár Zsuzsanna – PhD, egyetemi tanár, Szent István Egyetem, 1118 Budapest, Villányi út 29-43.

Róth Fruzsina – PhD hallgató, nemesítő asszisztens, Syngenta Kft. Kísérleti Állomás, 2364 Ócsa, Üllői út, külterület

Szabó Andrea – PhD hallgató, Debreceni Egyetem, Mezőgazdaság-, Élelmiszertudományi és Környezetgazdálkodási Kar, Víz- és Környezetgazdálkodási Intézet, 4032 Debrecen Böszörményi út 138.

Tamás János – DSc. egyetemi tanár, Intézetvezető, Debreceni Egyetem, Mezőgazdaság-, Élelmiszertudományi és Környezetgazdálkodási Kar, Víz- és Környezetgazdálkodási Intézet, 4032 Debrecen Böszörményi út 138.

Tillyné Mándy Andrea – CSc. docens, Szent István Egyetem, Kertészettudományi Kar, Dísnövénytermesztési és Dendrológiai Tanszék, 1118 Budapest, Villányi út 29-43.

Tóth József, Szomódi Levendulás vezetője, 2896, Szomód

Turcsán Mihály – PhD hallgató, tudományos segédmunkatárs, NAIK Szőlészeti és Borászati Kutatóintézet, Kecskeméti Kutató Állomás, 6000 Kecskemét Katona Zsigmond utca 5.

Zámboriné Németh Éva – DSc. egyetemi tanár, Szent István Egyetem, 1118 Budapest, Villányi út 29-43.

Tartalom

GYÜMÖLCSTERMESZTÉS

3. SZABÓ ANDREA, TAMÁS JÁNOS, NAGY ATTILA: A jégvédő háló használatának hatásai az alma gyümölcsös vízháztartására és lombozatának pigment tartalmára

ZÖLDSÉGTERMESZTÉS

17. DEÁK KONRÁD JÁNOS, ÉGEI MÁRTON: Vízellátás hatása ipari cseresznye paradicsom termésképzésére és a fontosabb fitonutrienseire
27. PAP ZOLTÁN, NÉMETH DZSENI FER, FEKETE KATALIN, TILLYNÉ MÁNDY ANDREA, BALÁZS GÁBOR: Termesztőközeg-adalékanyag dóziszfüggő hatása balkonparadicsom termésmennyiségére és néhány beltartalmi értékére
34. RÖTH FRUZSINA, GALLI ZSOLT: Dohánytripsz körkép – a zöldség nemesítés szemszögéből

SZŐLÉSZET ÉS BORÁSZAT

49. TURCSÁN MIHÁLY, OLÁH KRISZTINA, OLÁH RÓBERT: Vírusmentes szőlő szaporítóanyag előállítása szövettenyésztési módszerek alkalmazásával (irodalmi áttekintés)

GYÓGYNÖVÉNYTERMESZTÉS

62. DÉTÁR ENIKŐ, ZÁMBORINÉ NÉMETH ÉVA, GOSZTOLA BEÁTA, DEMJÁN ILDIKÓ, TÓTH JÓZSEF, PLUHÁR ZSUZSANNA: A termőhely és az évjárat hatásainak értékelése valódi (*Lavandula angustifolia* Mill.) és hibrid levendula (*Lavandula x intermedia* Emeric ex Loisel) fajták magyarországi állományjaiban

KÖRNYEZETFIZIOLÓGIA

76. FARKAS ZSUZSANNA: A növények vízhasznosító képességének számítási módjai és meghatározó faktorai

KÖSZÖNTŐ

90. DR. HEVESI LÁSZLÓNÉ

MEGEMLEKEZÉS

92. DR. BÁLINT GYÖRGY

94. SZERZŐI ÚTMUTATÓ

97. SZERZŐK

Contents

FRUITS

3. SZABÓ, A., TAMÁS, J., NAGY, A.: Water balance of an apple orchard under hail net

VEGETABLES

17. DEÁK, K.J., ÉGEI, M.: Effect of water supply on productivity of cherry type processing tomato
27. PAP, Z., NÉMETH, DZS., FEKETE, K., TILLY-MÁNDY, A., BALÁZS, G.: Effects of medium-additives on the quality and certain inner content parameters of balcony tomato
34. RÓTH, F., GALLI, ZS.: Onion thrips overview - from the vegetable breeding point of view

GRAPES AND WINES

49. TURCSÁN, M., OLÁH, K., OLÁH, R.: Production of virus-free grapevine propagation material by tissue culture methods (mini review)

MEDICAL PLANTS

62. DÉTÁR, E., ZÁMBORINÉ NÉMETH. É., GOSZTOLA. B., DEMJÁN, I., TÓTH, J., PLUHÁR, ZS.: Evaluating the effect of growing area and growth year on the essential oil properties of lavender (*Lavandula angustifolia* Mill.) and lavandin (*Lavandula × intermedia* Emeric ex Loisel.) cultivars from Hungarian areas

ENVIRONMENTAL PHYSIOLOGY

76. FARKAS, ZS.: Calculation methods and determining factors of water-use efficiency

GREETING

90. DR. LÁSZLÓNÉ HEVESI

NECROLOGY

92. DR. GYÖRGY BÁLINT

94. INSTRUCTION FOR AUTHORS

97. AUTHORS



A LEGÚJABB TUDOMÁNYOS EREDMÉNYEK A KERTÉSZETI TERMESZTÉS VILÁGÁBÓL

A folyóirat előfizethető a kiadónál,
az info@agrarlapok.hu e-mailcímen,
illetve a következő postacímen:
Herman Ottó Intézet Nonprofit Kft.
1223 Budapest, Park u. 2.

A borítékra kérjük, írja rá: „Folyóirat-megrendelés”
Előfizetési díj egy évre: **6600 forint.**
További információ az info@agrarlapok.hu címen
vagy a 06-1-362-8141 telefonszámon.

TERMESZTŐKÖZEG-ADALÉKANYAG MELLÉKHATÁSA BALKONPARADICSOM TERMÉSMENNYISÉGÉRE ÉS NÉHÁNY BELTARTALMI ÉRTÉKÉRE



4. és 5. ÁBRA: Vilma paradicsomfajta virága



6. és 7. ÁBRA: Laboratóriumi vizsgálat



Szent István Egyetem
Kertészettudományi Kar 2020



1650 Ft