

KERTGAZDASÁG HORTICULTURE

55. évfolyam 4. szám – 2023. DECEMBER



► A 130 éves Budai Arborétum növénygyűjteményének fejlődéstörténete

► Szilvafajták és alanyok növekedése, valamint termőrész-képzése konténeres termesztésben, kétféle öntözéssel

► *Rudbeckia hirta* (L.) gamma-sugárzással történő kezelésének hisztológiai és fiziológiai hatásai

► Referenciagénekre tervezett új primerek alkalmazhatósága rutinszerű szőlő vírusdiagnosztikai vizsgálatokhoz

130 éves a Budai Arborétum



1. KÉP:

A Fenyves tiszta tavaszi látképe, középpontban krími hárs (*Tilia × euchlora*), az Alsó Kert impozáns, emblematikus növénye, melynek földig hajló ágai egyedi megjelenést kölcsönöznek



2. KÉP:

Az Alsó Kert részletének téli látképe, középpontban az egykori kertészeti telep Rerrich Béla által tervezett kazánházának műemlék épületével



3. KÉP:

Az Alsó Kert részletének tavaszi látképe, virágzó díszalmákkal



4. KÉP:

A Fenyves tiszta ősszel, a krími hárs (*Tilia × euchlora*) őszi lombszíneződése

Kertgazdaság

Horticulture

A Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, Budai Campus
és az Agrárminisztérium tudományos folyóirata
Scientific Quarterly of Hungarian University of Agricultural
and Life Science, Buda Campus and Ministry of Agriculture,
Budapest, Hungary

Megjelenik negyedévenként
ISSN száma: 1419-2713 (Nyomtatott)
ISSN száma: 3003-9959 (Online)



Főszerkesztő (Editor-in-chief)

HROTÓ KÁROLY

Technikai szerkesztő:

FICZEK GITTA

Rovatvezetők

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

Szerkesztőbizottság (Editorial board)

Elnök: BERNÁTH JENŐ, **tagok:** APÁTI FERENC, BARANEC TIBOR, DEÁK TAMÁS, FAZAKAS CSABA, FÁRI MIKLÓS GÁBOR, HEGEDŰS ATTILA, HELYES LAJOS, HESZKY LÁSZLÓ, HONFI PÉTER, LADÁNYI MÁRTA, LAKATOS TAMÁS, LÉVAI PÉTER, NEMESKÉRI ESZTER, NYITRAINÉ SÁRDY DIÁNA, OMBÓDI ATTILA, PÉNZES BÉLA, SZABÓ ANNA, TÓTH MAGDOLNA, ZÁMBORINÉ NÉMETH ÉVA, a HERMAN OTTÓ INTÉZET NONPROFIT KFT. KÉPVISELETÉBEN BOZZAY PÉTER és DZSUDZSÁK SZILVIA

Angol nyelvi lektor: SZABÓ ANNA

KIADÓ

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

Felelős kiadó: BOZZAY PÉTER

Tel.: 06-1-362-8100

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

E-mail: hirlapelofizetes@posta.hu Előfizetési díj: 6800 Ft, egyes szám ára: 1700 Ft

További információ: 06-80-444-444.

Előfizetés és hirdetésfelvétel a Kiadónál: 06-1-362-8130

E-mail: info@agrarlapok.hu

www.agrarlapok.hu

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

SZERKESZTŐSÉG

Magyar Agrár- és Élettudományi Egyletem, Budai Campus

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

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

E-mail: kertgazdasag@uni-mate.hu

<https://budaicampus.uni-mate.hu> (Tudomány, Kertgazdaság)

Nyomja: Zemplén-Vektor Kft.

3900 Szerencs, Csalogány köz 5.

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

Szilvafajták és alanyok növekedése, valamint termőrész-képzése konténeres termesztésben, kétféle öntözéssel

KAJTÁR-CZINEGE ANIKÓ¹, OSZTÉNYINÉ KRAUCZI ÉVA², HROTKÓ KÁROLY³

¹ Neumann János Egyetem, Kertészeti és Vidékfejlesztési Kar, Kertészeti Tanszék, Kecskemét

² Neumann János Egyetem, GAMF Műszaki és Informatikai Kar, Alaptudományi Tanszék, Kecskemét

³ Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, TTDI, Dísznövénytermesztési és Dendrológiai Tanszék, Budapest

E-mail: czinege.aniko@nje.hu

Összefoglalás

Az európai szilvatermesztő országokkal ellentétben Magyarországon a faiskolák elsősorban 'Mirobalan' magoncokat használnak szilvafák alanyaként; más vegetatív szaporítású alannyal még nincs számottevő tapasztalatunk. Kutatásunk célja az volt, hogy adatokat, eredményeket gyűjtsünk és olyan alanyokat ajánljunk a termesztőknek, amelyek alkalmazkodnak hazánk éghajlati viszonyaihoz és nagy sűrűségű, intenzív gyümölcsösökben is használhatók. A kísérletben hat alanyt ('Mirobalan' magonc, 'St. Julien GF655/2', 'St. Julien A', 'Fereley', 'Wangenheim' és 'WaVit') és öt fajtát ('Topper', 'Toptaste', 'Topfive', 'Čačanska leptotica' és 'Jojo') vizsgáltunk.

A kísérleti ültetvényt Kecskeméten, Magyarország alföldi régiójában hoztuk létre, amelyet alacsony humusztartalom és száraz éghajlati viszonyok jellemeznek. A fák 2012-től kezdődően két különböző öntözési dózist kaptak, egy-egy kombinációból, öntözésenként 6-6 fa volt eltelepítve. Az első öntözési dózis 2 l, a második pedig 4 l vizet kapott óránként. A legnagyobb törzskeresztmetszeti felülettel (TCSA) és lombkorona térfogattal (CV) rendelkező fák a 'Topper', a 'Toptaste' és a 'Topfive' voltak 'Fereley' alanyon, de ez az alany alacsonyabb túlélési arányt mutatott, mivel a fáknek csak 33–50%-a élte túl a 2x-es öntözési dózist.

Az alanyok átlagos TCSA-értékei azt mutatták, hogy a 'Wangenheim' és a 'WaVit' alanyok túl gyenge növekedést eredményeztek. Ezzel szemben a 'Mirobalan' magonc és a 'St. Julien GF655/2' a TCSA és a lombkorona térfogat adatai alapján erős növekedést biztosított a fáknek. A hajtásnövekedés elemzésének eredményei azt mutatták, hogy az öntözés nem befolyásolta jelentősen a hajtáshosszúságot, kivéve a 'Jojo' esetében. A szilvafák a termőre fordulás után a fajtákra

jellemző méretű gyümölcsfákat neveltek, az alanyok hatásának érvényesülésével. A 'Topper'-nél és a 'Čačanska leptotica' fajtánál a bokrétás termőnyárs és az álbokrétás termőnyársak domináltak, míg a 'Topfive' fajtánál a rövid termőnyársak voltak többségben, a 'Toptaste' fajtánál pedig a hosszú termővesszők aránya volt a legmagasabb.

Kulcsszavak: bokrétás nyársak, hajtáshosszúság, hosszú termővesszők, korona térfogat, törzskeresztmetszet terület, termőrészek

Irodalmi áttekintés

Magyarországon a szilvafákat túlnyomórészt 'Mirobalan' alanyon termesztik (Hrotkó et al. 2006; Hrotkó és Magyar 2006), váza koronájú, gépi betakarítású gyümölcsösökben nevelik. A friss piacra termelő termelők azonban egyre inkább a mérsékelt növekedési erélyű alanyokra ültetik fáikat, ami lehetővé teszi az intenzív faiskolai rendszerek és intenzív termesztési technikák bevezetését (Hrotkó et al. 1998; Zahn 1996).

Külföldön az alanyok használata sokkal változatosabb, figyelembe véve származásukat és növekedési erélyüket. A származás és a rendszerbe sorolás azonban meglehetősen összetett (Bouhadida et al. 2009; Casas et al. 1999). A szilva alanyokat általában a következők szerint osztályozzák: (I) 'Mirobalan' és hibridjei, (II) *Prunus insititia* (Saint Julien), (III) *Prunus domestica* és (IV) különböző *Prunus* fajok hibridjei (Hrotkó 2018). A különböző talajokhoz és éghajlati viszonyokhoz való alkalmazkodóképességük meglehetősen változó, ami hangsúlyozza az alanyok értékelésének fontosságát. Bár a szerzők többé-kevésbé egyetértenek az alanyok növekedési erély szerinti osztályozásában (Andersen et al. 2006; Grzyb et al. 1998; Gravite et al. 2020; Okie 1987; Sottile et al. 2010), egyes szakirodalmi adatok arra utalnak, hogy a különböző alany-nemes kombinációk eltérően növekednek (Cociu et al. 1997; Gravite és Kaufmane 2017; Gravite et al. 2020; Hrotkó et al. 1998; Kajtár-Czinege 2018/a, Kajtár-Czinege et al. 2022; Magyar és Hrotkó 2006; Moreno 2004). Továbbá az alkalmazott művelés és metszés típusa is befolyásolhatja a növekedést; különösen a nagy sűrűségű gyümölcsösök művelése csökkentheti az alanyok közötti növekedési különbségeket (Gravite és Kaufmane 2017; Hrotkó et al. 1998; Hrotkó és Magyar 2006; Zahn 1996). A fajtához hasonlóan, a talaj, az éghajlat és az ökológiai feltételek (Gravite és Kaufmane 2017) nagyon fontos szempontok az alanyok kiválasztásakor.

A 'Mirobalan' magonc (*Prunus cerasifera* Ehrh. var. *cerasifera* Scheid. cv. *myrobalana*, 2n:16, és hibridjei 2n:24) Kelet és Dél-Kelet Európa országaiban elterjedtek (Esmenjaud 2021; Hrotkó 2018; Gravite et al. 2020; Magyar és Hrotkó 2006; Okie 1987; Pinochet et al. 1999; Wertheim és Kemp 1998), míg Nyugat-Európában a vegetatív szaporítású alanyokat kedvelik ('Myrobalan B', 'Marianna GF 8-1', 'Myrobalan 29C').

Napjaink nemesítési programjainak (Grzyb 2004; Hartmann 1984; Kajtár-Czinege 2018/a; 2018/b; Kajtár-Czinege et al. 2022; Mészáros et al. 2015) célja a gyengébb növekedés, talajgombákkal és nematódákkal szemben rezisztencia.

A kelet-ázsiai japán szilvát (*Prunus salicina* Lindl. 2n:16) számos nemesítési projektben használták (pl. 'Fereley' hibrid, *P. salicina* x *P. spinosa*), általában erős vagy középerős alanyt ad. A 'St. Julien' alany (*Prunus insititia* Jusl.; 2n:40,48) az egyik legfontosabb szilva alany a nyugat-európai országokban, az erős növekedésűektől ('St. Julien A'), a mérsékelt növekedésűekig, ('St. Julien GF 655/2', 'Pixy')

(Hrotkó et al. 1998; Gravite et al. 2020; Kajtár-Czinege 2018/b; Lanauska 2006; Okie 1987; Wertheim és Kemp 1998; Yordanov et al. 2015). Mindkettő a *Prunus cerasifera* és a *Prunus spinosa* fajok természetes hibridje, amely a régió számos részén megtalálható (Bouhadida et al. 2009; Casas et al. 1999). A 'St. Julien GF 655/2' a 'Mirobalan' magonchoz és a 'Marianna GF 8-1'-hez képest mérsékelt növekedésű (Hrotkó 2018; Hrotkó 2006; Jacob 2007; Pinochet et al. 1999).

Az európai szilvát (*Prunus domestica* L.; 2n:40,48) általában féltörpeként írják le, vagy törpe alanyként tartják számon (Hrotkó 2018; Jacob 2007; Wertheim és Kemp 1998). A régi német 'Wangenheim' fajtát széles körben használják Németországban és Lengyelországban, szaporítása magról vagy dugványozással történik (Dobos et al. 2010; Gravite et al. 2020). Újabban kiválasztott klónját *in-vitro* szaporítják 'WaVit' néven.

Hazánkban több ültetvényben is telepítettek új fajtákat különböző Nyugat-Európában bevált alanyokkal. Ezekről nincs korábbi vizsgálat a magyar alföldi könnyű homoktalajokon, így úgy döntöttünk, hogy alanykísérletekben új fajtákat is értékelünk ('Topper', 'Topfive', 'Toptaste', 'Jojo' és 'Čačanska leptotica') a vizsgálatokban szereplő alanyokkal ('Mirobalan magonc', 'St. Julien A', 'St. Julien GF 655/2', 'Fereley', 'Wangenheim' és 'WaVit'). A szakirodalmi eredmények alapján a 'Mirobalan' és a 'St. Julien A' alanyok életerősek, a 'St. Julien GF 655/2' és a 'Fereley' alanyok közepes növekedési erélyűek, a 'Wangenheim' és a 'WaVit' alanyok pedig törpe szilva alanyok (Grzyb és Sitarek 2006; Grzyb et al. 2010; Hrotkó et al. 1998; Hrotkó 2006).

A 'Topper', 'Toptaste' és 'Topfive' fajták Geisenheimből, Németországból származnak. Egy olyan nemesítési program (Jacob 2007) eredményei, amelynek célja a PPV-rezisztencia, a betegségekkel és kártevőkkel szembeni ellenállóképesség javítása volt, valamint az éghajlati tolerancia javítása. A 'Jojo' szintén a németországi Hohenheimből származik, és az 'Ortenauer' és a 'Stanley' keresztezése. A 'Čačanska leptotica' egy szerb nemesítési program eredménye, széles körben elterjedt, Magyarországon is előszeretettel telepítik.

A tanulmányban bemutatjuk a különböző alanyokon lévő fajták növekedési erélyét és hajtásnövekedési jellemzőire vonatkozó vizsgálatok eredményeit, beleértve a nagy sűrűségű intenzív gyümölcsösökben való alkalmazásukat és a magyar éghajlathoz való alkalmazkodásukat. Ebben a cikkben ismertetjük az oltványok első 7 évben történő növekedésére és a gyümölcsfák fejlődésére vonatkozó eredményeinket is.

Anyag és módszer

A kísérleti gyümölcsös 2010 áprilisában létesült Kecskeméten, az Alföldön. Kecskemét a Duna-Tisza közti homokháton fekszik, a talaja dunai hordalékból képződött homokos, alacsony humusztartalmú. Éghajlata meleg-száraz kontinentális, az évi középhőmérséklet 11 °C. A januári átlaghőmérséklet -1 °C, júliusban 21 °C, míg a vegetációs időszakban 18 °C az átlaghőmérséklet. A hőségnapok száma 16-20 nap. Az átlagos éves napsütéses órák száma 2040. Az átlagos éves csapadékmennyiség 550 mm, de 2012-ben a csapadékmennyiség nem haladta meg a 400 mm-t (OMSZ 2022). A meteorológiai adatok egy 50 éves adatsor átlagára vonatkoznak.

Egyéves koronás oltványokat ültettünk, amelyeket Németországból vásároltunk. A fajta- és alanykombinációkat az 1. táblázat tartalmazza. Nem minden alany és fajta volt elérhető, így 16 kombinációt ültettünk el.

1. táblázat. Az alkalmazott alany-nemes kombinációk a kísérleti ültetvényben

	‘Mirobalan’	‘St. Julien GF655/2’	‘St Julien A’	‘Fereley’	‘Wangenheim’	‘WaVit’
‘Topper’	x	x		x		
‘Toptaste’	x	x	x	x	x	
‘Topfive’		x	x	x		x
‘Č. leptica’	x		x			
‘Jojo’	x		x			

Table 1. Applied rootstock and cultivar combinations in the experimental plantation

A koronás oltványokat 2,5 × 1,5 m-es sor- és tőtávolságba telepítettük, karcsú orsóra (1. ábra) neveltük; az oldalvezér vesszőket a vízszinteshez közeli helyzetbe hajlítottuk le és a fák függőleges növekedését 3,2 m magasságban állítottuk le.

1. ábra. Az alkalmazott koronaforma a telepítéstől számított 3. évben

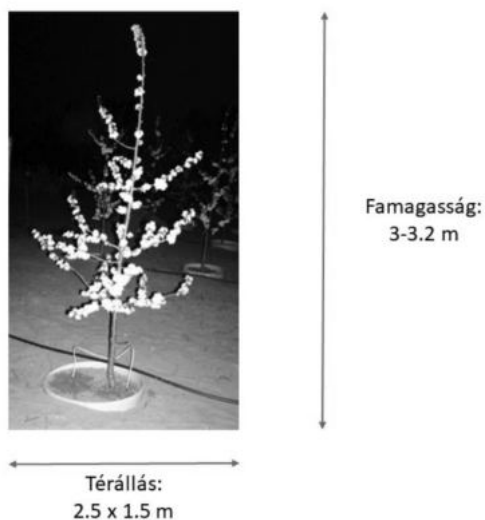


Figure 1. Applied crown shape (in the 3rd year after planting)

A kísérleti gyümölcsösben az egyes alany-nemes kombinációkból 12 oltványt ültettünk el véletlenszerű blokkos elrendezésben. A fák 2012-től két különböző öntözési adagot kaptak, így egy-egy kombinációból és a speciális öntözésekkel 6-6 ismétlés lett, melyek sakktábla-szerűen lettek kialakítva.

A fákat 170 literes (0,6 m átmérőjű és 0,6 m mélységű), a talajba süllyesztett konténerekbe ültettük, hogy csak a kísérletben beállított vízellátásban részesüljenek és a szomszédos vízadag ne befolyásolja az eredményeket. A konénerékbe a meglévő talaj lett beletöltve. A gyökér a természetes talajtól izolálva volt, de a konténerek alján furatokat készítettünk a felesleges öntözővíz elvezetésére; így nem maradt pangó víz a konténer alján. A fák két különböző vízadagot kaptak a csepegtető öntözés alkalmazásával. A különböző öntözési rendszer 2012-ben kezdődött; minden második fa 2 liter, a többi pedig 4 liter vizet kapott óránként. Két tenziométert helyeztünk el a területen, amelyek a talaj 20 cm-es mélységében mérték a talaj nedvességi állapotát. Továbbá a talaj nedvességtartalmát hetente 2–3 alkalommal mértük SMM1 berendezéssel is, véletlenszerűen kiválasztott tartályokban. Az öntözést a vegetáció kezdetén, virágzásban indítottuk és a szüreti szezon végén, vagyis a 'Topper' fajta szüretét követően szeptember elején fejeztük be. Az öntözést a talajnedvesség alapján szabályoztuk, és az öntözést akkor kezdtük el, amikor a tenziométer és a talajnedvességmérő 26–50%-os nedvességtartalmat mutatott a mintafák konténerében. Az öntözés módja csepegtető rendszerű volt. A kijutatott öntözővíz mennyisége évjáratfüggő volt.

A méréseket 2010 és 2016 között végeztük (2. táblázat). A törzs átmérőjét 40 cm magasságban, a koronavesszők alatt, mértük tolmérővel, amelyből kiszámítottuk a törzs keresztmetszeti területét (TCSA), a korona átmérőjét mérőszalaggal, a fa és a törzs magasságát mérőpálcával mértük, és ezekből az értékekből számoltuk ki a korona térfogatát. A hajtások hosszát mérőszalaggal mértük.

2. táblázat. A mért és számított paraméterek a kísérlet alatt

	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Túlélési ráta			✓				✓
Törzs keresztmetszet- terület	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Korona térfogat							✓
Fa magasság				✓			
Hajtások				✓			
Termőrészek				✓			

Table 2. Measured and calculated parameters during the experiment

Mérési módszerek

Az adatbázisunk tartalmazza a törzsátmérőt, korona méreteket.

Ezekből számítottuk ki a törzskeresztmetszet területet, ami a növekedési erély indikátora. A törzskeresztmetszet területet a törzsátmérőből számítottuk ki.

$$\text{Törzskeresztmetszet terület: TCSA (cm}^2\text{)} = r^2 \cdot \pi = \left(\frac{1}{2} \cdot \text{törzsátmérő}\right)^2 \cdot \pi$$

A korona vetület területet a korona átmérőjéből számítottuk ki.

$$\text{Korona vetület terület: CA (m}^2\text{)} = r^2 \cdot \pi = \left(\frac{1}{2} \cdot \text{korona átmérő}\right)^2 \cdot \pi$$

A korona térfogatot a korona vetület területéből és a korona magasságából számítottuk.

$$\text{Korona térfogat: CV (m}^3\text{)} = \frac{1}{3} \cdot \text{CA} \cdot \text{korona magasság}$$

Az ültetést megelőző évben (2009) talajvizsgálatot végeztünk a talaj tápanyagtartalmának meghatározására (3. táblázat). Ennek alapján szerves trágyát juttattak ki a talajba a telepítés előtt, hogy növeljék a szervesanyag-tartalmat. Majd a későbbi években K túlsúlyos komplex műtrágyát adtunk a konténerekbe.

3. táblázat. Talajvizsgálati értékek (2009)

	homoktalaj
pH-KCl [-]	8,01
Arany-féle kötöttségi szám [K_λ]	28
Vízoldható összes só [m/m%]	<0,02
CaCO ₃ [m/m%]	2,5
Humusz [m/m%]	0,67
NO ₃ -N+NO ₂ -N [mg/kg]	<1
P ₂ O ₅ [mg/kg]	344
K ₂ O [mg/kg]	61

Table 3. Soil test values (2009)

Statisztikai módszerek

Az adatelemzés során két tényezős varianciaanalízist (ANOVA) alkalmaztunk, ahol mindkét tényezőt figyelembe vettük. Egytényezős varianciaanalízist vagy kétmintás t-próbát alkalmaztunk attól függően, hogy legalább három vagy két csoport tulajdonságait kellett összehasonlítani.

hipotézisvizsgálati eljárásoknál a nullhipotézist vettük figyelembe egy adott szignifikanciaszinten, azaz a vizsgált tulajdonság átlagértékének egyenlőségét minden esetben. Két feltételt vizsgáltunk: a normalitás vizsgálatát a Kolmogorov- Smirnov és/vagy Wilk-Shapiro-tesztel végeztük, míg a szórást a Levene-tesztel elemeztük. A feltételeknek megfelelő adatokon varianciaanalízist vagy t-próbát végeztünk. Ha az eljárások feltételei sérültek, az eljárások nem parametrikus megfelelőjét használták, azaz a Welch- és Brown-Forsythe-tesztet ANOVA esetén és a Mann-Whitney-tesztet kétmintás t-tesztet esetén. Végül, ha az alkalmazott eljárás eredményeként a nullhipotézist elvetettük, azaz szignifikáns különbséget találtunk az adott tulajdonság átlagértékében az egyes csoportokban, akkor a Duncan-féle teszt segítségével homogén csoportokat hoztunk létre (és ezeket b-vel, c-vel jelöltük) (Freund et al. 2021). A szignifikancia szint az elemzés során 0,05 volt. Minden adatot az SPSS szoftver (IBM SPSS Statistics 27.0) segítségével vizsgáltunk.

Eredmények

Az alany- és oltványkombináció minden fája jól fejlődött. Ellenben a túlélési arány, a törzs keresztmetszeti területe (TCSA), a hajtásnövekedés és a termőrészek kialakulása tekintetében jelentős különbségeket találtunk a különböző alanyokon lévő fák között.

4. táblázat. A fák száma (2012-es és 2016-os oszlopok) és túlélési arány különböző vízádolás mellett (W1 és W2)

Alany	'Topper'				'Toptaste'				'Topfive'			
	2012	2016	W1%	W2%	2012	2016	W1%	W2%	2012	2016	W1%	W2%
'Mirobalan'	6+6	6+6	100	100	6+6	6+5	100	83	-	-	-	-
'GF 655/2'	6+6	6+6	100	100	6+6	6+6	100	100	6+6	6+5	100	83
'St. Julian A'	-	-	-	-	6+6	6+5	100	83	6+6	6+6	100	100
'Fereley'	6+6	5+3	83	50	6+6	6+2	100	33	6+6	6+2	100	33
'Wangenheim'	-	-	-	-	6+6	6+5	100	83	-	-	-	-
'WaVit'	-	-	-	-	-	-	-	-	5+6	5+4	83	67
	'Čačanska leptotica'				'Jojo'							
	2012	2016	W1%	W2%	2012	2016	W1%	W2%				
'Mirobalan'	6+6	6+6	100	100	6+6	6+6	100	100				
'St Julien A'	6+6	5+6	83	100	6+6	6+6	100	100				

Table 4. Number of trees (2012 and 2016 columns) and survival rate under different water application rates (W1 and W2)

A statisztikai elemzés eredményei a különböző vízádagok szignifikáns hatását nem bizonyították, kivéve a TCSA növekedésnél és a 'Čačanska leptotica' és a 'Jojo' fák teljes hajtáshosszánál.

3.1. A fák túlélési aránya

Az öt fajta fáit az első 7 évben nagy arányban, 83% és 100% között éltek minden alanyon, kivéve a kétszeres mennyiségű öntözést kapott 'Fereley' alanyt (4. táblázat). A 'Topper', a 'Topfive' fajták fáit a 'Fereley' alanyon a kétszeres mennyiségű öntözés mellett alacsony, 33–50%-os túlélési arányt mutattak. A 'Toptaste' és a 'Topfive' fák pusztulása 2012 után következett be, amikor az eltérő öntözési rendszerrel dolgoztunk. A 'Topfive' 'WaVit' alanyon szintén alacsonyabb, 67%-os túlélési arányt mutattak.

3.2. A fák törzskeresztmetszet területe (TCSA), korona térfoga (CV) és a fa magassága 2016-ban

A statisztikai elemzés eredményei igazolták az alanyok szignifikáns hatását a különböző alanyokon álló 'Topper', 'Toptaste' és 'Topfive' fák törzskeresztmetszet területére vonatkozóan 2016-ban (5. táblázat), és a lombkorona térfogata is szignifikánsan különbözött a 'Toptaste' és a 'Topfive' esetében, míg a 'Čačanska leptotica' és a 'Jojo' fák nem különböztek szignifikánsan sem a törzs keresztmetszeti területe, sem a lombkorona térfogata tekintetében. A 'Topper', a 'Toptaste' és a 'Topfive' fák eltérő növekedést mutattak a TCSA-t tekintve. A legnagyobb TCSA-t és CV-t a 'Toptaste' és a 'Topfive' fák érték el a 'Fereley' alanyon, míg a 'Topper' törzse a 'Mirobalan' alanyon volt a legvastagabb. A 'Topper' fák nem mutattak jelentős különbséget a CV-ben. A TCSA és CV 'Toptaste' a 'Wangenheim'-en és a 'Topfive' a 'WaVit'-en szignifikánsan kisebb volt, mint a 'Fereley' alanyon.

5. táblázat. A törzs keresztmetszeti területének (TCSA, cm²) és a lombkorona térfogatának (CV, m³) átlagai 2016-ban

	'Topper'		'Toptaste'		'Topfive'	
	TCSA	CV	TCSA	CV	TCSA	CV
'Mirobalan'	18,34 b	1,22 a	10,59ab	0,74 ab	- -	- -
'GF 655/2'	17,51 b	1,15 a	11,71 b	0,8 b	12,51 b	0,67 a
'St. Julien A'	- -	- -	11,81 b	0,92 bc	13,41 b	0,51 a
'Fereley'	11,16 a	0,93 a	15,47 c	1,06 c	14,01 b	0,87 b
'Wangenheim'	- -	- -	8,64 a	0,56 a	- -	- -
'WaVit'	- -	- -	- -	- -	7,12 a	0,63 a
	'Čačanska leptotica'		'Jojo'		Az alanyok átlaga	
	TCSA	CV	TCSA	CV	TCSA	CV
'Mirobalan'	17,36 a	1,57 a	19,27 a	1,60 a	16,51 b	1,30 d
'GF655/2'	- -	- -	- -	- -	13,95 b	0,88 bc
'St Julien A'	19,32 a	1,63 a	20,16 a	1,44 a	16,20 b	1,12 cd
'Fereley'	- -	- -	- -	- -	13,55 b	0,95 c
'Wangenheim'	- -	- -	- -	- -	8,64 a	0,56 a
'WaVit'	- -	- -	- -	- -	7,12 a	0,63 ab

Megjegyzés: az átlagokat Duncan-teszt segítségével kategóriákba rendeztük, a különböző betűk szignifikáns különbségeket jelentenek $p=0,05$ -nél.

Table 5. Means of trunk cross-sectional area (TCSA, cm²) and canopy volume (CV, m³) in 2016

Az átlagos TCSA eredmények (5. táblázat) azt is mutatták, hogy a 'Čačanska leptotica' fajta a 'Mirobalan'-magoncokon hasonló méretű fákat adott, mint a 'Topper' és a 'Mirobalan' kombináció, jelentős különbségek nélkül. A 'Mirobalan' és a 'St. Julien A' alanyú 'Jojo' fák összességében erős növekedést mutattak, míg a 'Toptaste' közel fele akkora fákat eredményezett, mint az azonos alanyokon lévő 'Jojo' fák. A TCSA és a korona térfogatnak (CV) fejlődése a 'Topfive' esetében közel hasonló volt. A fák magasságát fajtánként vizsgálva (6. táblázat) a statisztikai elemzés eredményei nem mutattak szignifikáns hatást az alanyok között, kivéve a 'Topper' és 'Fereley' kombinációt, amely 2013-ban kisebb magasságot produkált, mint a többi kombináció. A 'Topper' fajta szignifikáns különbséget mutatott a 'Mirobalan' és a 'St. Julien GF655/2' alanyok között.

6. táblázat. A fák magassága 2013-ban a különböző alanyokon (m)

	'Topper'	'Toptaste'	'Topfive'	'Čačanska leptotica'	'Jojo'
'Mirobalan'	2,68 b	2,63 a	- -	2,82 a	2,68 a
'GF655/2'	2,76 b	2,72 a	2,71 a	- -	- -
'St. Julien A'	- -	2,65 a	2,66 a	2,77 a	2,73 a
'Fereley'	2,54 a	2,67 a	2,65 a	- -	- -
'Wangenheim'	- -	2,64 a	- -	- -	- -
'WaVit'	- -	- -	2,61 a	- -	- -
fajták átlaga	2,66	2,66	2,66	2,80	2,71

Megjegyzés: az átlagokat Duncan-teszt segítségével kategóriákba rendeztük, a különböző betűk szignifikáns különbségeket jelentenek $p=0,05$ -nél.

Table 6. Tree height in 2013 on different rootstocks (m)

Összességében a különböző TCSA eredmények azt mutatták, hogy az átlagos törzsvastagság hasonló volt a 'Mirobalan', a 'St. Julien GF 655/2', a 'St. Julien A' és a 'Fereley' alanyokon, míg a 'Wangenheim' és a 'WaVit' alanyokon a TCSA jelentősen kisebb volt (5. táblázat). Tekintettel arra, hogy a nem termő (2010–2012) és a termő (2013–2016) évek növekedési üteme eltérhet egymástól (7. táblázat), megvizsgáltuk a törzskeresztmetszet-területének növekedését a két időszakban. Míg a 'Čačanska leptotica' és a 'Jojo' növekedése kiegyensúlyozott volt, addig a 'Topper' fajta a 'Fereley' alanyon, a 'Mirobalan' magonc alanyhoz és a 'St. Julien GF 655/2' alanyhoz képest kisebb törzskeresztmetszet-növekedést eredményezett. Ezzel szemben a 'Toptaste' és a 'Topfive' fák törzskeresztmetszetének növekedése a termőfázisban (2013–2016) szignifikáns különbséggel meghaladta a 'Fereley' alanyon lévő fajtákon mért TCSA növekedést. A legalacsonyabb TCSA-növekedést a 'Wangenheim' és a 'WaVit' alanyokon mértük mindkét időszakban.

7. táblázat. A TCSA növekedése (cm²) a fa fejlődésének két szakaszában (2010–2012 és 2013–2016)

	‘Topper’		‘Toptaste’		‘Topfive’	
	2010-2012	2013-2016	2010-2012	2013-2016	2010-2012	2013-2016
‘Myrobalan’	4,04 b	9,76 b	2,53 a	4,30 ab	- -	- -
‘GF655/2’	3,21 ab	9,88 b	2,89 a	4,57 b	2,61 ab	5,44 b
‘St. Julien A.’	- -	- -	2,57 a	3,89 ab	3,06 b	6,59 bc
‘Fereley’	2,24 a	5,03 a	3,03 a	9,02 c	2,97 b	7,89 c
‘Wangenheim’	- -	- -	2,51 a	2,09 a	- -	- -
‘WaVit’	- -	- -	- -	- -	2,24 a	2,75 a
Fajták átlaga	3,16	8,22	2,71	4,77	2,72	5,67
	‘Čačanska leptotica’		‘Jojo’		Az alanyok átlaga	
	2010-2012	2013-2016	2010-2012	2013-2016	2010-2012	2013-2016
‘Myrobalan’	3,17 a	10,22 a	3,84 a	12,35 a	3,40	9,16
‘GF655/2’	- -	- -	- -	- -	2,90	6,63
‘St Julien A.’	4,22 a	10,58 a	3,18 a	12,39 a	3,26	8,36
‘Fereley’	- -	- -	- -	- -	2,75	7,31
‘Wangenheim’	- -	- -	- -	- -	2,51	2,09
‘WaVit’	- -	- -	- -	- -	2,24	2,75
Fajták átlaga	3,70	10,4	3,51	12,37		

Megjegyzés: az átlagokat Duncan-teszt segítségével kategóriákba rendeztük, a különböző betűk szignifikáns különbségeket jelentenek $p=0,05$ -nél.

Table 7. Increase in TCSA (cm²) at two stages of tree development (2010-2012 and 2013-2016)

3.3. A hajtásnövekedés teljesítménye 2013-ban

Az átlagos hajtáshossz és a fánkénti teljes hajtásnövekedés elemzésének eredményei azt mutatták, hogy az öntözés nem befolyásolta jelentősen ezeket a paramétereket, kivéve a ’Jojo’ fajtát. A ’Jojo’ esetében az egyszeri (W1) és a kétszeri öntözés (W2) szignifikáns különbséget eredményezett a fák teljes hajtásnövekedésében. Az átlagos teljes hajtásnövekedés 1478 cm volt egyszeri öntözéssel és 2244 cm 2x-es öntözéssel. A mintágon mért átlagos hajtáshossz (8. táblázat) a ’Toptaste’ és a

'Fereley' esetében szignifikáns különbség volt, míg az egész fa teljes hajtáshosszában (9. táblázat) a 'Toptaste' és a 'Fereley', valamint a 'Čačanska leptotica' és a 'St. Julien A' kombinációk esetében volt szignifikáns különbség.

8. táblázat. A fák átlagos hajtáshossza 2013-ban (cm)

	'Topper'	'Toptaste'	'Topfive'	'Čačanska leptotica'	'Jojo'
'Mirobalan'	153,33 a	99,75 a	- -	125,92 a	167,92 a
'GF655/2'	142,83 a	84,67 a	100,18 a	- -	- -
'St. Julien A'	- -	99,58 a	119,42 a	164,17 a	172,25 a
'Fereley'	158,42 a	157,63 b	143,10 a	- -	- -
'Wangenheim'	- -	70,25 a	- -	- -	- -
'WaVit'	- -	- -	135,82 a	- -	- -

Megjegyzés: az átlagokat Duncan-teszt segítségével kategóriákba rendeztük, a különböző betűk szignifikáns különbségeket jelentenek $p=0,05$ -nél.

Table 8. Mean shoot length of trees in 2013 (cm)

9. táblázat. A fák teljes hajtáshossza 2013-ban (cm)

	'Topper'	'Toptaste'	'Topfive'	'Čačanska leptotica'	'Jojo'
'Mirobalan'	1919 a	1129 a	- -	1388 a	1794 a
'GF655/2'	1991 a	969 a	1254 a	- -	- -
'St. Julien A'	- -	1223 a	1449 a	2131 b	1928 a
'Fereley'	1734 a	1920 b	1911 a	- -	- -
'Wangenheim'	- -	875 a	- -	- -	- -
'WaVit'	- -	- -	1450 a	- -	- -

Megjegyzés: az átlagokat Duncan-teszt segítségével kategóriákba rendeztük, a különböző betűk szignifikáns különbségeket jelentenek $p=0,05$ -nél.

Table 9. Total shoot length of trees in 2013 (cm)

3.4. A fák termőrész-képződésének alakulása

A statisztikai elemzés eredményei azt mutatták, hogy a vizsgált fajták jelentősen eltérő eredményt mutatnak a termőrészek kialakulásában (10. táblázat). A 'Topper' és a 'Čačanska leptica' fajták túlnyomórészt bokrétás termőnyársakat fejlesztettek (47,44%, illetve 47,13%), a 'Topfive' fajtán a rövid termőnyársak (52,9%), míg a 'Toptaste' fajtán a hosszú termővesszők fejlődtek a legnagyobb arányban (41,62%).

10. táblázat. A termőrészek típusának teljesítménye a vizsgált fajtákon (darab %)

	Bokrétás és álbokrétás termőnyársak (0,5 cm-3 cm)	Termőnyársak (3-20 cm)	Középhosszú (20-40 cm)– hosszú termővesszők (40cm<)
'Topper'	47,60 c	37,90 ab	14,50 a
'Toptaste'	21,90 a	36,50 ab	41,60 c
'Topfive'	17,30 a	52,80 c	29,90 b
'Čačanska leptica'	47,70 c	41,00 b	11,30 a
'Jojo'	36,50 b	29,50 a	34,00 b

Megjegyzés: az átlagokat Duncan-teszt segítségével kategóriákba rendeztük, a különböző betűk szignifikáns különbségeket jelentenek $p=0,05$ -nél.

Table 10. Performance of fruiting laterals type on the varieties studied (pieces %)

A 'Topfive' rövid termőnyársainak aránya jelentősen különbözött a másik két termőrész típustól. A 'Čačanska leptica' esetében a termő részek valamennyi típusa között szignifikáns különbség volt, míg a 'Jojo' fánál, a fajták átlagában a bokrétás és álbokrétás, valamint a hosszú termővesszők aránya nem különbözött szignifikánsan; a rövid termőnyársak aránya viszont kisebb volt (11. táblázat). Álbokrétás termőnyárs alatt azokat a termőrészeket értjük, amelyek átmenetet képeznek a bokrétás termőnyársak és a termőnyársak között. Azaz a bokrétás termőnyársához hasonlóan van egy kis fás alapjuk, de a rügyek nem szorosan egy pontból indulnak ki, hanem kissé elszórtan spirális formátumban fejlődnek, de még nem érik el a termőnyársak méretét.

11. táblázat. A termőrészek aránya az egyes alanyokon lévő fajtáknál (darab %)

	'Topper'			'Toptaste'			'Topfive'		
	B	S	L	B	S	L	B	S	L
'Mirobalan'	48,67	36,00	15,33	19,50	30,42	50,08	-	-	-
'GF 655/2'	50,30	35,40	14,30	28,00	33,50	38,50	18,00	53,70	28,30
'St. Julian A'	-	-	-	20,90	47,50	31,60	12,00	52,10	35,90
'Fereley'	43,50	42,70	13,80	24,50	37,00	38,50	18,25	50,33	31,42
'Wangenheim'	-	-	-	16,50	34,20	49,30	-	-	-
'WaVit'	-	-	-	-	-	-	23,00	55,00	22,00
A fajták átlaga	47,49	38,03	14,48	21,88	36,52	41,60	17,81	52,78	29,41
	'Čačanska lepatica'			'Jojo'			Az alanyok átlaga		
	B	S	L	B	S	L	B	S	L
'Mirobalan'	49,80	40,00	10,20	33,00	33,00	34,00			
'GF655/2'				-	-	-			
'St. Julian A'	44,50	41,90	13,60	40,00	26,00	34,00			
'Fereley'	-	-	-	-	-	-			
'Wangenheim'	-	-	-	-	-	-			
'WaVit'	-	-	-	-	-	-			
A fajták átlaga	47,15	40,95	11,90	36,50	29,50	34,00			

Megjegyzés: B: bokrétás, álbokrétás termőnyárs; S: termőnyárs; L: hosszú termővessző

Table 11. Rate of fruiting laterals parts in the varieties on each rootstock (pieces %)

Az eredmények megvitatása

A fák törzsnövekedése (TCSA) alapján az alanyokat két nagy csoportba lehetett sorolni: az erős növekedésű alanyok a 'Mirobalan', a 'St. Julien GF 655/2', a 'St. Julien A' és a 'Fereley', míg a 'Wangenheim' és a 'WaVit' alanyok törpének bizonyultak. Ez megfelel a szakirodalmi adatoknak (Gzryb et al. 1998; Hrotkó et al. 1998), kivéve a 'St. Julien GF 655/2' alany esetében, amelyről a (Hrotkó és Magyar 2006) mérsékelten erős növekedésűnek számolt be. Valószínű, hogy az erős növekedésű alanyok csoportjában a vártnál kisebb a növekedési erély szerinti különbség. Ennek a jelenségnek az oka egyrészt a kisebb ültetési távolság (Hrotkó és Magyar 2006), másrészt a konténerben nevelt fák gyökérkorlátozó hatása lehet.

A nagy sűrűségű gyümölcsösökben a törzskeresztmetszeti területe a növekedési erély paramétere, amelyet a metszés és a telepítési távolság kevésbé befolyásol (Brunner 1990; Hrotkó és Magyar 2006; Zahn 1996). A 2016-ban mért TCSA-t figyelembe véve az alanyok jelentősen befolyásolták a fák növekedési erélyét, de ez a hatás fajtánként eltérő módon nyilvánult meg (5. táblázat és 3. ábra). A 'Topper' fajta legnagyobb TCSA értékét a 'Mirobalan' alanyon mértük, hasonlóan erőteljes növekedést mértünk a 'St. Julien GF 655/2' alanyon (95%), szignifikáns különbség nélkül, míg

a 'Fereley' alanyon a TCSA 61%-os volt a 'Mirobalan' alanyhoz képest. A 'Topper' alanyainak koronaterfogatában (CV) nem volt szignifikáns különbség. Ezzel szemben a 'Toptaste' a 'Fereley' alanyon produkálta a legnagyobb TCSA-t és CV-t, amelyet a 'St. Julien A' (76%), a 'St. Julien GF 655/2' (76%) és a 'Mirobalan' (68%) követett, szignifikánsan kisebb TCSA-val, míg a 'Wangenheim' alanyon a fák kevésbé voltak erős növekedésűek (56%). A CV is követte ezt a teljesítményt.

A 'Topfive' fák ismét a 'Fereley' alanyon mutatták a legnagyobb TCSA-t, szintén a hasonlóan erős 'St. Julien A' (96%) és 'St. Julien GF 655/2' (89%) alanyoktól való jelentős eltérés nélkül, míg a 'WaVit' alany jelentősen kisebb TCSA-t (51%) produkált. A CV hasonlóan alakult: a 'Fereley' alanyon szignifikánsan nagyobb, a többi alanyon pedig kisebb CV-t mutatott (77–58%). A 'Čačanska leptotica' és a 'Jojo' fajták mindkét vizsgált alanyon szignifikáns különbségek nélkül voltak erős növekedésűek. Ezen eredmények alapján a 'Fereley' alany nagyon erősnek tekinthető a 'Toptaste' és a 'Topfive' esetében, de nem a 'Topper' esetében, amely közepesen erős fákat nevelt. A 'Mirobalan', a 'St. Julien A' és a 'GF 655/2' alanyokra vonatkozó további adataink szintén megerősítik a hasonló eredményekről beszámoló szerzők véleményét (Grzyb et al. 2010; Gravite 2020; Magyar és Hrotkó 2006).

Az irodalmi adatoknak megfelelően a 'Wangenheim' és a 'WaVit' alanyok törpének bizonyultak a 'Toptaste' és a 'Topfive' fajták esetében (Kajtár-Czinege 2018/b; Kajtár-Czinege et al. 2022). Ez megfelel az irodalmi adatoknak (Grzyb et al. 1998; Hrotkó 1998), kivéve a 'St. Julien GF 655/2' alanyt, amelyet Hrotkó et al. (1998), Hrotkó és Magyar (2006) mérsékelt erő növekedésűként írt le.

2. ábra. A különböző alanyokon lévő fák törzskeresztmetszetének (TCSA) éves növekedése

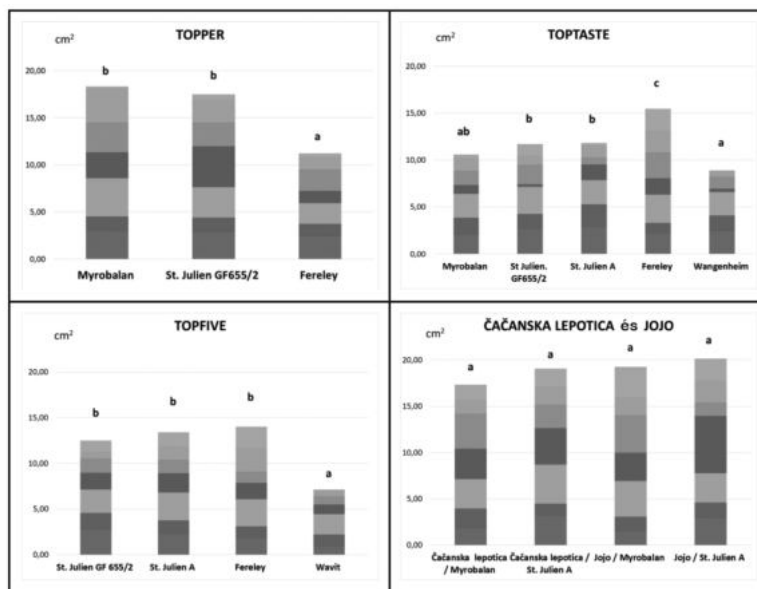


Figure 2. Annual increase in trunk cross-sectional area (TCSA) of trees on different rootstocks

Feltételezhető, hogy a 'Topper', a 'Čačanska leptotica' és a 'Jojo' fái a 'Mirobalan' alanyon erősebbek, mint a 'Toptaste' fajta fái. A 'Toptaste' TCSA értéke csak 55%-a a 'Jojo' fákénak. A 'St. Julien A', a 'Toptaste' és a 'Topfive' alanyon lévő fák TCSA-értéke hasonlóan alakult, a 'Jojo' fákhoz képest csak 59% és 67%. Ezen eredmények alapján a 'Topper', a 'Čačanska leptotica' és a 'Jojo' fajták erőteljes fajtáknak tekinthetők, míg a 'Toptaste' és a 'Topfive' mérsékelt erőteljesnek. Ezek az adatok ellentmondanak a szakirodalmi adatoknak (Blažek et al. 2004). Ezen adatok mellett a 'Čačanska leptotica', a 'Jojo' és a 'Topper' fajták erősebbnek bizonyultak, mint a 'Toptaste' és a 'Topfive' fajták. A különböző alanyokon lévő fák TCSA-jának növekedése a fejlődési szakaszokban eltérő volt.

A 'Topper', 'Toptaste' és 'Topfive' fák erőteljes vagy középérés alanyokon szignifikánsan nagyobb TCSA növekedést mutattak, mint a törpe 'Wangenheim' vagy 'WaVit' alanyokon (6. táblázat és 2. ábra). Az alanyok ezen jellemzőit figyelembe kell venni a gyümölcsfák térállás megtervezésekor (Brunner 1990; Miki et al. 2001; Zahn 1990, 1996). A 2. ábrán bemutatott adatok azt mutatják, hogy a 2013 és 2016 közötti években az erős és közepesen erős alanyokon a TCSA erősen tovább növekszik, míg a törpe alanyokon, a 'Wangenheim' és a 'WaVit' alanyon a TCSA növekménye csökken. A 'Toptaste' esetében a TCSA kezdeti növekedése (2010–2012) az alanyokon azonos volt, és nem volt szignifikáns különbség közöttük (7. táblázat). Mivel a fák termőre fordultak (2012–2016), már nagy különbségek mutatkoztak az alanyok között. A 'Wangenheim' alanyok 4 éves növekedése kisebb (2,09 cm²) volt a termő években, mint a nem termő 2 éves növekedése (2,51 cm²). Ezzel szemben a 'Fereley' alanyon a kezdeti gyenge TCSA növekedés (3,03 cm²) a fák termőre fordulását követően nagyon erősen, 9,02 cm²-re vastagodott meg. A 'Mirobalan' és a 'St. Julien' alanyon a törzs megvastagodása is erősebb volt. A 'Mirobalan', a 'St. Julien A' és a 'St. Julien GF655/2' alanyok ugyanabba a csoportba sorolhatók, de a 'St. Julien GF655/2' alanyú fák vastagodása kissé erőteljesebb volt.

A végső törzskeresztmetszeti-területe jelentős különbséget mutatott a 'Toptaste' fajták alanyai között (3. ábra). A legkisebb növekedést a 'Toptaste' és a 'Wangenheim' kombinációja mutatta, amely nem különbözött jelentősen a 'Toptaste' és a 'Mirobalan' kombinációjától. A 'St. Julien' és a 'Fereley' alanyok között szignifikáns különbség volt. A 'Toptaste' fák a 'Fereley' alanyon szignifikánsan különböztek az összes többi alanytól, mivel törzsük az évek során vastagabbá vált. Eredményeink hangsúlyozzák az alany- és oltványkombinációk egyéni teljesítményét, az oltvány kombinációk individuálisan viselkednek. Ami alatt azt értjük, hogy egy alany nem feltétlen gyenge vagy erős növekedést biztosít egy adott szilvafajtával, hanem a kombináció együttese határozza meg a fa növekedési erélyét.

Ami a hajtásnövekedést illeti, a fánkenti átlagos hajtáshossz és a fánkenti összes hajtáshossz követte a törzsvastagsági indexek alapján számított növekedési erélykülönbségeket. Kivételt képez a 'Toptaste' fák átlagos hajtáshossza a 'Fereley'-n, valamint a 'Toptaste'/'Fereley' kombináción, továbbá a 'Čačanska leptotica'/'St. Julien' kombinációiban. A 'Toptaste' és a 'Fereley' fák nemcsak a törzsvastagság és a koronaterfogata, hanem a hajtáshossz (143,10 cm) és az összes hajtáshossz (1920 cm) tekintetében is robosztusságot mutatnak. Mindezek az adatok megerősítik az egyes kombinációk esetében talált növekedésbeli csoportokra vonatkozó megállapításainkat.

Az öntözővízadagok tekintetében a statisztikai elemzés eredményei nem mutattak jelentős hatást, kivéve a 2013 és 2016 közötti években a 'Čačanska leptotica' és a 'Jojo' esetében mért törzsvastagodást. A 'Toptaste' és a 'Topfive' esetében, amelyek növekedése gyengébb volt, mint a többi fajtáé, megállapítható, hogy az öntözővíz mennyisége nem volt szignifikáns hatással a

növekedésükre. Ezzel szemben az öntözés hatására az erősebb növekedésű 'Čačanska leptotica' és a 'Jojo' fajták 2013 és 2016 között az erősebb növekedésű alanyokon mintegy 30-40%-kal nagyobb törzskeresztmetszet-növekedést biztosítottak (12. táblázat).

12. táblázat. Az öntözés hatása a TCSA növekedésére 2013 és 2016 között (cm²)

Öntözés	'Čačanska leptotica'	'Jojo'
1	8,71 a	10,41 a
2	11,94 b	14,33 b

Megjegyzés: az átlagokat Duncan-teszt segítségével kategóriákba rendeztük, a különböző betűk szignifikáns különbségeket jelentenek $p=0,05$ -nél.

Table 12. Effect of irrigation on TCSA growth between 2013 and 2016 (cm²)

Figyelemre méltó a 'Fereley' alanyon nevelt fák túlélési arányának alakulása 2013 és 2016 között, amikor a kétszeres vízzel öntözött fák fele elpusztult (4. táblázat). Ez az eredmény egyértelműen arra utal, különösen a 'Toptaste' és a 'Topfive' esetében, ahol ez az alany adta a legerősebb növekedést, hogy a 'Fereley' már nem igényli a nagy vízzel való öntözését, sőt, kifejezetten kedvezőtlen számára. A 2013-ban termőre forduló szilvafák eloszlása a fajra jellemző volt, az alanyok kevésbé befolyásolták a természetet (10. és 11. táblázat). Mivel a fajták termőrész-eloszlásáról és az alanyokkal való kölcsönhatásról nem találtunk szakirodalmi adatokat, ezt új eredménynek tekintjük. A 'Topper' és a 'Čačanska leptotica' fajták fő termőrész típusa (3. ábra) a bokrétás és álbokrétás termőnyársak voltak, míg a 'Topfive' fajtán a rövid termőnyársak domináltak, de a 'Toptaste' fajta nevelte a legnagyobb arányban középhosszú, hosszú termővesszőket. A várakozásokkal ellentétben a törpe alanyokra nem a bokrétás és álbokrétás termőnyársak voltak a jellemzőek a 'Toptaste' és a 'Topfive' fajtákon.

3. ábra. Termőrészek eloszlása 2013-ban

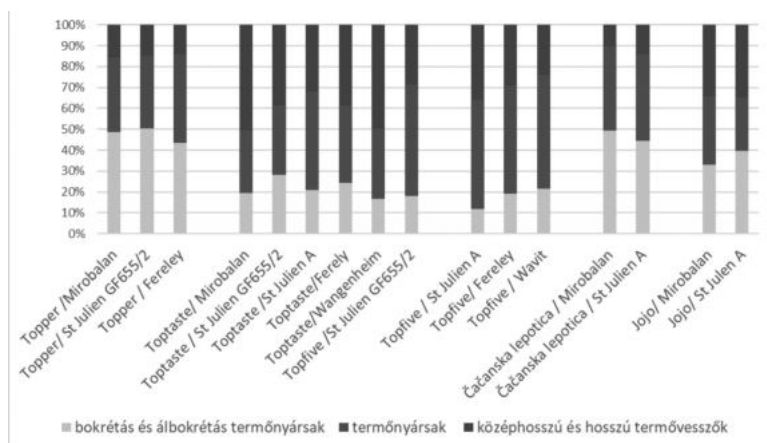


Figure 3. Distribution of fruiting lateral parts in 2013

Következtetések

A vizsgált fajták között nagy különbségek mutatkoztak a növekedési erély tekintetében. A 'Topfive' és a 'Toptaste' fajták valamennyi alanyon gyengébb növekedésűek, mint a 'Čačanska leptotica', a 'Topper' és a 'Jojo' fajták. Az alanyok különbözőképpen befolyásolták a fák növekedési erélyét. Eredményeink alapján a 'Fereley' alany a 'Toptaste' és a 'Topfive' esetében erős növekedésűnek tekinthető, a 'Topper' esetében azonban mérsékelt növekedést tapasztaltunk. A 'Mirobalan', a 'St. Julien A' és a 'GF 655/2' alanyokra vonatkozó adataink megerősítik a hasonló külföldi eredményekről szóló beszámolók eredményeit. A szakirodalmi adatokkal összhangban a 'Wangenheim' és a 'WaVit' alanyok törpének bizonyultak a 'Toptaste' és a 'Topfive' fajták esetében.

A koronaterfogat és a hajtáshossz paraméterek az alany-nemes kombinációk növekedési erélyét követi. A törpe alanyokon lévő fák növekedése a harmadik év után lelassult, míg az erős növekedési erélyű csoport alanyain a TCSA növekedése tovább nőtt.

A termőrészek fejlődése 2013-ban nagy különbségeket mutatott a fajták között, amelyeket az alanyok alig befolyásoltak. A 'Topper', a 'Čačanska leptotica' és a 'Jojo' fajták több bokrétás és álbokrétás termőnyársat neveltek, míg a 'Toptaste' és a 'Topfive' fajták nagyobb arányban termeltek rövid termőnyársakat és középhosszú-, hosszú termővesszőket.

Az öntözés adagolásának nem volt jelentős hatása, azonban a 'Čačanska leptotica' és a 'Jojo', a 'Mirobalan' és a 'St. Julien A' erős növekedésű fajtákon 2013 után növelte a TCSA növekedését. Továbbá a dupla vízádaggal öntözött 'Fereley' alanyon lévő fák lényegesen nagyobb arányban pusztultak el (50–67%); e jelenség oka további vizsgálatokat igényel.

Felhasznált irodalom

- Andersen, R., Freer, J. and Robinson, T. 2006. Plum Rootstocks Trial. *New York Fruit Quarterly*, 14(1): 27–28.
- Blazek, J., Vávra, R. and Pisteková, I. 2004. Orchard performance of new plum cultivars on two rootstocks in a trial at Holovousy in 1998–2003. *Hort. Sci. (Prague)*, 31(2): 37–43.
- Bouhadida, M. 2009. Molecular Characterization and Genetic Diversity of Prunus Rootstocks. *Scientia horticulturae*, 120(2): 237–245
- Brunner, T. 1990. *Physiological Fruit tree Training for intensive growing*. Budapest (Hungary). Akadémiai Kiadó.
- Casas, A.M., Igartua, E., Balaguer, G. and Moreno, M.A. 1999. Genetic diversity of Prunus rootstocks analyzed by RAPD markers. *Euphytica*, 110(2): 139–149.
- Cociu, V., Botu, I., Minoiu, M., Pasc, I. and Modoran, I. 1997. *Prunul*. Editura Conphys Valcea, 215–267.
- Dobos, E., Bialkó, T., Micheli, E. and Kobza, J. 2010. Legacy Soil Data Harmonization and Database Development. In *Digital Soil Mapping*, Springer Netherlands, 309–329.
- Esmenjaud, D. 2021. Deciphering resistance to root-knot nematodes in prunus for rootstock breeding: Sources, genetics and characterization of the ma locus. *Horticulturae*, 7(12): 564.
- Freund, R.J., Mohr, D.L. and Wilson, W.J. 2021. *Statistical Methods*. Academic Press.
- Gravite, I. and Kaufmane, E. 2017. Evaluation of German Plum Selections in Latvia. *Proceedings of the Latvian Academy of Sciences, Section B: Natural, Exact, and Applied Sciences*, 71(3): 166–72.
- Gravite, I., Kaufmane, E., Cirsa, E. and Lanauskas, J. 2020. Preliminary performance of six plum rootstocks on six European plum cultivars in Latvia. *Acta Horticulturae*, 1281: 137–44.
- Grzyb, Z., Sitarek, M. and Rozpara, E. 2010. Evaluation of Vigorous and Dwarf Plum Rootstocks in the High Density Orchard in Central Poland. *Acta Hort.* 874: 351–356.
- Grzyb, Z.S. 2004. New Rootstocks of Stone Fruit Trees Selected in Skierniewice, Poland. *Acta Hort.* 658: 487–89.

14. Grzyb, Z.S. and Sitarek, M. 2006. The Influence of Different Rootstocks on the Growth, Yield and Fruit Quality of Plum Tree cv. 'Dąbrowice Prune' Planted in Exhausted Soil. *Scientific Works of the Lithuanian Institute of Horticulture and Lithuanian of Agriculture*, 25(3): 292–295.
15. Grzyb, Z.S., Sitarek, M. and Kolodziejczak, P. 1998. Growth and Yield of Three Plum Cultivars Grafted on Four Rootstocks in Piedmont Area. *Acta Hort.* 478: 87–90.
16. Hartmann, W. 1984. *Unterlagen für Plaumen und Zwetschen*. Deutsche Baumschule, 245–249.
17. Hrotkó K. 2006. A gyümölcsfajták és alanyok szaporítása a magyar faiskolákban II. *Cseresznye, meggy és szilva. Kertgazdaság*, 38(3): 16–24.
18. Hrotkó K. 2018. A fejlődés lehetőségei szilva alanyhasználatunkban. *Kertgazdaság*, 50(4): 29–36.
19. Hrotkó, K. and Magyar, L. 2006. Evaluation of Rootstocks and in Row Spacing in Intensive Plum Orchard. *Proceedings of International Conference on Perspectives in European Fruit Growing*. In *Proceedings of Simpozion: Prezent și perspectivă în cercetarea pomicolă*., Bucure: Cartea Universitară, 31–32.
20. Hrotkó, K., Magyar, L., Simon, G. and Klenyán, T. 1998. Effect of rootstocks on growth of plum cultivars in a young orchard. *Acta Horticulturae*, 478: 95–98.
21. Hrotkó K., Nagy Á. és Csigai K. 2006. A gyümölcsfajták és alanyok szaporítása a magyar faiskolákban. II. *Cseresznye, meggy és szilva. Kertgazdaság*, 38(3): 16–24.
22. Jacob, HB. 2007. *Twenty-Five Years Plum Breeding in Geisenheim, Germany: Breeding Targets and Previous Realisations*. *Acta Hort.* 734: 341–46.
23. Kajtár-Czinege A. 2018a. A világon elterjedt szilvaalanyok botanikai csoportosítása; *Kertgazdaság*, 50(2): 5–16.
24. Kajtár-Czinege A. 2018b. Szilvaalanyok hatása a 'Toptaste' szilvafajta növekedésére kecskeméti viszonyok mellett. *Kertgazdaság*, 50(1): 8-15.
25. Kajtár-Czinege, A., Osztyényiné Krauczi, É. and Hrotkó, K. 2022. Growth Characteristics of Five Plum Varieties on Six Different Rootstocks Grown in Containers at Different Irrigation Levels. *Horticulturae*, 8(9): 819.
26. Lanauska, J. 2006. Effect of Rootstocks on Growth and Yield of Plum Tree cvs. 'Stanley' and 'Kauno Vengrinė'. *Scientific Works of Lithuanian Institute of Horticulture and Lithuanian University of Agriculture*, 25(3): 243-249.
27. Magyar, L. and Hrotkó, K. 2006. Growth and productivity of plum cultivars on various rootstocks in intensive orchard. *International Journal of Horticultural Science*, 12(3): 77–81.
28. Mészáros, M., Kosina, J., Lañar, L. and Náměstek, J. 2015. Long-term evaluation of growth and yield of Stanley and Cacanska leptica plum cultivars on selected rootstocks. *Horticultural Science*, 42(1): 22–28.
29. Mika, A., Buler, Z. and Chlebowska, D. 2001. Effects of Within Row Spacing and Training System of Plum Trees Grafted on Vigorous and Semidwarf rootstocks. *Acta Hort.* 557: 275-279.
30. Moreno, M.A. 2004. Breeding and selection of prunus rootstocks at the aula dei experimental station, Zaragoza, Spain. In *Acta Hort.* 658., International Society for Horticultural Science, 519–28.
31. Okie, W. 1987. „Plum Rootstocks.” In *Rootstocks for fruit crops*, szerk. Rom, R. és R. Carlson, R. New York: John Wiley & Sons, 321–60.
32. OMSZ (Országos Meteorológiai Szolgálat). 2022. Magyarország éghajlata.
33. Pinochet, J., Calvet, C., Hernandez-Dorrego, A., Bonet, A., Felipe, A. and Moreno, M. 1999. Resistance of Peach and Plum Rootstocks from Spain, France, and Italy to Root-knot Nematode *Meloidogyne javanica*. *Hortscience*, 34(7): 1259–62.
34. Sottile, F., Bellini, E., Nencetti, V., Peano, C., Palara, U., Pirazzini, P., Mezzetti, B., Capocasa, F. and Mennone, C. 2010. Plum production in Italy: State of the art and perspectives. In *Acta Horticulturae*, International Society for Horticultural Science, 25–34.
35. Wertheim, S.J. and Kemp, H. 1998. A Search for a Dwarf Plum Rootstock. *Acta Hort.* 478: 137–41.
36. Yordanov, A., Tabakov, S. and Kaymakanov, P. 2015. Comparative study of Wavit® rootstock with two plum and two apricot cultivars in nursery. *Journal of Agricultural Sciences*, Belgrade, 60(2): 159–68.
37. Zahn, F.G. 1990. Die Spindel beim Steinobst. *Erwerbsobstbau*, 32(3): 60-66.
38. Zahn, F.G. 1996. Close planting in relation to low orchard height. *Horticultural Science*, 28(1–2): 58–66.

Plum cultivars and rootstocks growth and development of fruiting laterals in container cultivation with two types of irrigation

KAJTÁR-CZINEGE, A.¹, OSZTÉNYINÉ KRAUCZI, É.², HROTKÓ, K.³

¹Neumann János University, Faculty of Horticulture and Rural Development,
Department of Horticulture, Kecskemét

²Neumann János University, GAMF Faculty of Technical Engineering and Informatics,
Department of Basic Science Kecskemét

³ Hungarian University of Agricultural and Life Sciences, Department of Floriculture
and Dendrology

E-mail: czinege.aniko@nje.hu

In contrary to nurseries in other European countries, in Hungary producers predominantly use Myrobalan seedling as rootstock for plum trees, and the experience with other rootstocks is still lacking. The aim of our research was to gain experiences and recommend growers rootstocks that are adaptable to the climatic conditions and applicable in high density orchards with intensive cultivation technology. In the experiment 6 rootstocks (Myrobalan seedling, 'St. Julien GF655 / 2', 'St. Julien A', 'Fereley', 'Wangenheim' and 'WaVit') and 5 varieties ('Topper', 'Toptaste', 'Topfive', 'Čačanska leptotica' and 'Jojo') were examined. The experimental orchard was established in Kecskemét, on the Great Plain of Hungary characterized by a low humus content and dry climate conditions. Trees received two different irrigation dosages from 2012, each on half of the trees (6 trees) of one combination. The first treatment received 2 L, the second one 4 L irrigation per hour. The largest trunk cross-sectional area (TCSA) and canopy volume was reached by 'Topper', 'Toptaste' and 'Topfive' trees on 'Fereley' rootstock, but this rootstock showed lower survival rate, only 33-50% of the trees stayed alive with 2x doses irrigation. The mean values of the rootstocks' TCSA show that 'Wangenheim' and 'WaVit' resulted in an excessively weak growth. In contrast, Myrobalan seedling (Sdlg) and 'St. Julien GF655 / 2' provided strong growth of the trees, based on their TCSA and canopy volume data. The analysis of the shoot growth showed that the irrigation did not affect the shoot length significantly, except for the 'Jojo' variety. The plum trees after turning to bearing developed fruiting wood of the size typical of the cultivars, with the effect of the rootstocks. The predominant fruiting wood type of varieties

'Topper' and 'Cacanska leptica' are bouquets and bouquet spurs, while the dominant fruiting wood type on 'Topfive' was short shoots, and variety 'Toptaste' developed long fruiting laterals in largest rate.

Keywords: Bouquets and bouquet spurs, shoot length, long fruiting laterals, canopy volume, trunk cross sectional area (TCSA), fruiting laterals

Szerzők:

Kajtár-Czinege Anikó – főiskolai tanársegéd, Neumann János Egyetem, Kertészeti és Vidékfejlesztési Kar, Kertészeti Tanszék, 6000 Kecskemét, Izsáki út. 10.

Osztényiné Krauczi Éva – PhD, főiskolai adjunktus, Neumann János Egyetem, GAMF Műszaki és Informatikai Kar, Alaptudományi Tanszék, 6000 Kecskemét, Izsáki út. 10.

Hrotkó Károly – Dsc, professzor emeritus, Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, Tájépítészeti, Településtervezési és Díszkertészeti Intézet, Dísznövénytermesztési és Dendrológiai Tanszék, 1118 Budapest, Villányi út 29-43.

A magyar fűszerpaprika kutatás aktuális kérdései

PÉK MIKLÓS

Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, Kertészettudományi Intézet,
Zöldségkutató Központ, Kalocsa

E-mail: Pek.Miklos@uni-mate.hu

Összefoglalás

A magyar fűszerpaprika ágazat 1990-es évek óta húzódó válságának megoldására számos erőfeszítés történt a termelők és feldolgozók, valamint az állami kutatási hálózatban dolgozó szakemberek bevonásával, a Szakminisztérium által meghirdetett pályázati források támogatásával. A közös munka eredményeként a Kalocsai és Szegedi fűszerpaprika őrlemény bekerült a magyarság csúcsteljesítményeit összefoglaló Hungarikumok Gyűjteményébe. A globalizálódó fűszerkereskedelemben a hagyományos, őrlemény típusú termékeknél csak a kiváló minőségű, teljesen hazai nyersanyagból készült prémium kategóriájú paprika értékesíthető a világpiacon árfellett.

A fogyasztói igények változásával szükségszerűen változik a fűszerpaprika felhasználásával készült termékek köre. A fűszerpaprika nyersanyag termelés és feldolgozás egyik kitörési lehetősége a csípős és édes paprikakrémek és szószok előállításának. A dinamikusan fejlődő ételízesítő szegmens új fajtákat/hibrideket és termesztés-technológiai megoldásokat igényel.

A jelenleg termesztésben álló fűszerpaprika-fajtákat eredetileg a hazai klimatikus viszonyok közötti termesztésre nemesítették, a nyári hőség napok számának növekedésével, az éjszakai átlaghőmérséklet emelkedésével, illetve a szélsőséges időjárási viszonyok, a vegetációs időszakon végig húzódó aszály megjelenésével egyre több probléma adódik a korábban bevált fajták köztermesztésében. A gondok mérséklésére többféle lehetséges megoldás kínálkozik, így új fűszerpaprika fajtajelöltek, hibridek nemesítése és termesztésbe vonása; a klímaváltozás miatt változó növényápolási gyakorlat továbbfejlesztése.

A MATE KERTI Zöldségkutató Központ részéről a jogelődök kutatási nemesítési tevékenységét folytatva végezzük a feldolgozóipar és a fogyasztók igényeit szolgáló fajtafenntartást és nemesítést, illetve az ahhoz kapcsolódó termesztés-technológia fejlesztést.

A 2018-ban indított projekt hosszú távú célja a köztermesztés részére környezetkímélő technológiával jövedelmezően termesztendő multirezisztens fűszerpaprika fajták/hibridek nemesítése.

Kulcsszavak: fűszerpaprika, nemesítés, rezisztencia

Bevezetés

A fűszerpaprika ágazat helyzete

Magyarországon a fűszerpaprika termesztés felülete és az előállított nyerspaprika mennyisége stagnál, illetve lassú csökkenést mutat (1.ábra). A csökkenésnek számos oka van, jelentős tényező a növényápolást/betakarítást végző munkaerő hiánya, a növekvő energia költségek, a szabadföldi termesztés jövedelmezőségének magasabb kockázata. Az utóbbi években a KSH adatai szerint közel 1800-2000 ha-on termeltek fűszerpaprikát. Ez a terület, hagyományosan, elsősorban a kalocsai és szegedi tájörzet között oszlik meg (2.ábra).

1.ábra. Szabadföldi fűszerpaprika termesztő felület változása 1990-2020 (KSH)

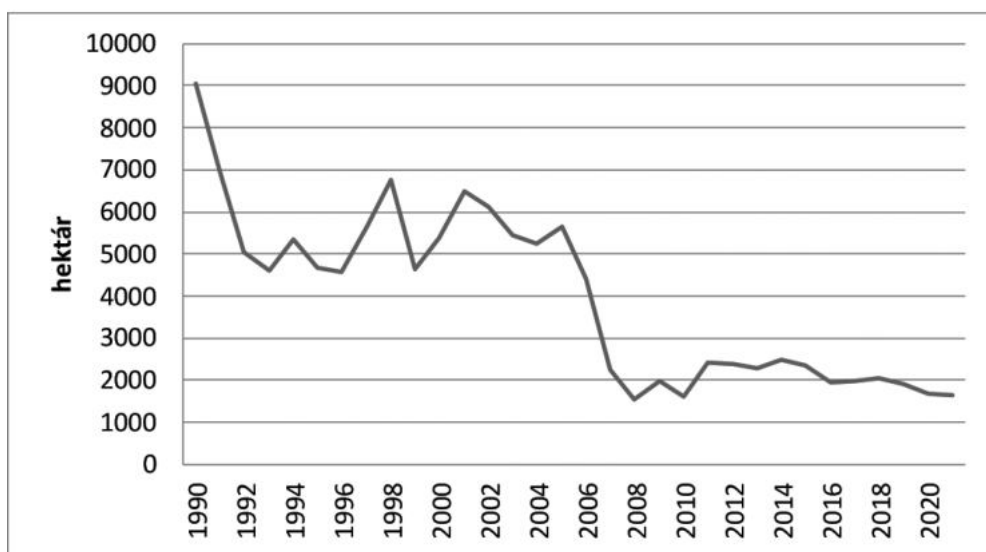


Figure 1. Change of the spicy pepper growing area between 1990-2020

Világpiaci verseny

A KSH export-import adatai alapján (1. táblázat) megállapítható, hogy főként az Európai Unió területén kívülről áramlik féltermék hazánkba. A hazai feldolgozóiparban felhasznált import alapanyag aránya mára elérte a hazai fogyasztás kétharmadát. Az EU-t sújtó energia válság tovább nehezíti a hazai fűszerpaprika termelés és értékesítés helyzetét. A szárított, zúzott termék exportált mennyisége 2015-2019 között stagnált. A külföldön értékesített magyar őrlemény bevétele a magyar minőséget elismerő magasabb átlagár miatt kissé emelkedett. A túlnyomó részt Kínából és Dél-Amerikából importált féltermék mennyisége 15%-os növekedést mutat 2019-ig. Az árak ingadozása az adott év világpiaci helyzetét mutatja. Fontos megjegyezni, hogy a statisztikai adatok nem azonos minőségű termékekre vonatkoznak csak a világ piaci ár mozgásterét jellemzik.

2. ábra. Nyers fűszerpaprika termés mennyiség változása 1990-2020 (KSH)

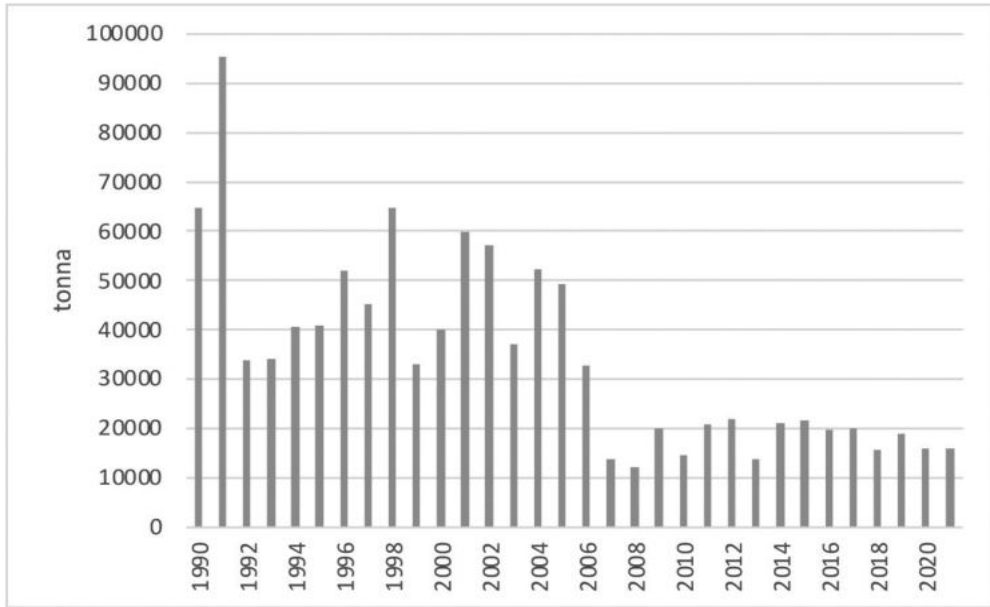


Figure 2. Change of raw spicy pepper quantity between 1990-2020

1.táblázat. Fűszerpaprika export és import mennyiségek és átlagárak (KSH, 2021)

		2015	2016	2017	2018	2019
Behozatal	tonna	2 891	2 897	3 113	3 717	3 399
értéke	millió Ft	2 080	2 002	2 195	2 492	2 551
	Import átlagár (Ft/kg)	719	691	705	670	751
Kivitel	tonna	2 187	2 313	2 116	2 177	2 168
értéke	millió Ft	2 463	2 638	2 457	2 512	2 822
	Export átlagár (Ft/kg)	1 126	1 141	1 161	1 154	1 302

Table 1. Paprika export and import quantities and average prices

Fajtaválasztás

A köztermesztésben jelenleg túlnyomó részt hazai nemesítésű fűszerpaprika fajták szerepelnek. A termelők leggyakrabban, szabad-elvirágzású, féldeterminált csípősségmentes és folytonos növekedésű csípősségmentes és csípős fűszerpaprika fajtákat választanak, amelyek öntözéssel extenzívebb termesztés-technológiával is stabil hozamot biztosítanak, az őrlemény gyártáshoz szükséges minőségi paraméterek (18% szárazanyag-tartalom, magas színezőanyag-tartalom) teljesítése mellett.

Külön kell választani a paprikakrémek és szószok alapanyagaként termelt fűszerpaprika fajtakört. Az intenzív termesztéshez nagyhozamú, közepes érési idejű, csípősségmentes és csípős hibridek állnak rendelkezésre. Itt már megjelentek a külföldi (elsősorban holland) fajták és hibridek is. A nagyobb terméshozamhoz intenzív termesztés-technológia szükséges, amely jóval nagyobb beruházási költséget jelent. Az intenzív, tápoldatos öntözésre alapuló termesztéssel elérhető 35-50 t/ha-os hozam, azonban a termések szedéskor csak 13-14% szárazanyag-tartalommal rendelkeznek, amely nem mindig megfelelő a feldolgozóipar számára. Ha a betakarítás egy menetben, betakarítógéppel történik, akkor a termés feldolgozását 1-2 napon belül meg kell kezdeni a mikrobiológiai kockázat növekedése miatt.

Abiotikus és biotikus stressz faktorok

Az elmúlt évek tenyészidőszakainak időjárása változatos és esetenként szélsőséges hatásokkal nehezítette a fűszerpaprika sikeres szabadföldi termesztését. Az elmúlt évek aszályos nyarainak Kalocsa környéki alakulását a 2021-es év aszály indexével (3. ábra), illetve a nyári növényekre vonatkozó mezőgazdasági aszályszint 2022. augusztus 7. állapotával (4. ábra) szemléltetjük.

3. ábra. 2021. év aszályindexe Kalocsán

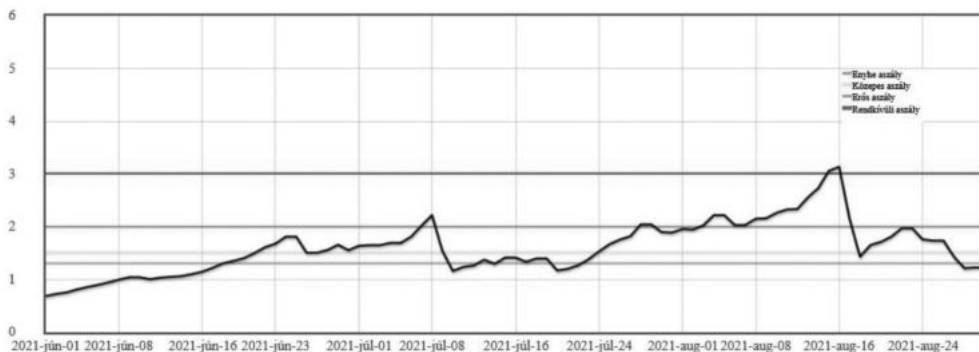


Figure 3. Drought index in Kalocsa in 2021

A kedvezőtlen környezeti hatások miatt a féldeterminált fajtáknál (pl. Kaldóm) a növényállomány habitusa az adott fajta jellegéhez képest korlátozottan fejlődött. A morfológiai változások legfeltűnőbbben a fajtára jellemzőnél rövidebb termés méretű, „kényszer érésben lévő” termések nagy arányában mutatkozott meg. A felálló fajtáknál az öntözés és a tápanyag-utánpótlás ellenére is gyakran fordult elő a terméseken nekrotikus folt. A jelenség a magas talajhőmérséklet által okozott

kalcium felvétel rendellenesség következménye. A kórokozó vektorok (levéltetvek, kabócák) és kártevők (vetési és gyapottok bagolylepke, vándorpoloska) okszerű gyérítése ebben az évben is jelentős költséget jelentettek.

4. ábra. Nyári növényekre vonatkozó mezőgazdasági aszályszint 2022. augusztus első hetében

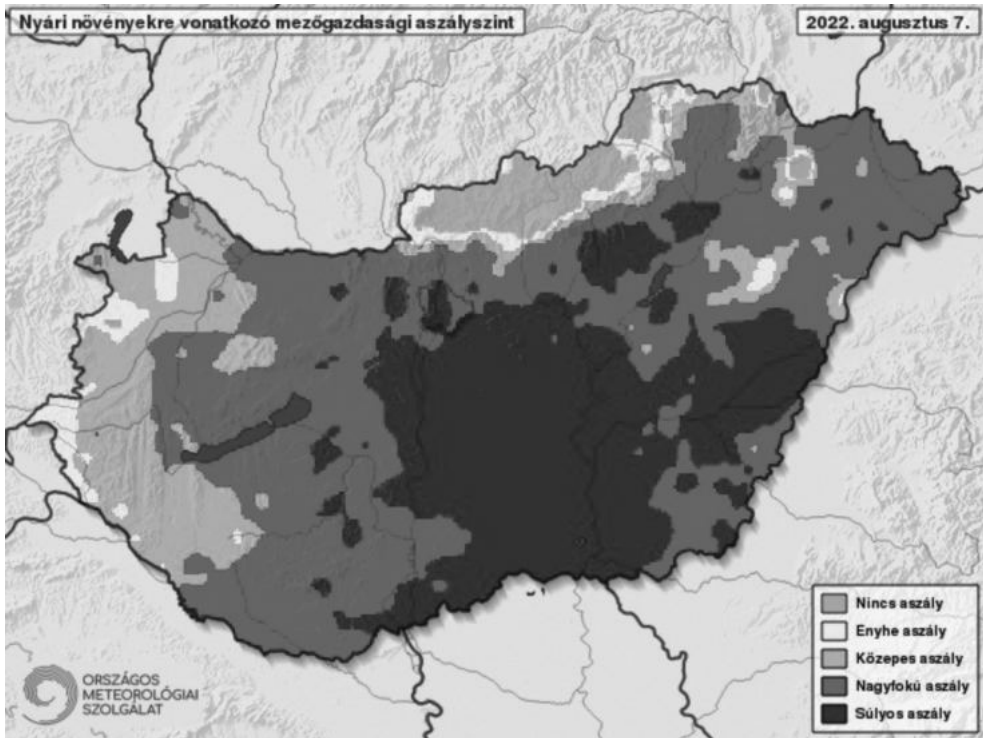


Figure 4. Drought level for summer crops in the first week of August, 2022

A 90-es évek csapadékos júniusi és júliusi időszakában Kalocsa környékén jelentős gazdasági kárt okozott a paprika levél foltosodást okozó baktérium (*Xanthomonas campestris* pv. *vesicatoria* Xcv). A baktérium rezisztens fajták előállítására a jogelőd Kutatóintézet vezetői külső munkatársak bevonásával működő kutató csoportot hoztak létre. A projektet a Szakminisztérium pályázati forrásból támogatta. A projekt eredményeként államilag elismert fajták (Kaldóm, Kalorez, Globál) jelenleg is eredményesen szerepelnek a köztermesztésben.

A klímaváltozás miatt az utóbbi tíz évben elsősorban a fűszerpaprika terméshozamot csökkentő vírusok uborka- és dohány mozaik vírus (*Cucumber mosaic virus* CMV, *Tobacco mosaic virus* TMV) okoztak mennyiségi és minőségi problémákat. A korábban csak hajtásban jelentkező paradicsom bronzfoltosság vírus (*Tomato spotted wilt tospovirus* TSWV) a fertőzött palánták kiültetésével szabadföldre is kikerülhet és 5-10%-al csökkentheti a betakarítható termésmennyiséget.

Anyag és módszer

A komplex probléma megoldására a MATE KERTI Zöldségkutatási Központ kalocsai telephelyén állítottunk be kísérletet.

A rezisztencia nemesítési program indításaként 2017-ben a kalocsai és szegedi szülővonalak egyedeinek haploid mikrosporáiból növény regenerálással homozigóta DH egyedeket állítottak elő a társintézmény Mezőgazdasági Biotechnológiai Kutatóintézet Genetikai Főosztályának munkatársai.

A kiválasztott fűszerpaprika nemesítési vonalakba hagyományos kézi keresztezéssel juttattuk be a *TMV*, *TSWV* és a *Xcv*. rezisztenciát. A rezisztenciák igazolása gyors-levélanalízissel, a Növénygenomikai és Növény-Mikroba Interakció Csoport munkatársai segítségével történt. A levélanalitikai módszer a rezisztenciához kapcsolt molekuláris markerek azonosítását követő genetikai térkép alkalmazásával valósítható meg.

A mintákat valamennyi kiültetett palánta esetében a hajtáscsúcs kifejlett leveleiből gyűjtöttük be. A nemesítési programban csak a homogén rezisztens egyedek szaporítóanyagát használtuk fel.

A rezisztens hibridek, jelöltek vetőmag előállítására 2021-ben az alábbiak szerint valósult meg:

- 30 tétel magvetése (április 16.)
- Palántanevelés fűtetlen fólia alatt (április közepe-május közepe).
- Palánták ültetése fóliás termesztőberendezésben június első hetében.
- Növényápolás: a növények megfelelő fejlődésének biztosítására folyamatos növényvédelem, mechanikus gyomirtás. Fonalas támrendszer kialakítása.
- A fenológiai fázisoknak megfelelő tápoldatozás.
- Kémiai növényvédőszeres kezelésre a korábban kidolgozott biológiai védekezési megoldások (szabályozható klíma, sárga/kék ragadós lapok, predátorok) alkalmazása miatt nem volt szükség.

A keresztezések izolált, egyedi azonosítóval megjelölt terméseinek betakarítása október második hetében megtörtént. A begyűjtött termékek feldolgozása 2021. november 25-én lezárult.

2022-ben a korábbi keresztezések eredményeként kiválasztott 4 csípmentes és 6 csípős kombináció kitermesztését végeztük szabadföldön.

A rezisztens hibridek jelöltek kisparcellás kitermesztése 2022-ben az alábbiak szerint valósult meg:

- 10 tétel magvetése (április 7.)
- Palántanevelés fűtetlen fólia alatt (április közepe-május közepe).
- Palánták kiültetése kisparcellás kísérletben június első hetében.
- Csepegtető öntözéssel kialakított fekete (lebomló) fóliával borított bakhátak kialakítása.
- Parcellánként 50-50 növény kiültetése (2022. május 18.)
- Növényápolás: mechanikus gyomirtás, a fenológiai fázisoknak megfelelő öntözés tápoldatozás.
- Növényvédőszeres kezelések: levéltetvek ellen növényi olajos emulzió permetezés, egyéb kártevők ellen kontakt hatású rovarirtószeres alkalmazása.

Az intenzív kisparcellás kitermesztéssel teszteltük az egyes hibridek szabadföldi körülmények közötti ellenálló képességét és terméshozamát. A nagyobb mennyiségű termésből 2022. október első hetében reprezentatív mintavételt végeztünk. A termékek betakarítását október 3-án végeztük. A fő minőségi paramétert reprezentáló színezőanyag-tartalom genetikai potenciál közeli eredményének mérése érdekében a betakarítást 5 hetes utóérlelés követte.

A szedéskori és az utóérlelt termékek feldolgozása kézi hasítással történt, a minták feldolgozása, a vetőmag kinyerése és tároláshoz előkészítése 2022. november 30-án zárult.

A minták összes színezőanyag-tartalom mérését saját laboratóriumunk végezte.

Eredmények és következtetések

2018-19. év során a fűszerpaprika vonalakba hagyományos módon, kézi keresztezéssel vittük be a baktériumos levélfoltossággal, a dohánymozaik vírussal, illetve a paradicsom bronzfoltossággal szembeni rezisztenciáért felelős örökítőanyagot. Az egyes rezisztenciák jelenlétét molekuláris markerekkel igazoltuk. A megfelelő növényi egyedek haploid mikrosporáiból növény regenerálással homozigóta DH egyedeket állítottunk elő. A 2019-es esztendő végén kiválasztásra került 18 jelentős nemesítési értéket képviselő TSWV és TMV rezisztens DH vonal. 2020 év során 18 DH vonal vetőmag felszaporítása mellett keresztezési programot indítottunk.

2021-ben a perspektivikus DH vonalak vetőmagjait tovább szaporítottuk. Ez évben az előző év keresztezési tapasztalatai (kombinálódási képesség, terméskötés biztonság) alapján célzott keresztezéseket végeztünk. Az egészséges utóérlelt termékek legfontosabb beltartalmi paramétere, az összes színezőanyag-tartalom elérte a fajtákra jellemző értékeket (2. táblázat).

A 2021-es évi kísérletben elsősorban az anyavonal fogékonyságát a beporzó apavonallal vizsgáltuk, az ún. kombinálódó képesség alapján a tételek száma 15-re csökkent. A termés méret és a minták összes színezőanyag-tartalom (ASTA érték) tulajdonságok alapján a nemesítési célnak megfelelő kombinációk számát 10-re szűkítettük. A 4 csípősségmentes és 6 csípős hibridjelöltet 2022-ben kispárcellás kísérletben teszteltük, amelynek eredményeit a 3. táblázat tartalmazza. A kísérleti parcellák termés mennyiségét a jobb érthetőség érdekében tonna/hektár értékre számítottuk át.

A 4. számú csípősségmentes hibridjelölt kiemelkedő eredményt mutatott mind a termésmennyiség, mind az összes színezőanyag-tartalom tekintetében. A 2. számú jelölt alacsony teljesítménye alapján a további kísérletekből kizárható.

A csípős hibridjelöltek közül a 2. és 3. számú jelölt a többi jelölthöz képest lényegesen magasabb termésmennyiséget ért el. Az 5. és 6. számú hibridjelölt is az átlagnál nagyobb termés mennyiséget teljesített. A színezőanyag tartalom szempontjából a 2. és 6. számú jelölt ért el magas értéket. A 4. számú jelölt ugyan a hibrid jelöltek átlagos terméshozamát elérte, azonban a színezőanyag-tartalom alacsony értéke miatt nem felel meg a projekt céljainak.

Tekintve, hogy a 2022-es év rendkívül aszályos év volt, amely a csepegtető öntözés és fólia takarás mellett is jelentősen csökkentette a termés mennyiséget, a fűszerpaprika hibridjelöltek kitermesztésének ismételése szükséges. Az eddigi eredmények alapján kiválasztott 5 hibridjelöltet 4 ismétléses kispárcellás kísérletben vizsgáljuk a következő években. A beltartalmi vizsgálatokat kiterjesztjük a szárazanya-tartalom és a csípős hibridjelöltek esetén a kapszaicin-tartalom mérésére is.

Az új, multirezisztens fűszerpaprika hibridek a növényvédőszer használatának folyamatos csökkenését biztosítják, így környezetkímélő termesztés-technológia alkalmazását teszik lehetővé. Az alacsonyabb növényvédőszer költség a termés jövedelmezőségét javítja az innovatív gazdálkodók és vállalkozások számára.

2. ábrázat. A 2020 évi keresztezés eredményei

2021. évi mérési eredmények	Termés hossz. (cm)	Termés szélesség (cm)	Összes színanyagtartalom ASTA
DH 1/6*APAVONAL_1	10,5	2,0	198
DH 1/4*APAVONAL_2	17,0	4,0	185
DH 1/4*APAVONAL_3	9,5	2,5	213
DH 2/1*APAVONAL_1	10,5	2,5	139
DH 2/1*APAVONAL_2	11,5	3,0	209
DH 2/4*APAVONAL_3	11,5	3,0	138
DH 3/7*APAVONAL_2	10,0	3,5	163
DH 3/2*APAVONAL_3	10,5	3,5	207
DH 4/1*APAVONAL_2	15,0	3,0	195
DH 4/2*APAVONAL_3	15,0	3,0	193
DH 5/3*APAVONAL_2	14,5	2,0	139
DH 5/1*APAVONAL_3	9,5	1,5	152
DH 6/1*APAVONAL_2	10,0	2,0	164
DH 7/2*APAVONAL_2	10,5	4,0	150
DH 8/1*APAVONAL_2	10,0	3,0	188
DH 10/13*APAVONAL_2	8,5	2,5	180
DH 11/4*APAVONAL_2	12,0	3,0	175
DH 12/2*APAVONAL_1	9,5	2,5	146
DH 12/6*APAVONAL_2	8,0	2,5	128
DH 13/1*APAVONAL_2	10,0	1,5	156
DH 14/5*APAVONAL_2	8,0	1,5	171
DH 14/5*APAVONAL_3	7,0	1,5	186
DH 15/2*APAVONAL_1	6,5	2,5	190
DH 16/4*APAVONAL_1	11,0	3,0	185
DH 16/6*APAVONAL_2	12,5	2,5	179
DH 16/3*APAVONAL_3	14,0	2,5	190
DH 17/4*APAVONAL_1	11,0	2,0	187
DH 17/2*APAVONAL_3	11,5	2,5	194
DH 18/2*APAVONAL_1	11,5	2,0	193
DH 18/5*APAVONAL_3	11,0	2,5	201

Table 2. Results of cross breeding in 2021

3. táblázat. A kiválasztott hibrid jelöltek kitermesztés eredményei 2022-ben

Hibridjelölt kód	t/ha	ASTA
Csípősség mentes hibridjelölt 1.	29,15	162
Csípősség mentes hibridjelölt 2.	18,54	94
Csípősség mentes hibridjelölt 3.	28,38	154
Csípősség mentes hibridjelölt 4	33,17	307
Csípős hibridjelölt 1.	27,67	219
Csípős hibridjelölt 2.	35,46	161
Csípős hibridjelölt 3.	36,25	262
Csípős hibridjelölt 4.	30,63	89
Csípős hibridjelölt 5.	32,81	164
Csípős hibridjelölt 6.	32,28	193

Table 3. Results of the selected hybrid candidates in 2022

A projekt végső kedvezményezettjei a fogyasztók, akik a fűszerpaprika nyersanyagból előállított, magas minőségű, egészséges termékeket vásárolhatnak az üzletekben.

Irodalomjegyzék

- Csizmadia, L., Balogh, P., Varró, P., Solymosi, E., Salamon, P., Bráj, R., Pék, M., Somogyi, N. és Milotay, P. (2019). Zöldségnevelés az Agrárminisztériumhoz tartozó kutató-intézetekben. In: Karsai, Ildikó (szerk.) A magyar növénynevelés eredményei az ezredfordulón (1990-2018) Budapest, Magyarország: Agroinform Kiadó 309 p. pp. 90-110., 21 p.
- Glits M., Gólya E., Gyúró J., Győrfi J., Hodossi S., Holb I., Hráskó I., Kovács A., Kovácsné Gyenes M., Nagy Gy.né, Nagy J., Némethy Z., Ombódi A., Péntes B., Slezák K., Szöriné Z. A., Terbe I. és Zatykó F. 2005. Zöldségtermesztés természetöberendezésekben. Mezőgazda Kiadó.
- Kapitány J. és Márkus F. 2001. A fűszerpaprika termesztése és feldolgozása - Amit a gyakorló gazdának tudni kell. Szaktudás Kiadó Ház Zrt.
- Klártyik, Sz., Molnár, H., Pék, M., Bata-Vidács, I., Adányi, N. and Székács, A. 2018. Quality management in spice paprika production: from cultivation to end product. In: Quality Management Systems (Kounis, L., Ed.), InTech. Rijeka, Croatia, 115-133.
- Péntes B. 2013. A szabadföldi paprikatermesztés integrált növényvédelme. A Zöldség- Gyümölcs Piac és Technológia különszáma. 20-21.
- Somogyi N. 2010. Hibrid fűszerpaprika nemesítés és hajtatos termesztéstechnológia. Doktori értekezés. Pannon Egyetem Georgikon Kar, Növénytermesztési és Kertészeti Tudományok Doktori Iskola, Keszthely.

Current issues of Hungarian spicy pepper research

PÉK, M.

Hungarian University of Agriculture and Life Sciences, Institute of Horticulture,
Vegetable Cultivation Research Center, Kalocsa

E-mail: pek.miklos@uni-mate.hu

Summary

Many efforts have been made to resolve the crisis in the Hungarian paprika sector, which has been dragging on since the 1990s. As a result of the joint efforts, the Kalocsa and Szeged paprika have been included in the Collection of Hungarikums. In the globalized spice trade, only premium quality paprika made entirely from domestic raw materials can be sold above the world market price for traditional paprika powder.

As consumer demand changes, so does the range of products made using spice pepper. The dynamically growing condiment segment requires new varieties/hybrids and cultivation technologies.

The varieties of peppers currently in cultivation were originally bred for growing in the local climate, and climate change is a challenge. To mitigate the problems, there are several possible solutions, such as breeding and introducing new pepper candidates and hybrids; and improving plant care practices that are changing due to climate change.

On behalf of the MATE KERTI Vegetable Research Centre, we continue the research breeding activities of its predecessors and carry out variety maintenance and breeding and related cultivation technology development for the needs of the processing industry and consumers.

Launched in 2018, the long-term goal of the project is the breeding of multi-resistant pepper varieties/hybrids that can be profitably grown for public cultivation using environmentally friendly technology.

Keywords: spicy pepper, breeding, resistance

Szerző

Pék Miklós - kutató nemesítő, Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, Kertészettudományi Intézet, Zöldségkutató Központ, 6300 Kalocsa, Obermayer tér 9.

Referenciagénekre tervezett új primerek alkalmazhatósága rutinszerű szőlő vírusdiagnosztikai vizsgálatokhoz

TURCSÁN MIHÁLY, SZEGEDI ERNŐ, OLÁH KRISZTINA, OLÁH RÓBERT,
JAHNKE GIZELLA, VARGA ZSUZSANNA, DEÁK TAMÁS, NYITRAINÉ SÁRDY DIÁNA

MATE Szőlészeti és Borászati Intézet, Budapest

E-mail: olah.robort@uni-mate.hu

Összefoglalás

A patogénmentes szőlő szaporítóanyagelőállítás kiindulási alapját ma már a különböző szövettenyésztési eljárások biztosítják. Az anyanövények mellett a szövettenyésztéssel előállított növények egészségügyi állapotát is szükséges ellenőrizni, amelyhez az ELISA és a RT-PCR a rutinszerűen alkalmazott költséghatékony módszerek. A RT-PCR módszer használata során többek között szükség van a cDNS szintézis sikerességének ellenőrzésére is. A RT-PCR módszer esetében a kinyert genomi DNS-t (gDNS) általában emésztik DN-áz aktivitású enzimmel, ezért a PCR során biztosak lehetünk benne, hogy a reakcióhoz a cDNS szolgált alapul, nem pedig a genomi DNS. Ugyanakkor a szőlő vírusokra történő rutinszerű tesztelés esetében gyakran felesleges a gDNS teljes eltávolítása, mivel a tesztelendő vírus diagnosztikában használt genetikai kódja nem található meg a szőlő genomban, ezáltal nem áll fenn a veszélye a hamis pozitív eredménynek. Ebben az esetben viszont a megbízható kiértékelés érdekében olyan primerek tervezése szükséges, amelyek képesek a gDNS és cDNS eredetű fragmentumok között különbséget tenni. Ennek a problémának a megoldására terveztünk olyan primereket, amelyek az egyes referenciagének intront határoló régióira specifikusak, így eltérő méretű fragmentumokat amplifikálnak az intront tartalmazó gDNS-ről és az intront nem tartalmazó cDNS-ről.

Kísérleteink alapján bebizonyosodott, hogy ezek a primerpárok működőképesek több szőlőfajta eltérő szövetéből (*in vitro* levél, szabadföldi levél és levélnyel, hancskaparék) származó minta tesztelésekor is. Használatuk során a gélelektroforézist követően egyértelműen elkülöníthetők voltak a gDNS és az intronokat nem tartalmazó cDNS eredetű fragmentumok. Ezen felül ezekkel a primerekkel vírusokra, valamint *Agrobacterium vitis* különböző törzseire specifikus primerekkel sikeres duplex és triplex PCR reakciókat is végeztünk, amely során az egyes fragmentumok jól elkülönültek. Ilyen módon amellet, hogy a cDNS szintézis sikeressége is bizonyítható, a diagnosztikára szánt időt is rövidíthetjük.

Kulcsszavak: referenciagén, RT-PCR, intron, patogén

Bevezetés és irodalmi áttekintés

A szőlőnövényeket számos patogén fertőzése veszélyezteti, amelyek közül az ültetvényekben a viroidok, vírusok és fitoplazmák ellen jelenleg nem ismerünk hatékony védekezési módszert. A vírusok és viroidok emellett sokszor látens formában is képesek fertőzni, amely elősegíti a szőlő szaporítóanyaggal történő hatékony terjedésüket. Az elmúlt évtizedekben *in vitro* szövettenyésztési módszereket dolgoztak ki annak érdekében, hogy ezektől a legfontosabb patogénektől mentes, egészséges növényeket tudjanak előállítani. A merisztématenyésztés, a szomatikus embriogenezis, a kemoterápia, a hőterápia vagy a krioterápia során regenerált növényegyedek egészségügyi állapotának ellenőrzésére a RT-PCR rutinszerűen alkalmazott módszer. A tesztelés első lépése a nukleinsav izolálása a különböző mentesítési módszerekkel regenerált egyedekből. A szőlő fertőző vírusok túlnyomó része RNS örökítőanyaggal rendelkezik, ezért a kivonást követően reverz transzkripcióval cDNS-t (copy DNS) szintetizálunk a PCR tesztek elvégzéséhez. Ezt követően fontos lépés a cDNS szintézis sikerességének ellenőrzése, amelyet különböző belső kontrollként használatos referenciagénre tervezett primerek használatával tudunk elvégezni. Ezek a gének lehetnek a különböző biotechnológiai és genomikai vizsgálatok során fontos kalibrációs szerepet betöltő háztartási gének (Eisenberg és Levanon 2013). Ilyen gyakran használt referenciagének például a *18S rRNS*, az *elongációs faktor 1- α* (*elf1- α*), az *aktin* és *tubulin* gének vagy a *glicerinaldehid-3-foszfát dehidrogenáz* (*GAPDH*) is. A felsorolt gének a legtöbb szövetben, eltérő körülmények között is állandó expressziót mutatnak, ami alkalmassá teszi őket a RT-PCR vizsgálatok belső kontrolljaként való használatra is. Ugyanakkor ezek a gének is nagymértékű expressziós variabilitást mutathatnak eltérő növényfajok, de akár változatos kísérleti körülmények esetében is, ezért kiválasztásuknál körültekintően kell eljárni (Song és tsai 2021).

Számos publikáció született már az egyes referenciagén primerek használatáról és összehasonlításáról. Gambino és tsai (2008) a *18S rRNS* expressziós stabilitását vizsgálták a szőlő növények különféle szerveiből (*in vitro* és szabadföldi levél, hánccsaparék), eltérő módszerekkel izolált nukleinsav felhasználásával. Azt találták, hogy a RT-PCR során a *18S rRNS* specifikus fragmentuma minden esetben egyértelműen kimutatható volt. Nem sokkal később Osman és tsai (2008) vírusfertőzött szőlő növények hánccsaparék és levélmintáin kísérletezve szintén jó eredményeket kaptak különböző fajtákon. Monteiro és tsai (2013) peronoszpóra-fertőzött szőlőnövényeken vizsgálták a rezisztenciagén expresszióját, amely kísérletben számos referenciagén jelöltet használtak belső kontrollként, azonban az *elf1- α* bizonyult a legstabilabban működőnek, de a *GAPDH* is jó eredményeket mutatott. Az *aktin* gén Reid és tsai (2006) vizsgálatai alapján 14 másik referenciagénnel összehasonlítva is kiemelkedő teljesítményt mutatott a különböző fejlettségi stádiumban gyűjtött szőlőbogyó mintákban, valamint Jelly és tsai (2012) vizsgálatai alapján a szomatikus embrió eredetű növények esetében is stabilan működött. Ugyanebben a kísérletben az általánosságban szintén stabilan működő heterodimer tubulin molekula α alegysége is kiemelkedő volt, míg a β -tubulin kevésbé. Történtek vizsgálatok különböző kórokozókkal fertőzött szőlőnövények esetében is. Katoh és tsai (2009) GVA fertőzött növények levél, bogyó, bogyóhéj és merisztéma eredetű növények levél mintáin, Selim és tsai (2012) szőlőperonoszpóra-fertőzött növények levél mintáin, Song és tsai (2021) pedig GLRaV-3 vírussal fertőzött, különböző fejlettségi stádiumban lévő növények bogyó és levélmintáin végzett az *aktin* gén expresszióját vizsgáló

kísérleteket. Pacifico és tsai (2011) öt különböző vírussal fertőzött szabadföldi szőlőnövényeket tesztelve megállapította, hogy a *GAPDH* gén alkalmas belső kontroll a kísérletükhöz, amelyben a vírusok koncentrációját szerették volna számszerűsíteni. Ugyanezen évben Banilas és tsai (2011) különböző stresszfactoroknak (hő, szárazság) kitett szőlőnövényekben vizsgálták egy hősokkfehérje expressziós mintázatát. A változatos szövetekből származó mintákból (levél, kacs, merisztéma, gyökér) kivétel nélkül amplifikálható volt a *GAPDH* gén fragmentuma, ami így megfelelő belső kontrollként működött.

Az előbb említett publikációkban szereplő referenciagén primerek jól működtek a különböző szövetekből izolált mintákból, változatos kísérleti körülmények között, ám a korábban megfogalmazott célok alapján hiányosságuk, hogy a gDNS-ből és a cDNS-ből ugyanakkora méretű fragmentumot amplifikálnak. Ennek kiemelt jelentősége van abban az esetben, ha a nukleinsav izolálás során nem csupán RNS-t nyerünk ki. Ilyenkor a cDNS-ből történő referenciagén primerekkel végzett PCR során a termékünk származhat a cDNS szintézishez használt mintában lévő maradék gDNS-ből is, így nem különíthető el egyértelműen a cDNS eredetű terméktől. Ez a minták DN-áz kezelésével kiküszöbölhető lehet, de ez a lépés extra költséget és időráfordítást jelent a nagy mintaszámú, rutinszerű víruskimutatások során. Ennek a problémának a megoldása lehet olyan primerek használata, amelyek a referenciagén intronokat tartalmazó szakaszára specifikusak, így a cDNS-ből jóval rövidebb fragmentum amplifikálására képesek (1. ábra), ami a gélelektroforézis során egyértelműen elkülönül a gDNS eredetű fragmentumoktól.

1. ábra. Az intronokat tartalmazó referenciagén szakaszokra specifikus primer párok eltérő méretű terméket amplifikálnak gDNS-ről és cDNS-ről

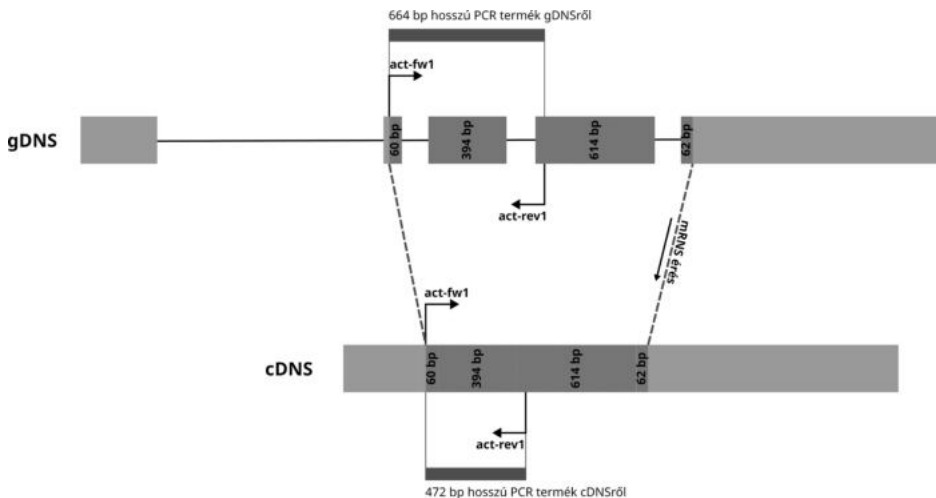


Figure 1. Primer pairs specific for intron-containing reference gene sequences amplify products of different sizes from gDNA and cDNA

Anyag és módszer

Első lépésben olyan primereket terveztünk a Primer3 program (Untergasser és tsai 2012) segítségével, amelyek a különböző referenciagének intront tartalmazó régióit szaporítják fel. A 4-es kromoszómán található *aktin* gén (VIT_204s0044g00580.1) esetében két intront, a 6-os kromoszómán található *elf1- α* (VIT_206s0004g03240.1) esetében egy intront, a 17-es kromoszómán található *GAPDH* (VIT_217s0000g10430.1) esetében kettő intront, a 12-es kromoszómán található a *foszfoenol-piruvát-karboxiláz* (*PEP*; VIT_212s0028g02180, AF236126.1) esetében két intront tartalmazó, valamint a 6-os kromoszómán található *tubulin* (VIT_206s0004g00480.3) esetében a kettő intront tartalmazó régiók felszaporítására specifikus primereket terveztünk (2. ábra, 1. táblázat) és szintetizáltattunk (Biocenter Kft.).

2. ábra. Az intronokat tartalmazó referenciagén szakaszokra specifikus primer párok elhelyezkedése a szőlő genomban.

Az exonok sötét négyzettel, az intronok fekete vonalakkal vannak jelölve. Világos árnyalattal az 5' upstream és 3' downstream szekvenciák láthatók.

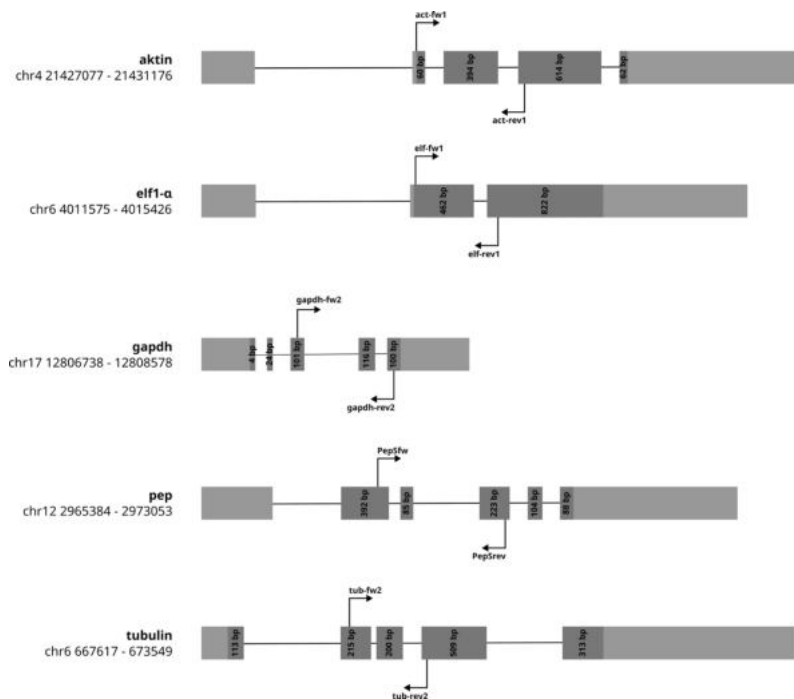


Figure 2. Location of primer pairs specific for intron-containing reference gene sequences in the grapevine genome. Exons are indicated by dark squares, introns by black lines. Light shading indicates 5' upstream and 3' downstream sequences.

1. táblázat. A kísérletek során felhasznált referenciagén primerek

CÉLZOTT GÉN	PRIMER NEVE	MAGYAR MEGNEVEZÉS	SZEKVENCIA (5'-3')	AMPLIFIKÁLT FRAGMENT MÉRLETE gDNS/cDNS (bp)	REFERENCIA
18S rRNS	18S rRNA_Fw	18S kis riboszómális alegység	CGCATCATTCAAATTTCTG C	844/844	Gambino & Griboaud 2006
	18S rRNA-Rev		TTCAGCCTTGCACCATAC T		
aktin	act-fw1	aktin	GGCCGATACTGAAGATAATC CAG	664/472	Jelen munka
	act-rev1		ACCAGAATCCAGCACAAAT ACC		
elf1-α	elf-fw1	elongációs faktor 1-α	GGGTAAGGAGAAGGTTCC ACATC	579/493	Jelen munka
	elf-rev1		TGCCTTGGAGTACTTTGG TG		
GAPDH	gapdh-fw2	glicerinaldehid-3-foszfát-dehidrogenáz	GCACTCAACGATCCATTCA TC	753/237	Jelen munka
	gapdh-rev2		AGCCTTGTCTTGTCACTG		
PEP	PepS2fw	foszfoenolpiruvát karboxiláz	GTCCTTACAGCACATCCTA CTC	1594/357	Jelen munka
	PepS2rev		CCCACCCATCCAAGAAGA AA		
tubulin	tub-fw2	tubulin	CACGATGCTTTCAACACCT TC	898/487	Jelen munka
	tub-rev2		CTTCATTGTCCAAGAGCAC AG		

Table 1. Reference gene primers used in the experiments (1. Gene 2. Name of the primer 3. sequences 4. Amplified fragment size 5. References)

Az első kísérletben a hagyományosan használt *18S rRNS* génre specifikus primerpárokkal végeztünk RT-PCR-t 24 szőlőfajta (7 alany és 17 nemes) levélmintáit felhasználva, majd ugyanezt megismételtük az általunk *PEP* génre tervezett primerekkel is, amelyek intronokat tartalmazó régiót fognak közre. Ezt követően 4 további általunk tervezett primerpár működését (*aktin*, *elf1-α*, *GAPDH*, *tubulin*) is teszteltük ugyanezen fajtákon. Üvegházban tartottuk fenn a *V. berlandieri* × *V. riparia* '5C', *V. berlandieri* × *V. riparia* 'SO4', *V. berlandieri* × *V. riparia* '5BB', (*V. berlandieri* × *V. riparia*) × *V. vinifera* 'Georgikon 28', *V. riparia* × *V. cinerea* 'Börner', *V. berlandieri* × *V. rupestris* 'Ruggieri 140' növényeket. A *V. berlandieri* × *V. rupestris* '110 Richter' alanyt, valamint a *V. vinifera* 'Kövidinka', 'Sárfehér', 'Kunleány', 'Miklóstelep 7', 'Kadarka', 'Kék bakator', 'Juhfark', 'Neoplanta', 'Pintes', 'Zefír', 'Furmint', 'Esther', 'Muscat Ottonel', 'Olasz rizling', 'Vulcanus', 'Zervin' és 'Piros bakator' fajtákat *in vitro* tartottuk fenn. Az *in vitro* (nem vírusmentesített) növényeket fél mennyiségű makroelemeket tartalmazó Murashige és Skoog (MS) táptalajon szaporítottuk.

A következő kísérletben az *aktin*, az *elf1-α* és a *tubulin* primerpárok kifejeződését igazoltuk 12 fajta ('5C', 'SO4', 'G28', 'Börner', 'Kövidinka', 'Sárfehér', 'Kadarka', 'Zefír', 'Furmint', 'Esther', 'Muscat Ottonel', 'Olasz rizling') eltérő szöveti eredetű mintáin. Ennek megfelelően *in vitro* növények leveléből és szabadföldi növények (MATE SZBI Kecskeméti Kutatóállomás) nyáron megszedett leveléből, levélnyélből, valamint télen begyűjtött nyugalmi állapotban lévő vesszők hánckaparekából származó mintákat dolgoztunk fel.

Az *aktin* és *tubulin* primerpárok működését duplex/multiplex PCR reakcióban is megvizsgáltuk korábban igazoltan GfKv és GRSPaV fertőzött *in vitro* növények mintáit felhasználva ('5C',

‘SO4’, ‘G28’, ‘Börner’, ‘Kövidinka’, ‘Sárfehér’, ‘Kadarka’, ‘Zefír’, ‘Furmint’, ‘Esther’, ‘Muscat Ottonel’, ‘Olasz rizling’). Az *elf1- α* primerpár működését duplex PCR reakcióban végeztük a GfKV és GRSPaV fertőzött *in vitro* növényeken (‘Kék bakator’, ‘Juhfark’, ‘Neoplanta’, ‘Zefír’, ‘Zervin’, ‘Pintes’, ‘Furmint’).

Ezen felül *Agrobacterium vitis poligalakturonáz (PG)* génjére specifikus primerekkel kombinálva is vizsgáltuk működésüket agrobaktériumtól mentes szabadföldi ‘Muscat Ottonel’ anyanövény (MATE SZBI Kecskeméti Kutatóállomás) és agrobaktérium eredetű nukleinsavak keverékében.

A növényi minták feldolgozását a Xu és tsai. (2004) által leírt CTAB alapú protokoll szerint végeztük el. A kinyert nukleinsavból történő cDNS szintézist a RevertAid First cDNA Synthesis Kit (Thermo Scientific, #K1622) leírása alapján, random hexamer primerek felhasználásával kiviteleztük. A RT-PCR-hez a DreamTaq DNA Polymerase Kit-et (Thermo Scientific, #EP0703) használtuk. A reakcióelegyeket a Turcsán és tsai (2020) által leírtak alapján állítottuk össze. A gélelektroforézis során a mintákat 1,5 %-os agaróz tartalmú Tris-acetát-EDTA (TAE) gélen futtattuk 90 V feszültségen.

Eredmények

Elsőként a széleskörűen alkalmazott *18S rRNS* referenciagén primerpár és az általunk tervezett *PEP* primerpár működését hasonlítottuk össze 24 szőlőfajta levélmintát felhasználva. Ezt megtettük a nukleinsav izolálás során kinyert gDNS-t tartalmazó minták és az azokból szintetizált cDNS felhasználásával is (3. ábra).

3. ábra. A 18S rRNS és a PEP referencia génre specifikus primerekkel végzett RT-PCR reakció gélképei 24 szőlő levélminta gDNS-ét és cDNS-ét használva templátként. Mintasor: M: méretmarker, Ø: null kontroll, 1.-24.: ‘5C’, ‘SO4’, ‘5BB’, ‘Georgikon 28’, ‘Börner’, ‘Ruggieri 140’, ‘110 Richter’, ‘Kövidinka’, ‘Sárfehér’, ‘Kunleány’, ‘Miklóstelep 7’, ‘Kadarka’, ‘Kék bakator’, ‘Juhfark’, ‘Neoplanta’, ‘Pintes’, ‘Zefír’, ‘Furmint’, ‘Esther’, ‘Muscat Ottonel’, ‘Olasz rizling’, ‘Vulcanus’, ‘Zervin’, ‘Piros bakator’

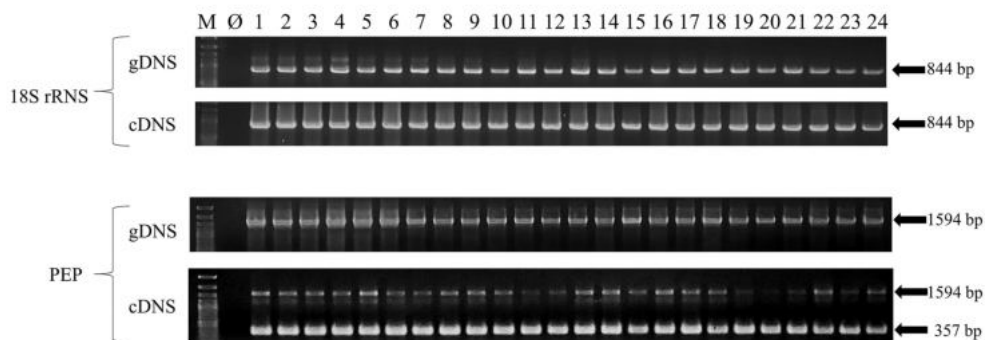


Figure 3. RT-PCR reaction with *18S rRNA* and primers specific for the reference gene *PEP* using gDNA and cDNA from 24 grape leaf samples as template. Sample sequence: M: size marker, Ø: null control, 1-24: ‘5C’, ‘SO4’, ‘5BB’, ‘Georgikon 28’, ‘Börner’, ‘Ruggieri 140’, ‘110 Richter’, ‘Kövidinka’, ‘Sárfehér’, ‘Kunleány’, ‘Miklóstelep 7’, ‘Kadarka’, ‘Kék bakator’, ‘Juhfark’, ‘Neoplanta’, ‘Pintes’, ‘Zefír’, ‘Furmint’, ‘Esther’, ‘Muscat Ottonel’, ‘Olasz rizling’, ‘Vulcanus’, ‘Zervin’, ‘Piros bakator’

Az eredmények alapján látható, hogy amennyiben cDNS-t használtunk templátként, abban az esetben a *PEP* primerpár esetében megjelent egy rövidebb PCR termék is, míg a *18S RNS* primerpár esetében nem (a nem specifikus termékek eredetét nem vizsgáltuk). Ez azért lehetséges, mert a cDNS már nem tartalmaz intronokat, ugyanis azok az RNS érési folyamatok során kivágódnak. Mivel a *PEP* primerpár intronokat tartalmazó régióra lett tervezve, így az intronok hosszával rövidebb fragmentumot tudunk amplifikálni. Mindentől függetlenül a gDNS eredetű nagyobb fragmentum ugyancsak megjelenik a gélen, de méretbeli eltérése miatt könnyen elkülöníthető. Ezek után további négy primerpárt (*aktin*, *elfl- α* , *GAPDH*, *tubulin*) terveztünk és teszteltünk ugyanezen mintákon, amelyek közül három megfelelően működött. A *GAPDH* primerpár esetében előfordultak aspecifikus fragmentumok, így azt a további kísérletekből kizártuk.

A következő kísérletben különböző szöveti eredetű mintákon teszteltük az *aktin*, *elfl- α* és *tubulin* primerpárjaink működését. A négy szövettípusból származó minták tesztelése során mind a három primerpár stabilan működött (4. ábra).

4. ábra. A különböző szöveti eredetű mintákon végzett RT-PCR tesztek eredménye cDNS-ek felhasználásával. Mintasor: M: méretmarker, Ø: null kontroll, 1.-12.: '5C', 'SO4', 'G28', 'Börner', 'Kövödinka', 'Sárféher', 'Kadarka', 'Zefir', 'Furmint', 'Esther', 'Muscat Ottonel', 'Olasz rizling'

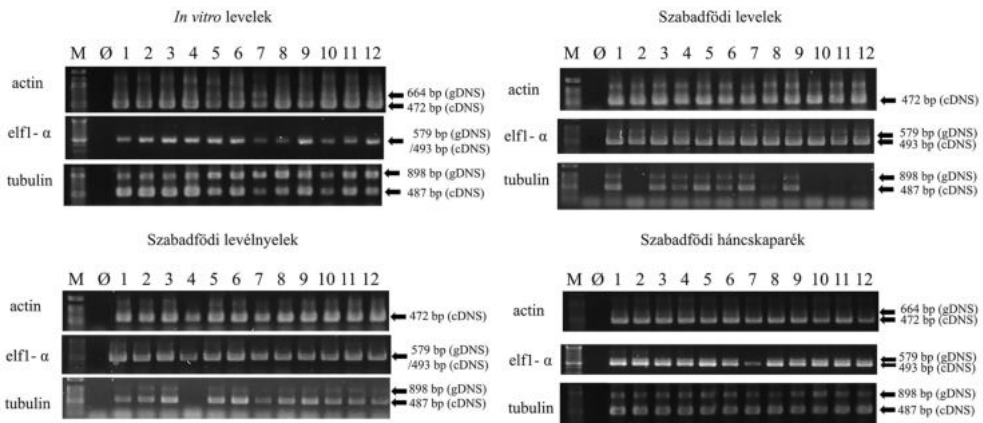


Figure 4. Results of RT-PCR tests using cDNAs of different tissue samples. Sample sequence: M: size marker, Ø: null control, 1.-12.: '5C', 'SO4', 'G28', 'Börner', 'Kövödinka', 'Sárféher', 'Kadarka', 'Zefir', 'Furmint', 'Esther', 'Muscat Ottonel', 'Olasz rizling'

A cDNS eredetű fragmentumok minden esetben megjelentek az agaróz gélen, ám a gDNS eredetű fragmentumok esetében voltak eltérések. A levélnyel eredetű mintákra tekintve látható, hogy a gDNS-ből származó fragmentumok nem, vagy csak gyengén jelentek meg. A *tubulin* primerpár

ennek ellenére szinte minden esetben sikeresen amplifikálta a gDNS eredetű fragmentumokat is, míg az *aktin* primerpár csak a hánckaparéék eredetű mintákból és néhány *in vitro* levélmintából tudta kimutatni. Az *elf1- α* primerpár a szabadföldi levél és hánckaparéék mintákból ugyancsak amplifikálta a gDNS eredetű fragmentumokat, de az méretben nem különült el számottevően a gélelektroforézis során, mivel csak egy 86 bp-os intront tartalmaz. A két eltérő fragmentum így hosszabb futtatási idővel szeparálható.

A következőkben az *aktin* primerpárt GFkV és GRSPaV fertőzött növények levélmintáin a vírusokra specifikus primerpárokkal triplex PCR reakcióban is kipróbáltuk. Hasonlóképpen az *elf1- α* primerpárt először GFkV, majd GRSPaV vírusra specifikus primerpárokkal, a *tubulin* primerpárt pedig a GFkV-ra specifikus primerpárokkal duplex PCR-ek során teszteltük (5. és 6. ábra). Az eredmények azt mutatták, hogy a három referenciagén primerünk stabilan működött ilyen körülmények között is, ám az *aktin*/GFkV/GRSPaV triplex PCR során a két vírus specifikus fragmentuma nem volt elkülöníthető az adott futtatási idő alatt. Az elektroforézis időtartamának növelésével a különböző hosszúságú termékek valószínűleg egyértelműen elváltak volna, azonban a rutinszerű diagnosztikában ezt a megoldást nem akartuk alkalmazni.

5. ábra. Az aktin, a GFkV és a GRSPaV, valamint a tubulin és a GFkV specifikus primerek duplex/triplex PCR eredményei. Mintasor: M: méretmarker, Ø: null kontroll, 1.-12.: '5C', 'SO4', 'G28', 'Börner', 'Kövidinka', 'Sárfehér', 'Kadarka', 'Zefír', 'Furmint', 'Esther', 'Muscat Ottonel', 'Olasz rizling'

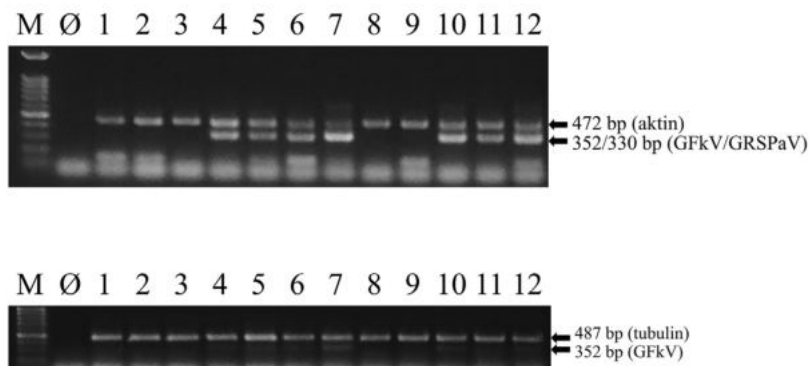


Figure 5. Duplex/triplex PCR results using *aktin* with GFkV and GRSPaV specific primers, or *tubulin* with GFkV specific primers. Sample sequence: M: size marker, Ø: null control, 1.-12.: '5C', 'SO4', 'G28', 'Börner', 'Kövidinka', 'Sárfehér', 'Kadarka', 'Zefír', 'Furmint', 'Esther', 'Muscat Ottonel', 'Olasz rizling'

6. ábra. Az *elf1- α* , a GFkV és a GRSPaV vírus specifikus primerek duplex PCR eredményei
Mintesor: M: méretmarker, Ø: null kontroll, 1.-10.: 'Kék bakator', 'Kék bakator', 'Juhfark',
'Neoplanta', 'Zefír', 'Zervin', 'Zervin', 'Pintes', 'Pintes', 'Furmint'

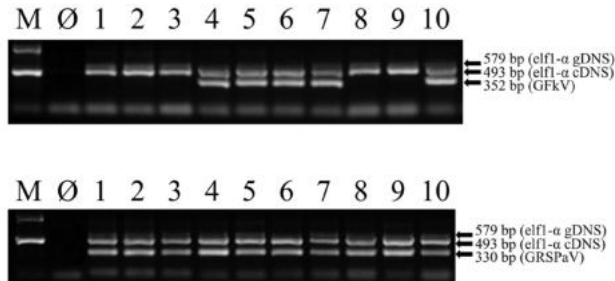


Figure 6. Duplex PCR results of *elf1- α* with GFkV or GRSPaV virus specific primers.
Sample sequence: M: size marker, Ø: null control, 1.-10: 'Kék bakator', 'Kék bakator',
'Juhfark', 'Neoplanta', 'Zefír', 'Zervin', 'Zervin', 'Pintes', 'Pintes', 'Furmint'

Az *A. vitis* törzsek és a 'Muscat Ottonel' mintákkal végzett duplex PCR eredmények a 7. ábrán láthatók. Az első három, csak az *A. vitis* három különböző törzsének nukleinsavát tartalmazó mintákból csak a *PG* génre specifikus primerpár amplifikálta a megfelelő fragmentumot, míg a negyedik, 'Muscat Ottonel' nukleinsavat tartalmazó mintában, kizárólag az *aktin* és *tubulin* primerpárok működtek. Az utolsó három mintából, amelyek a különböző agrobaktérium törzsek és a szőlő nukleinsavak keverékét tartalmazta, mindkét fragmentum megjelent.

7. ábra. A referenciagénekre specifikus primerpárok használata az *Agrobacterium vitis* *PG* génre specifikus primerekkel duplex PCR-ban. Mintesor: M: méretmarker, Ø: null kontroll, 1.-7.:
Agrobacterium vitis Tm4, *A. vitis* AT1, *A. vitis* S4, 'Muscat Ottonel', 'Muscat Ottonel' és *A. vitis* Tm4, 'Muscat Ottonel' és *A. vitis* AT1, 'Muscat Ottonel' és *A. vitis* S4

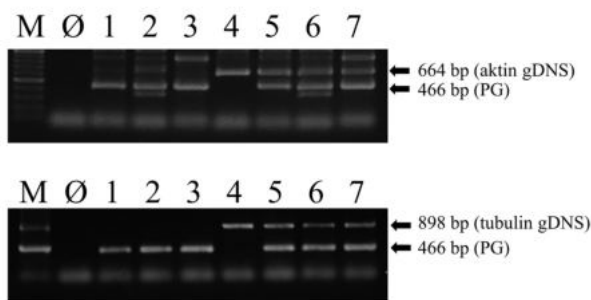


Figure 7. Use of reference gene-specific primer pairs with *Agrobacterium vitis* *PG* gene-specific primers in duplex PCR. Samples: M: size marker, Ø: null control, 1-7: *Agrobacterium vitis* Tm4, *A. vitis* AT1, *A. vitis* S4, 'Muscat Ottonel', 'Muscat Ottonel' and *A. vitis* Tm4, 'Muscat Ottonel' and *A. vitis* AT1, 'Muscat Ottonel' and *A. vitis* S4

Megvitatás

A szőlő vírusmentesítése során regenerált növényegyedek egészségügyi állapotát ellenőrizni kell, amire a RT-PCR rutinszerűen alkalmazott eljárás. A folyamat részeként megfelelő referenciagénnel végzett ellenőrző lépéseket kell beiktatnunk a negatív PCR eredmények kiértékeléséhez. Munkánk során négy olyan primerpárt terveztünk, amelyek különböző referenciagének intront tartalmazó régióira specifikusak és így képesek a gDNS és cDNS eredetű fragmentumok elkülönítésére. A kísérletek során bebizonyosodott, hogy a primerpárok működőképesek változatos szöveti eredetű mintákon is. A gDNS eredetű fragmentumok detektálhatóságában akadtak különbségek, amelyek az eltérő szövetek változó hatékonyságú feldolgozásából is adódhattak, ugyanakkor a gDNS kimutatásának nincs jelentősége a víruseszteselés szempontjából.

A multiplex PCR alkalmazása gyorsíthatja az egyes patogének detektálásának idejét, hiszen egyetlen reakcióban több primerpárt is alkalmazhatunk. Ennek megfelelően alkalmaztuk egyidejűleg az *aktin*, *elf1- α* és a *tubulin* specifikus primerpárjainkat a vírusdiagnosztikák során gyakran detektált GFkV és GRSPaV vírusokra specifikus primerpárokkal. A folyamat során a fertőzött mintákból 2-2 fragmentum amplifikálódott (egy referencia gén és egy vírus eredetű), míg a nem fertőzöttekből csak a referenciagén eredetű.

Az *A. vitis* fontos kórokozója a szőlőnek. Mivel DNS örökítőanyaggal rendelkezik, ezért nem szükséges cDNS szintézist végeznünk. Az *aktin* és *tubulin* génekre specifikus primerpárjaink működőképesnek bizonyultak az agrobactérium *PG* génjére specifikus primerekkel egyidejűleg is az *A. vitis* három különböző törzsének és a 'Muscat Ottonel' szőlőfajta nukleinsavának keverékét vizsgálva. Ezt igazolta az, hogy a *PG* gén specifikus fragmentuma, és a referenciagének gDNS eredetű fragmentumai is egyértelműen beazonosíthatók voltak a gélképen.

A potenciális referenciagének eddig közzétett primereit (jellemzően qPCR-hez) általában csak egy vagy két szőlőfajtan tesztelték (Reid és tsai 2006; Monteiro és tsai 2013; Shinde és tsai 2016), és ezek többnyire egyetlen exonon helyezkedtek el. Ebben a munkában olyan új primerkészleteket terveztünk, amelyek egy vagy két intront foglalnak magukba és a hagyományos PCR-hez optimális amplikonokat generálnak (kb. 250-1500 bp) az általánosan használt paraméterek mellett. Összességében megállapítható, hogy az intront tartalmazó génszakasz amplifikálására tervezett primerek használata előnyös, működőképesek lehetnek változatos szövetekből származó minták és különböző fajták esetében is, sőt esetenként hatékonyan kombinálhatók más patogénekre specifikus primerekkel is multiplex PCR reakcióban.

Köszönetnyilvánítás

Munkánkhoz az NKFIH K131685 számú pályázata nyújtott anyagi támogatást (OR). TM a MATE Kertészettudományi Doktori Iskola PhD hallgatója.

Irodalomjegyzék

1. Banilas, G., Korkas, E., Englezos, V., Nisiotou, A.A. and Hatzopoulos, P. 2012. Genome-wide analysis of the heat shock protein 90 gene family in grapevine (*Vitis vinifera* L.). Australian Journal of Grape and Wine Research, 18(1): 29-38.

2. Eisenberg, E. and Levanon, E.Y. 2013. Human housekeeping genes, revisited. *Trends in Genetics*, 29(10): 569-574.
3. Gambino, G., Perrone, I. and Gribaudo, I. 2008. A rapid and effective method for RNA extraction from different tissues of grapevine and other woody plants. *Phytochemical Analysis*, 19(6): 520-525.
4. Jelly, N.S., Schellenbaum, P., Walter, B. and Maillot, P. 2012. Transient expression of artificial microRNAs targeting Grapevine fanleaf virus and evidence for RNA silencing in grapevine somatic embryos. *Transgenic Research*, 21(6): 1319-1327.
5. Katoh, H., Suzuki, S., Saitoh, T. and Takayanagi, T. 2009. Cloning and characterization of VIGG, a novel virus-induced grapevine protein, correlated with fruit quality. *Plant Physiology and Biochemistry*, 47(4): 291-299.
6. Monteiro, F., Sebastiana, M., Pais, M.S. and Figueiredo, A. 2013. Reference gene selection and validation for the early responses to downy mildew infection in susceptible and resistant *Vitis vinifera* cultivars. *PloS One*, 8(9): e72998.
7. Osman, F., Leutenegger, C., Golino, D. and Rowhani, A. 2008. Comparison of low-density arrays, RT-PCR and real-time TaqMan® RT-PCR in detection of grapevine viruses. *Journal of Virological Methods*, 149(2): 292-299.
8. Pacifico, D., Caciagli, P., Palmano, S., Mannini, F. and Marzachi, C. 2011. Quantitation of Grapevine leafroll associated virus-1 and-3, Grapevine virus A, Grapevine fanleaf virus and Grapevine fleck virus in field-collected *Vitis vinifera* L. 'Nebbiolo' by real-time reverse transcription-PCR. *Journal of Virological Methods*, 172(1-2): 1-7.
9. Reid, K.E., Olsson, N., Schlosser, J., Peng, F. and Lund, S.T. 2006. An optimized grapevine RNA isolation procedure and statistical determination of reference genes for real-time RT-PCR during berry development. *BMC Plant Biology*, 6(1): 27.
10. Selim, M., Legay, S., Berkelmann-Löhnertz, B., Langen, G., Kogel, K.H. and Evers, D. 2012. Identification of suitable reference genes for real-time RT-PCR normalization in the grapevine-downy mildew pathosystem. *Plant Cell Reports*, 31(1): 205-216.
11. Shinde, M.P., Upadhyay, A., Iquebal, M.A. and Upadhyay, A.K. 2017. Identification, characterization and expression analysis of ERF transcription factor VviERF073 and standardization of stable reference genes under salt stress in grape. *Vitis*, 55: 165-171.
12. Song, Y., Hanner, R.H. and Meng, B. 2021. Genome-wide screening of novel RT-qPCR reference genes for study of GLRaV-3 infection in wine grapes and refinement of an RNA isolation protocol for grape berries. *Plant Methods*, 17(1): 1-20.
13. Turcsan, M., Demian, E., Varga, T., Jaksza-Czotter, N., Szegedi, E., Olah, R. and Varallyay, E. 2020. Hts-based monitoring of the efficiency of somatic embryogenesis and meristem cultures used for virus elimination in grapevine. *Plants*, 9(12): 1782.
14. Untergasser, A., Cutcutache, I., Koressaar, T., Ye, J., Faircloth, B.C., Remm, M. and Rozen, S.G. 2012. Primer3—new capabilities and interfaces. *Nucleic Acids Research*, 40(15): e115-e115.
15. Xu, Q., Wen, X. and Deng, X. 2004. A simple protocol for isolating genomic DNA from chestnut rose (*Rosa roxburghii* Tratt) for RFLP and PCR analyses. *Plant Molecular Biology Reporter*, 22(3): 301-302.

Applicability of new primers designed on reference genes for routine grape virus diagnostic tests

TURCSÁN, M., SZEGEDI, E., OLÁH, K., OLÁH, R., JAHNKE, G., VARGA, ZS.,
DEÁK, T., NYITRAINÉ SÁRDY, D.

Hungarian University of Agriculture and Life Sciences,
Institute for Viticulture and Oenology, Budapest

E-mail: olah.robert@uni-mate.hu

Summary

The starting point for the production of pathogen-free grapevine propagation material is generally provided by various tissue culture techniques. In addition to the mother plants, the health status of tissue culture originated plants needs to be monitored, for which ELISA and RT-PCR are routinely used as cost-effective methods. When RT-PCR is applied, it is also necessary to check, among others, the success of cDNA synthesis. In RT-PCR, the extracted genomic DNA (gDNA) is usually digested with DNase enzymes and therefore the available reference primers are reliable. However, in the case of routine testing for grapevine viruses, it is often unnecessary to completely remove the gDNA. In this case, however, the design of primers that are able to distinguish between PCR fragments from gDNA and cDNA origin is necessary for reliable evaluation. To solve this problem, we designed primers that are specific to the intron-containing regions of each reference gene, thus amplifying fragments of different sizes from intron-containing gDNA and non-intron-containing cDNA.

Our experiments have shown that these primer pairs are functional when testing samples from different tissues of several grape varieties (*in vitro* leaves, leaf blade and petioles, cambial tissues). The origin of gDNA and cDNA fragments with or without introns could be clearly distinguished after gel electrophoresis. In addition, successful duplex and triplex PCR reactions were performed with these primers for viruses or with primers specific for different strains of *Agrobacterium vitis*, with good separation of the individual fragments. In this way, in addition to demonstrating the success of cDNA synthesis, the time required for diagnostics can be significantly reduced.

Keywords: reference gene, RT-PCR, intron, pathogen

Szerzők:

Turcsán Mihály – tudományos segédmunkatárs, MATE Szőlészeti és Borászati Intézet, Kecskeméti Kutatóállomás, 6000 Kecskemét, Katona Zsigmond út 5.

Oláh Krisztina – kutató mérnök, MATE Szőlészeti és Borászati Intézet, Kecskeméti Kutatóállomás, 6000 Kecskemét, Katona Zsigmond út 5.

Oláh Róbert (kapcsolattartó szerző) – PhD, tudományos tanácsadó, MATE Szőlészeti és Borászati Intézet, Kecskeméti Kutatóállomás, 6000 Kecskemét, Katona Zsigmond út 5.

Szegedi Ernő – DSc, tudományos tanácsadó, MATE Szőlészeti és Borászati Intézet, Kecskeméti Kutatóállomás, 6000 Kecskemét, Katona Zsigmond út 5.

Jahnke Gizella – PhD, tudományos tanácsadó, MATE Szőlészeti és Borászati Intézet, Badacsonyi Kutatóállomás, 8261 Badacsonytomaj-Badacsony, Római út 181.

Varga Zsuzsanna – PhD, tanszékvezető egyetemi docens, MATE Szőlészeti és Borászati Intézet, 1118 Budapest, Villányi út 29-43.

Deák Tamás – PhD, egyetemi docens, MATE Szőlészeti és Borászati Intézet, 1118 Budapest, Villányi út 29-43.

Nyitrai Sárdy Diána – PhD, intézetigazgató, egyetemi tanár, MATE Szőlészeti és Borászati Intézet, 1118 Budapest, Ménesi út 45.

***Rudbeckia hirta* (L.) gamma-sugárzással történő kezelésének hisztológiai és fiziológiai hatásai**

HOROTÁN KATALIN^{1*}, ORLÓCI LÁSZLÓ², HAMAR-FARKAS DÓRA²,
SOLTI ÁDÁM³, SIMON EDINA⁵, ÖRDÖGH MÁTÉ⁴, KISVARGA SZILVIA²

¹Eszterházy Károly Katolikus Egyetem, Biológiai Intézet, Állattani Tanszék

²MATE, Tájépítészeti, Településtervezési és Díszkertészeti Intézet,
Dísznövénytermesztési és Zöldfelületgazdálkodási Kutatócsoport

³Növényélettani és Molekuláris Növénybiológiai Tanszék, Eötvös Loránd Tudományegyetem

⁴MATE, Tájépítészeti, Településtervezési és Díszkertészeti Intézet,
Dísznövénytermesztési és Dendrológiai Tanszék

⁵Antropocén Ökológia Kutatócsoport, Debreceni Egyetem

E-mail: horotan.katalin@uni-eszterhazy.hu

Összefoglaló

A fenntartható dísznövénytermesztés és -felhasználás abban az esetben egyeztethető össze az éghajlatváltozással, amennyiben nem csupán a magas virághozamú és hosszan virágzó fajtákat részesítjük előnyben, hanem nagyobb hangsúlyt fektetünk a növények abiotikus és biotikus tényezőkkel szembeni ellenállóképességére is. Ez az állóképesség növelhető a genetikai variabilitás fokozásával, melynek egyik módja lehet a gamma sugárzás alkalmazása, ami mutációkat indukál a növényekben, így olyan kívánt tulajdonságokat válthat ki, amelyek alapvetően nem jellemzői a kiindulási növényanyagnak. Az ionizáló sugárzás, így a röntgen-, gamma- és neutronsugarak károsíthatják a genetikai anyagot, és fenotípusos változásokhoz vezethetnek, amelyekkel új dísznövényfajták állíthatók elő viszonylag rövid idő alatt. A *Rudbeckia hirta* egy hagyományosnak tekinthető alapfaj a városi zöldfelület gazdálkodásban, azonban jelenleg a több mint 10 hazai fajtája között vannak olyanok, amelyek csak optimális körülmények között alkalmazhatók teljes biztonsággal, ugyanis ezek között vannak 40-50 éves fajták is, amelyek egyre kevésbé képesek a klímaváltozás jelentette kihívások leküzdésére. A környezeti tényezőkkel szembeni tolerancia mellett e fajtáknak már nincs újdonságértékük. Ez a két tényező nagyban befolyásolja az új fajtákkal

szembeni elvárásokat, mivel azonban egy nemesítési vonal kereskedelemben való megjelenése több évet igényel, így a folyamat gyorsítására érdemes kihasználni az egyedi fenotípusos tulajdonságok létrehozására a gamma-sugárzásos nemesítést. Célunk, hogy megvizsgáljuk, az alkalmazott nemesítési törzanyag esetében sikerrel alkalmazható-e a gamma mutációs nemesítés. Méréseink során kiemelt figyelemmel követtük nyomon az M1 és M2 nemzedékek közötti különbségeket, illetve egyazon nemzedékhez tartozó különböző sugárdózisok hatását a hisztológiai és fiziológiai (POD, APTI) tulajdonságokat vizsgálva. Méréseink eredményeire támaszkodva elmondható, hogy a gamma-sugárzással történő kezelés eredményes a *Rudbeckia hirta* alkalmazott törzsére, és a nemesítésben fontos szerepet tölthet be a jövőben.

Kulcsszavak: *Rudbeckia hirta*, dísznövény, gamma, nemesítés, egyvári

Bevezetés és irodalmi áttekintés

A klímaváltozás és az egyre növekvő urbanizáció miatt a zöldfelületeken a hagyományos díznövényfajták kevésbé alkalmazhatók sikerrel, így megnőtt az igény új, javított tulajdonságokkal rendelkező fajták előállítására, melyek képesek lépést tartani a változásokkal és eközben a felhasználói igényeket is kielégítik (Aida et al. 2018). A többéves nemesítési folyamat mellett, mintegy újra felfedezett irányként megjelent a mutációs nemesítés is, mely magába foglalja a természetes és mesterséges mutációk fajtaelőállításban való felhasználását egyaránt, ezek alkalmazásának alapjait a huszadik század elején fektették le, ekkor a növénybiológusok már megállapították, hogy a vegyi sugárzásos technológiával kezelt vetőmagvakban a genetikai módosulások gyakorisága és hatékonysága növelhető (Oladosu et al. 2016). Az alkalmazott mutagéneket három nagy csoportra bonthatjuk, melyek a következők: fizikai (pl.: gamma-sugárzás, ultraibolya sugárzás), kémiai (pl.: etil-metánszulfonát, metil-metánszulfonát, nátrium-azid) és genetikai (ZFN, TALEN és CRISPR) mutagének (Bhoi et al. 2022). Az ezek által indukált széles spektrumon mozgó genetikai változások hozzájárultak a ma ismert növénynemesítési irányzat kialakulásához is (Solanki et al. 2011), valamint jól alkalmazhatóvá váltak a dísznövény-nemesítés területén, ahol sok faj jellemzője a gyors és könnyű szaporítás, ez a tulajdonság pedig megkönnyíti a spontán és indukált mutánsok termesztését is.

A hagyományos nemesítés (szelekció, keresztezés) idő- és munkaigényes folyamat, mely során rövid időintervallum alatt korlátozottan érhetőek el a genetikai tulajdonságokban változások, ezzel szemben a mutációs nemesítés során a kezelt növények esetében kiemelkedő, genetikailag variábilisabb fajták hozhatók létre (Beyaz és Yildiz 2017; Hanafiah et al. 2010; Anne és Lim 2020). A fizikai mutagének alkalmazása számos pozitív eredményt hozott. Több dísznövény esetében is alkalmaztak ionnyalábos kezelést létrehozva mutáns fajtákat, melyeknél nem csupán a mutáns növények előállítása, hanem a mutagenézis folyamatának megértése is a kutatások központi részét képezte, ezzel is segítve megérteni a nemesítés szempontjából jelentős tulajdonságok genetikai kifejeződésének mechanizmusát, mely lehetővé teheti új, hatékonyabb mutációs nemesítési módszerek kidolgozását (Yamaguchi 2018).

Susila (2019) *Chrysanthemum* növényeket kezelt 10 Gy és 20 Gy dózisu gamma-sugárzással, mely eredményeként mindkét esetben virágszín változást indukált a kezelés. A kezelés következtében egyéb morfológiai változások is megfigyelhetők voltak a vizsgált növényeken, így változott a levélhossz és -szélesség, a szárátmérő és -hossz, valamint a virágzatok átmérője is. Susila (2019) szövettani változásokat a levél

esetében írt le. A gamma-sugárzás hatásait vizsgálva Fathin (2021) a *Dendrobium odoardi* Kraenzl. faj esetében jegyezte le a morfológiai bélyegek megváltozását. Li et al. (2022) *Tulipa* sp. (L.) esetében végzett hasonló kezelést, ahol az 5 Gy dózis serkentette a hagymák kihajtását és azok túlélési aránya is nagyobb volt, azonban a kiemelkedően magas, 20-100 Gy közötti dózisok már gátló hatást fejtettek ki, így csökkent a natiocianin- és a flavonoidtartalom a hagymákban. A hisztológiai vizsgálatok a sztómák tulajdonságainak megváltozására is rámutattak. Hu et al. (2020) leírta, hogy a 10 Gy, alacsony dózisban adott gamma-sugárzás hatása növekedésbeli változást eredményezett, míg a magasabb dózis már egyéb morfológiai változásokat is okozott *Narcissus tazetta* (L.) var. *chinensis* növényben. *Capsicum* L. dísznövény változatánál a gamma-sugárzás második generációban nagyobb virágokat, hímsterilitást és megváltozott termésszint váltott ki (Régo 2018). Magd el Din (2019), a *Cyperus alternifolius* L. rizómáit gamma-sugárzással kezelte, ahol az alkalmazott legalacsonyabb, 20 Gy és a legmagasabb, 100 Gy erősségű dózis egyaránt növelte a csírázási képességet, míg a kettő közötti dózisok torz növekedést idéztek elő a növényekben, azonban ezek a torzulások az M2 generációban eltűntek. A gamma-sugárzás a maghozamra is hatással van, a *Cenchrus setosus* Sw. esetében a 60 Gy erősségű dózis csökkentette a maghozamot (Hanna és Schwartz 2020).

A *Lilium* L. esetében alkalmazott gamma-sugárzás hatására módosult a levélszám és a klorofilltartalom (Hajizadeh 2022), míg *Echinacea purpurea* (L.) Moench esetében változott a virágszín, módosult a virágzat formája és növekedés volt tapasztalható a virágzat méretében, valamint a növény magasságában. Gamma-sugárzás hatására módosult a *Philodendron erubescens* (K. Koch & Augustin) 'Gold' növények mérete az elágazások száma és a levél színe is, amely alapot jelenthet egy új fajta nemesítésére (Karunananda 2021).

Camellia sinensis (L.) esetében az alkalmazott alacsonyabb sugárdózisok bár növelték a csírázási erélyt, a morfológiai bélyegek előnyös változást mutattak nagyobb növény-, levél- és virágméretben, azonban a magoncok öt hónapos korukban tömegesen elpusztultak, nagyobb dózisban a csírázóképeség csökkent (Singh et al. 2022). Astuti et al. (2020), ugyanilyen megfigyeléseket tett az *Adenium obesum* (Forssk.) Roem & Schult. esetében.

A vizsgálatok azt mutatják, hogy az alacsony dózisban alkalmazott gamma-sugárzás javítja egyes növények morfológiai és biokémiai tulajdonságait, míg a magvak csírázásának korai szakaszában végzett gamma-sugaras kezelések elősegítik az RNS és a fehérje szintézist, így fokozzák a magoncok növekedését, valamint növelik a sejtek oxidatív stresszel szembeni ellenálló képességét (Ulukapi és Nasircilar 2018).

A természeti környezetet alkotó abiotikus (élettelen) és biotikus (élő) tényezők nem csak biztosítják az élet feltételeit, hanem alkalmazkodásra is kényszerítik a különböző állati és növényi populációkat (Bhoi et al. 2022). A dísznövények esetében a biotikus stressz nevezhető meg a növénypusztulások leggyakoribb okaként, azonban ezt a genetikai kódok módosításával esetleg ki lehet védeni (Verma et al. 2022). A biotikus stresszfaktorok (kártévők és kórokozók) káros hatásainak elkerülésére stresszrezisztens növényfajták nemesítése egyre fontosabbá válik a jelenlegi mezőgazdasági rendszerben, ahol az idegenhonos fajok is komoly kártételt jelenthetnek a jövőben (Keller et al. 2011).

A különböző forrású stresszorok kivédésére, élettani folyamatok megváltoztatására a gamma-sugaras kezelések pozitív eredményt mutattak több növény esetében is. Az *Osmanthus fragrans* Lour. fajnál, mely kifejezetten érzékeny a sóstresszre, gamma-sugárzással elérhető egy sótolerancia, ami a dózis emelésével egyre jobban megmutatkozik. Ehhez valószínűleg hozzájárulhat az indukált prolin-felhalmozódás is. Ezen a változáson túl a sugárzás mérsékelte az MDA (melonaldid) szintet, amely összefügg a szuperoxid-diszmutáz (SOD), peroxidáz (POD) és kataláz (CAT) enzimek

aktivitásának jelentős növekedésével (Geng et al. 2019). Miri et al. (2019) vizsgálatai alapján *Musa L.* egyedekben *in vitro* körülmények között szintén megfigyelhető volt a gamma-sugárzás által kiváltott sótolerancia kialakulása. A *Paeonia* × *suffruticosa* esetében 30 Gy és 40 Gy erősségű gamma-sugárzás élettani és bikokémiai változásokat eredményezett, a kezelés hatására az antioxidáns enzimek, beleértve a szuperoxid-dizmutázt, a peroxidázt és a katalázt is fokozott aktivitást mutattak, egészen a 40 Gy sugárzási értékig. Ezen felül az összes oldhatófehérje-tartalom fokozatosan csökkent, míg a prolin- és malondialdehid-tartalom jelentősen nőtt (Wang et al. 2022). Ghani et al. (2019) eredményei alapján a *Gerbera jamesonii* Adlam 'Harley' fajtánál a gamma-sugárzás növelte a lisztharman-rezisztenciát. *Catharanthus roseus* (L.) G. Don. egyedek esetében a kallusz biomassa-növekedésére, a vinkrisztin- és a vinblasztin-tartalomra volt hatással a gamma-sugárzás *in vitro* körülmények között. Mujib és Sharma (2022) ugyanezen növényen végzett kísérletében a kallusznövekedés maximális volt 20 Gy sugárzásnál, azonban csökkent 100 Gy sugárerősségnél. Habibullah et al. (2022) *Dimocarpus longan* Lour. egyedeken végzett gamma-sugárzásos kezelést, mely hatással volt a morfológiai jellegekre, valamint a fotoszintézis sebességére is.

A *Rudbeckia hirta* L., mint genetikai forrás

A *Rudbeckia* nemzetség körülbelül 30, Észak-Amerikában honos fajból áll (Armitage 1997). A nemzetségen belül egynyári, kétéves és évelő fajokat egyaránt találunk (Perdue 1957). A *Rudbeckia hirta* L., egyéves faj, mely magába foglal diploid ($2n = 2x = 38$) és tetraploid ($2n = 4x = 76$) fajtákat egyaránt, amelyekre jó alkalmazkodóképesség, változatos virágszín és -forma jellemző, virágzási idejük pedig nyár közepétől kezdődően az őszi hónapokig tart. A *Rudbeckia* népszerű dísznövény, melyet sokszínűsége, alacsony karbantartási igénye, valamint hő- és szárazságtűrése miatt előszeretettel alkalmaznak zöldfelületi kiültetésekben (Palmer et al. 2009). A nemzetségen belül a *Rudbeckia hirta* is igen közkedvelt faj világszerte, melynek számos magyar fajtájával is találkozhatunk a zöldfelületeken. A 'Mackó', az 'Aranyálom', a 'Kokárdás', a 'Sárgarigó' és az 'Őszifény' számos hazai városban is fellelhető magyar fajták, melyeket Dr. Kovács Zoltán nemesített az 1980-as, 1990-es években a Kertészeti Kutatóintézetben, amely ma a MATE részeként működik (Kisvarga et al. 2018).

Ezek a fajták egyre nehezebben bírkoznak meg a jelenkori viszonyokkal – de még így is jobb az ellenállóképességük, mint a legtöbb, atlanti klímán nemesített egynyári fajtáknak – ennek oka pedig abban keresendő, hogy nemesítésük idején az akkori klímára nem voltak jellemzőek a hosszú nyári aszályos időszakok, és a több hétig tartó hóhullámok extrém magas hőmérsékleti értékekkel, továbbá számos betegség nem volt jelen azokban az évtizedekben, például nem volt jellemző a fitoplazma, vagy a lisztharman nagymértékű fertőzése. A környezeti kihívásoknak való megfelelően túl, de ezzel mégis együtt a piaci igények kielégítésére való törekvés is a nemesítés meghatározó tényezője, hiszen ez a szegmens a kompakt, sok virággal rendelkező, ellenálló, különleges virágszínű- és virágformájú változatokat részesíti előnyben. Ezek mellett plusz tényezőként érdemes említést tenni a zöldfelületi telepítésekkel szemben támasztott igényekről (Hillová et al. 2014). Ezeket az igényeket azonban a régi *Rudbeckia hirta* fajták már csak részben tudják kielégíteni, így szükségessé válik az új fajták nemesítése, a jelenlegi fajtakinálat kiegészítése.

A *Rudbeckia hirta* esetében díszkertészeti szempontból az interspecifikus hibridizáció és az indukált poliploidia jelentősebb módszerek, azonban Oates et al. (2012) eredményei alapján a diploid és a tetraploid egyedeket összehasonlítva az indukált poliploidia szignifikánsan csökkentette az áttelelési

képességet a növényekben, ami nem kívánt tulajdonságként jelenik meg, ha rövid életű évelőként kerülnek alkalmazásra. Ezt azonban a mutációs nemesítés új alapokra helyezheti, így a szelekciós nemesítéssel előállított *Rudbeckia hirta* 'Őszifény' fajta törzseinek gamma-sugárral való kezelése megfelelő módszer lehet a genetikai variabilitás növelésére és így a változó igények kielégítésére.

A kísérletben alkalmazott *Rudbeckia hirta* egyedek több éven keresztül zajló szelekciós nemesítése után különböző gamma-sugárdózissal lettek kezelve, melyeknél az M1 és M2 nemzedéket vizsgáltuk. A vizsgálatok során választ kerestünk arra a kérdésre, hogy az alkalmazott sugárdózisok milyen hatással vannak a fajtára, a változások előnyös és gyakorlatban is alkalmazható formában jelennek-e meg. A kezelések eredményeként olyan dózis értékek meghatározására törekedtünk, amelyek a jövőben további, célzott vizsgálatok alapját képezhetik, ezek minél pontosabb meghatározásához morfológiai és a fiziológiai felméréseket végeztünk, különös figyelmet fordítottunk az M1 és M2 nemzedékek között mutatkozó különbségeknek, valamint az egyazon nemzedékhez tartozó, de eltérő sugárdózisok által előidézett változásoknak. Célunk a megfelelően alkalmazható sugárdózisok és növénycsoportok (fajtajelöltek) kiválasztásán túl a nemesítési program folytatása, így a jelenlegi klímával és az ezzel együtt fellépő abiotikus és biotikus stresszhatásokkal szemben is ellenálló fajták létrehozása, továbbá a gamma-mutációs nemesítés folyamatának mélyebb megismerése is.

Anyag és módszer

Vizsgált növényanyag

A kísérletben a *Rudbeckia hirta* 'Őszifény' (R-12) magyar nemesítésű egynyári dísznövényfajta 5. számú szelekciós törzsét alkalmaztuk. Az 'Őszifény' fajta gazdag génvariabilitással rendelkezik, ez indokolta az R-12 törzs vizsgálatokba való beemelését. A *Rudbeckia hirta* 'Őszifény' (R-12) (1. A ábra) kifejlett magassága 50-70 cm, levelei tojásdadok, erősen szerteszörösek, a habitusa bokros, a virágszint aranysárga alapon barna és bordó bemosódások jellemzik. A virágzása július és október között zajlik. Az 5. törzs (továbbiakban R-12/5) 4 éves szelekció eredménye, mely az alapfajtához hasonlít, de habitusa kompaktabb (50-60 cm), nagyobb virágzatszámmal rendelkezik, a bordó és barna bemosódások intenzívebbek, erősebbek, gyakran az egész szirmot befedik, így a sárga szín nem jelenik meg (1. B ábra).

1. A ábra. *Rudbeckia hirta* 'Őszifény' fajta állományban (2021, Magyarország) 1. B. ábra. A *Rudbeckia hirta* 'Őszifény' 5. törzsének változata

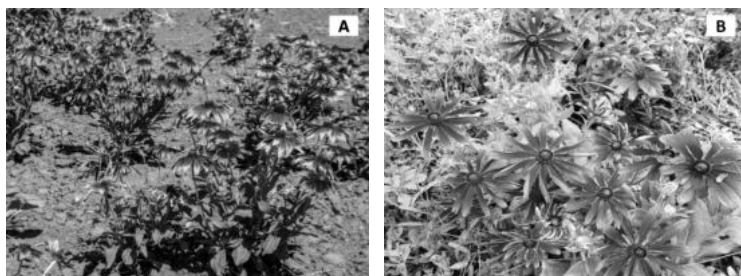


Fig 1. A: *Rudbeckia hirta* 'Őszifény' in planting (2021, Hungary) Fig 1. B. Variant of strain 5.

Rudbeckia hirta 'Őszifény'

Gamma-sugár kezelés

A vetőmagok kezelése gamma-sugarakkal a *Seibersdorfi Plant Breeding and Genetics Laboratory* állomáson zajlott 2021-ben és 2022-ben, ahol a magok eltérő dózisban kaptak besugárzást (1. táblázat), ennek hatásait az M1 és M2 nemzedékeken vizsgáltuk. Az M2 nemzedék besugárzott magvaiból származó növényekről 2021-ben fogtunk magot, majd 2022-ben ezekből neveltünk növényeket.

1. táblázat. Sugárdózisok évenkénti és nemzedékenkénti bontásban

Év	Dózis	Nemzedék
2021	5 Gy	M2
2021	10 Gy	M2
2021	30 Gy	M2
2022	30 Gy	M1
2022	45 Gy	M1

Table 1. Radiation doses by year and generation

Mikroszkópi felvételezés eszközei

A magvizsgálatokat Delta Opical SZ-450T típusú trinokuláris sztereomikroszkóppal végeztük, mely 10-45x-ös fokozatmentes nagyítással (zoom) rendelkezik. A fénymikroszkópos vizsgálatokhoz Euromex bScope BS.1153-PLi mikroszkópot használtunk, melynél a levélkeresztmetszet esetében PLi 4/0.1 okulárt és WF120x/20 szemlencsét alkalmaztunk. A levélkeresztmetszetek metszését kézi, szánkás mikrotómmal, míg a szárkeresztmetszet készítése kézi metszéssel, szikével történt.

Levél- és szárkeresztmetszet készítése és fénymikroszkópos vizsgálata

Kezelésenként 15 levelet szedtünk random, csoportonként, teljes virágzáskor. A levelek kifejtettek voltak, de még nem idultak öregedésnek. Minden levélen végeztünk mikroszkópos vizsgálatot és az adott csoportnál végbement, jellemző változásokat mutattuk be egy-egy levélen, amely mutatja a csoportnál megfigyelt jellemzőket.

A levélkeresztmetszet esetében a mikrotómmal elmetszett mintát a késről puha, nedves ecset segítségével emeltük át egy vízzel feltöltött óraüvegbe. Az egy levélhez tartozó minták lemetszése után ezeket nedves, puha ecsettel emeltük át a tárgylemezre, ezt követően erre vizet cseppentve, fedőlemezzel lefedve vizsgáltuk a mikroszkóp alatt. A kezelt és kontroll növények esetében is a levél több pontjáról készült keresztmetszet, melyet fénymikroszkóp alatt vizsgáltunk és fotóztunk, mely során a másodlagos vastagodásokat és elváltozásokat kerestük és vizsgáltuk. A szárat hagyományosan, manuális módon, szikével metsztük, majd tárgylemezre helyeztük és vizet cseppentettünk rá, fedőlemezzel lefedve a mikroszkóp alatt vizsgáltuk és készítettük a fényképeket.

Magok sztereomikroszkópos vizsgálata

A magok morfológiai vizsgálatához minden csoport esetében egy virágzatot gyűjtöttünk be. A magvesztés elkerülése érdekében papírtasakot húztunk a virágzatra, elköttük, majd levágtuk a

szárról. Ezután a tasakban végeztük a lemorzsolást. Az így gyűjtött mintákat sztereomikroszkóp alatt tisztítottuk a növényi törmeléktől, majd megszámláltuk. Az összmagszám meghatározását követően szétválogattuk a léha és az egészséges magokat, melyeket szintén megszámláltunk. A magokat a sztereomikroszkóp alatt kétféle nagytással vizsgáltuk, hogy az egyes csoportok közötti méret és felületbeli különbségek jól láthatóvá váljanak.

Levél szőrözöttségének sztereomikroszkópos vizsgálata

A morfológiai felmérés során nagyfokú különbség jelentkezett a levélfelület szőrözöttségét illetően, így ennek számszerűsítéséhez a levél fonáki részének főerét bázispontként alkalmazva végeztük el a trichomák számlálását, mivel a fonáki oldalon a trichomák jobban kirajzolódtak. A fonáki részről készült kép alapján, az egyes trichomák jelölésével, manuálisan történt a számlálás. Ezen felül a levélszél szőrözöttségéről is készült felvétel.

Fiziológiai vizsgálatok

Klorofill- és karotinoidtartalom-mérés

A fiziológiai vizsgálatok megkezdéséig műanyag, simítózáras tasakban, mélyhűtőben tároltuk a levélmintákat. A klorofill és karotinoid vizsgálathoz minden csoportból 3×100 mg levélmintát mértünk ki, ezeken végeztük el a méréseket Helrich (1990) módszere alapján. A levélmintákat dörzsmozsárban, kevés kvarchomokkal eldörzsöltük, majd a péppé morzsolts anyagot mérőhengerbe töltve 5 ml-re hígítottuk, 80%-os acetone oldattal. Az ily módon készített mintát paraffinnal lezártuk, majd 24 órán át 4°C -on ülepítettük. Az üledést követően pipetta segítségével kivettába töltöttük a minta felülúszóját, majd Genesys 10vis típusú spektrofotométerrel 480, 644 és 663 nanométer hullámhosszon mértük az oldat fényelnyelését. Az így kapott eredményekből a klorofillmennyiség a klorofill (a+b) $\mu\text{g/g} = (20,2 \times A_{644} + 8,02 \times A_{663}) \times V/w$, míg a karotinoid mennyiség a $\mu\text{g/g} = (5,01 \times A_{480}) / w$ képlettel számolható ki, ahol a V = szövetkivonat mennyisége (5ml), w = a szövet tömege (0,1 g) és A = abszorbancia.

Peroxidázenzim-aktivitás mérése

A III. osztályú peroxidáz-izofomák (POD; EC 1.11.1.7) aktivitását Rao et al. (1996) és Solti et al. (2016) módszere alapján mértük. A vizsgálat során 500 mg fagyasztott levélmintát, egy csoportot több levélből keverve, 1 ml 50 mM Na-K-foszfát puffer, pH 7,0, 1,0 mM EDTA, 0,1% (w/V) Triton X-100 izoláló pufferrel homogenizáltuk és $20\,000 \times g$, 20 percig 4°C -on centrifugáltuk. A felülúszót 5 mM Tris-HCl, pH 6,8; 0,01% (m/V) SDS, 10% (V/V) glicerin és 0,001% (m/V) brómfenol-kékben oldottuk fel.

A fehérjét 10-18%-os gradiens poliakrilamid géleken választottuk szét Solti és munkatársai (2016) módszere szerint. A POD-aktivitást 50 mM acetát pufferben, pH 4,5, 2 mM benzidin és 3 mM H_2O_2 mellett generáltuk, majd az enzimaktivitást 50%-os (V/V) metanolban szüntettük meg. Az Epson Perfection V750 PRO gélszkennelrel történő digitalizálást követően a sűrűségeket és a retenció faktorokat (Rf) Phoretix v 4.0 (Phoretix International, Newcastle upon Tyne, Egyesült Királyság) segítségével mértük. A POD-aktivitást a Sárvári et al. (2022) szerint meghatározott összes fehérjetartalom alapján normalizáltuk.

A légszennyezettségi tűrési index kiszámítása (APTI)

A légszennyezettség szintjét a növények közvetett reakcióit vizsgálva a légszennyezettség-tűrési index (*Air Pollution Tolerance Index*, továbbiakban APTI) segítségével fejezhetjük ki (2. táblázat). Az APTI magas értékei alacsony érzékenységet jeleznek, míg az alacsony APTI értékkel rendelkező fajok biológiai szennyezettségi indikátoroknak tekinthetők (Molnár et al. 2020a,b; Simon et al. 2021). Az APTI-értékeket a levelek aszkorbinsavtartalma mg g^{-1} -ben (A), teljes klorofilltartalma mg g^{-1} -ben (T), a levélkivonat pH-ja (P) és relatív víztartalma (R) alapján számították ki. E paraméterek felhasználásával a Singh és munkatársai (1991) által javasolt $\text{APTI} = [A \times (T+P) + R] / 10$ egyenletet alkalmaztuk az eredmények megállapítására.

2. táblázat. Fajok kategorizálása APTI értékek alapján

Ganguly et al. (2017)	APTI kategóriák	Singh et al. (1991)
<1	Kifejezetten érzékeny	<14
1-16	Érzékeny	15-19
17-29	Közepesen érzékeny	20-24
30-100	Toleráns	>24

Table 2. Categorization of species based on APTI values

Az aszkorbinsavtartalmat redoxi titrálási módszerrel mértük, ahol 2 g levélszövetet összezúrtunk és 3-4 részhez 50 ml vizet adva homogenizáltunk, majd összegyűjtöttük a kivonatot, és 100 ml-re feltöltöttük mérőlombikokban. Ebből a kivonatból először a levél pH-értékét mértük meg digitális pH-mérővel. A pH-mérés után a minta 20 ml-es adagjait háromszorosan titráltuk 0,0025 molos jódooldattal 1 ml 0,5 %-os keményítőoldatban, mely során a kék szín 20 másodpercig megmaradt. A klorofilltartalmat körülbelül 50 mg friss levélből 5 ml 96%-os etanol segítségével extraháltuk. A kivonatok abszorbanciáját 653, 666 és 750 nm-es hullámhosszon mértük spektrofotometriás elemzéssel. A teljes klorofilltartalmat (T) a $T (\text{mg g}^{-1}) = (17,12 \times E_{666} - 8,68 \times E_{653}) \times V/m \times 1000$ egyenlettel számoltuk ki, ahol a V a levélkivonat térfogata (ml), m a levélminta friss tömege (g), E_{666} és E_{653} pedig a 666 nm-en és 653 nm-en mért abszorbancia és a 750 nm-en mért abszorbancia különbsége.

A relatív víztartalom meghatározásához megmértük az egyes levelek friss tömegét (FW), majd a leveleket egy éjszakára vízbe merítettük, ezt követően a turgid tömeg (TW) meghatározásához ismét megmértük őket. Végül a leveleket 70 °C-os kemencében szárítottuk meg a száraz tömeg (DW) meghatározásához. A relatív víztartalmat (R) a $R(\%) = (FW - DW)/(TW - DW) \times 100$ egyenlettel számoltuk ki.

Statisztikai kiértékelés

Az eredményeink feldolgozását, összehasonlítását és mérhető eltéréseinek vizsgálatát IBM SPSS Statistics 26 programmal végeztük, az ANOVA módszerét használva. A normális eloszlás teljesülése érdekében az adatbázis egy részén (friss gyökértömeg, friss zöldtömeg, száraz gyökértömeg, száraz zöldtömeg) adattranszformációt végeztünk a winszorizáció módszerét alkalmazva. A mért adatok elemzése minden esetben 95%-os megbízhatósági (szignifikancia) szint mellett történt. A Levene-próbát kiértékelve, ha a Sig. > 0,05, akkor Tukey, ha pedig Sig. < 0,05 Games-Howell post-hoc tesztet alkalmaztunk.

Eredmények

Morfológiai változások

Levélkeresztmetszet

A mintaszedés teljes virágzás ideje alatt történt, amely magyarországi klímaviszonyok mellett nyár második felében zajlik. Ebben az állapotban több egyed esetében a levélzet már kezd előregedni, mely jól látható a 2. ábrán, ahol bár az epidermisz sejtjei szorosan illeszkednek, az alapszöveti sejtek épek, mégis megszakad a szivacsos parenchima és klorofillhiányos foltok kezdenek kialakulni. Az 5 Gy M2 állomány levélkeresztmetszeti felvételein (2.B ábra) is szembeűnik mindez, az epidermisz alatti sejtek eliminálódtak, de a megfigyelhető sejt sorok ennek ellenére szorosabban illeszkednek, mint a kontroll csoport esetében. A nagyobb dózissal kezelt 30 Gy M1 csoport (2.E ábra) esetében elmondható, hogy az M1 állományok közül ez a csoport mutatja a legstabilabb szöveti rendeződést: sejtjei egyenletesek, sejtfaik zártak, vakuólum nem alakult ki. Az alapszövet szivacsos- és oszlopos parenchimája egyenletes, klorofillban gazdag. A 30 Gy M2 csoportban (2.D ábra) látszódik a friss besugárzás hatása: a levélkeresztmetszet szöveti felépítése nem rendezett, az epidermisz sejtjei vékonyak, az alapszöveti állomány néhol roncsolt, de még így is komplexebb képet mutat, mint a kontroll csoport (2.A ábra) esetében. A 45 Gy M2 csoport (2.F ábra) felvételei alapján valószínűsíthető, hogy ez a dózis már igen közel van a maximálisan használható értékhez, ugyanis a sejtek már kisebbek, de a sejtfa erős és az epidermisz sejt sorai rendezettek. A 45 Gy M2 csoport mutatja a leginkább szabályos sejtrendeződést a vizsgált csoportok közül: az epidermisz és az oszlopos parenchima sejtjei rendezettek, vakuólumok és sejtelhalás sem figyelhető meg. A levélhisztológiai kiértékelés eredményeire vonatkozóan elmondható, hogy a sugárzás hatással volt a levél szerkezetére, annak hatásai a hisztológiai felmérés során megmutatkoztak.

2. ábra. *Rudbeckia hirta* gamma-sugár-kezelt levélkeresztmetszeti ábrái: A – Kontroll, B – 5GY M2, C – 10 GYM2, D – 30GY M2, E – 30 Gy M1, F – 45GY M1. Rövidítések az ábrán: ep – epidermisz; cp – oszlopos parenchima; bt - alapszövet

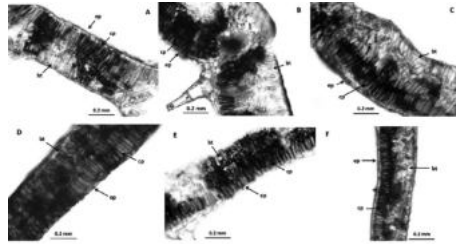


Figure 2. Leaf cross-samples of *Rudbeckia hirta* with gamma radiation treatment: A – Control, B – 5GY M2, C – 10 GYM2, D – 30GY M2, E – 30 Gy M1, F – 45GY M1. The abbreviations shown in the pictures mean the following: ep—epidermis; cp—columnar parenchyma; bt—basal tissue

Szárkeresztmetszet

A gamma-sugárzás hatása minden kezelt csoportnál érzékelhető, továbbá a levélkeresztmetszeteknél tapasztalt elváltozásokkal átfedést mutatnak (3. ábra). A kontroll csoport esetében (3.A ábra) megfigyelhető, hogy a másodlagos megvastagodás mértéke nem jelentős, bár az epidermisz erős, az az alatti sejtsor vastag, a sejtek épek, a bélszövet sejtjei viszont nem alkotnak erős, elhatárolható szövetcsoportokat, a bélsugár központi része hiányzik. A M2 állományoknál (3.B, C, D. ábra) szintén hiányzik a bélszövet központi része, viszont a másodlagos megvastagodás mértéke jóval erősebb, s ez a sugárdózis növekedésével egyenesen arányos. Az M1 állományok esetében (3.E, F ábra) ez a hatás még erősebben megjelenik, szintén a sugárdózis növekedésével egyenes arányban, azonban itt már a központi bélszövet sejtjei épek, a sejtek nagy része erős sejtfallal rendelkezik, az epidermisz megvastagodott, sejtjei erősek, az alapszöveti állomány egyes szövetei és sejtcsoportjai markánsan elkülönülnek egymástól.

3. ábra. *Rudbeckia hirta* gamma-sugár kezelt szárkeresztmetszeti jellegzetességei: A – Kontroll, B – 5GY M2, C – 10 GYM2, D – 30GY M2, E – 30 Gy M1, F – 45GY M1. Rövidítések az ábrán: ep – epidermisz; st – másodlagos vastagodás; it – bélszövet

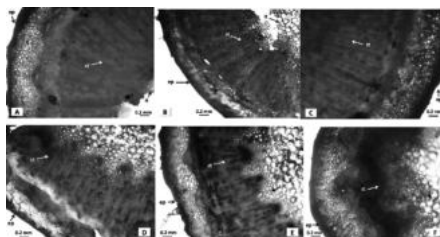


Figure 3. Stem cross-samples of *Rudbeckia hirta* with gamma radiation treatment: A – Control, B – 5GY M2, C – 10 GYM2, D – 30GY M2, E – 30 Gy M1, F – 45GY M1. The abbreviations shown in the pictures mean the following: ep—epidermis; st—secondary thickening; it—internal tissue.

Trichómák

A trichómák elrendeződése, számának változása fontos, mégis egyszerűen felmérhető morfológiai bélyeggé válhat a gamma-sugárkezelés hatásainak megfigyelése szempontjából. A vizsgált R-12/5 törzs esetében a csoportok között jelentős eltérés mutatkozik a trichómák számában és méretében egyaránt. A kontroll csoport esetében (4.A ábra) a trichómák a levélfonák főerén egyenletes hosszúságúak, azonban vékonyak, a kezelt állományoknál már más tulajdonság jellemzi őket. Az M2 állományok esetében a trichómák számában csökkenést tapasztalhatunk az 5 Gy (4.B ábra) dózis esetén, de a 10 Gy (4.C ábra) és 30 Gy (4.D ábra) dózisok mellett bár számuk csökkent, vastagabbak lettek. Az M1 állományokat vizsgálva a trichómák száma a 30 Gy (4.E ábra) és 45 Gy (4.F ábra) dózisoknál megnövekedett, a 45 Gy dózisonál a hosszuk is növekedett. Figyelemre méltó, az M2 és az M1 állományok közötti markáns differencia, ugyanis a 30 Gy M2 csoportnál a trichómák jóval egyenletesebbek és erősebbek, mint az M1 30 Gy csoport esetében.

4. ábra. *Rudbeckia hirta* gamma-sugár kezelt trichomái: A – Kontroll, B – 5GY M2, C – 10 GYM2, D – 30GY M2, E – 30 Gy M1, F – 45GY M1. Rövidítések az ábrán: tr – trichoma

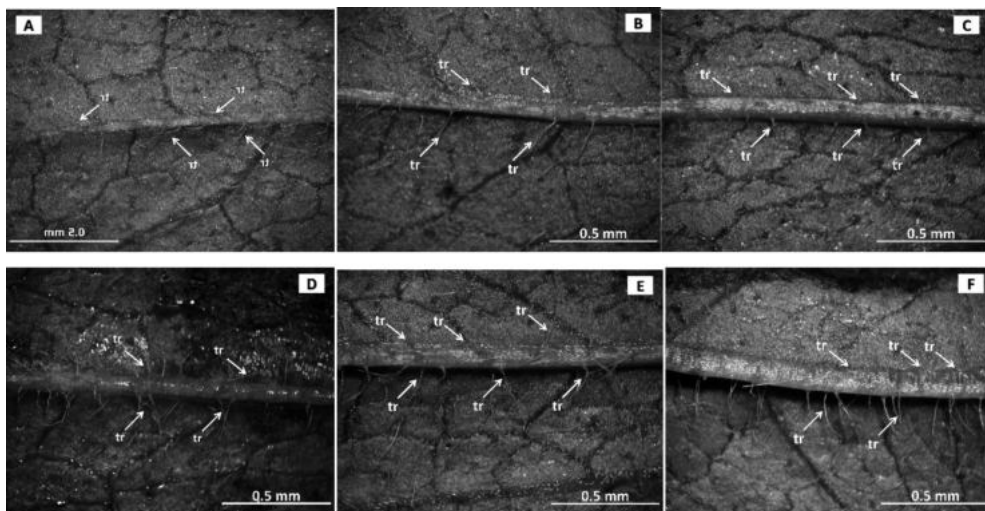


Figure. 4. Trichomes of *Rudbeckia hirta* with gamma radiation treatment: A – Control, B – 5GY M2, C – 10 GYM2, D – 30GY M2, E – 30 Gy M1, F – 45GY M1 The abbreviation shown in the pictures means the following: tr – trichomes

Terméshosszúság

A terméshosszúság mérési eredményeinél szintén tapasztalható a gamma-sugárzás hatása, ugyanis míg a kontroll csoport esetében az átlagos maghosszúság 1,04 mm volt jellemző igen sok léha maggal (5. ábra), addig a gamma-sugárral kezelt csoportokban a termések egészségesek és egyöntetűek voltak, értékük 2,046 mm és 2,295 mm között változik.

5. ábra. Terméshosszúság változása gamma-sugárzás hatására *Rudbeckia hirta* növényeken. Az eltérő betűk szignifikánsan eltérő csoportokat jelölnek (Tukey, $p > 0,05$). $p = 0.000$

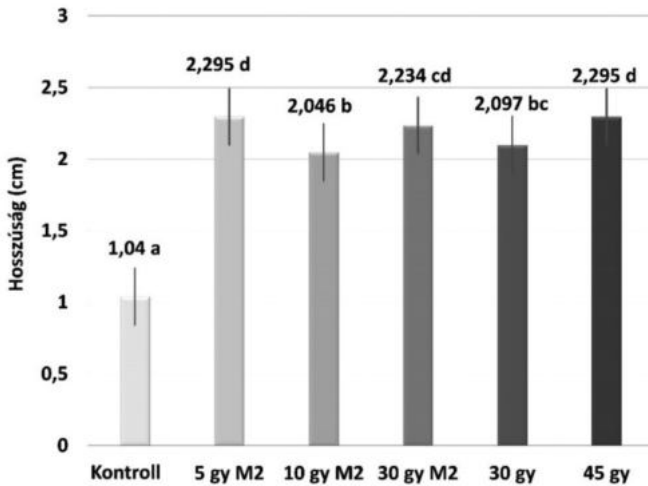


Figure. 5. Crop length of *Rudbeckia hirta* with gamma radiation treatment. Different letters indicate significantly different groups (Tukey, $p > 0.05$). $p = 0.000$

A kezelt csoportok között több esetben volt megfigyelhető szignifikáns különbség. A legnagyobb átlagos terméshosszúsággal az 5Gy M2 csoport rendelkezett (2,295 cm), a legalacsonyabbal pedig a 10 Gy M2 csoport (2,046 cm).

6. ábra. *Rudbeckia hirta* gamma-sugárzással kezelt termései: A – Kontroll, B – 5GY M2, C – 10 GYM2, D – 30GY M2, E – 30 Gy M1, F – 45GY M1

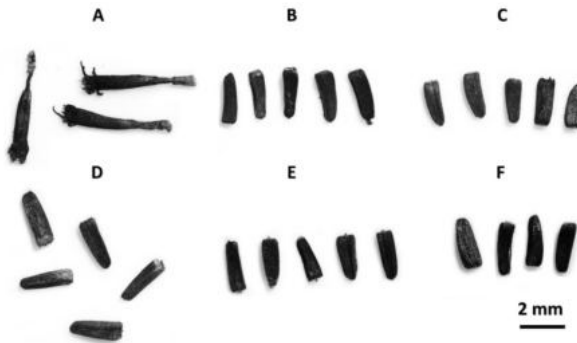


Figure. 6. Fruits of *Rudbeckia hirta* with gamma radiation treatment: A – Control, B – 5GY M2, C – 10 GYM2, D – 30GY M2, E – 30 Gy M1, F – 45GY M1

Fiziológiai eredmények

A klorofill- és karotinoidtartalom méréseket, valamint a peroxidáz enzim aktivitás vizsgálatát prolinméréssel is kiegészítettük, azonban ez nem hozott statisztikailag igazolható eredményt, így ennek eredményeit nem közöljük.

Klorofill- és karotinoidtartalom

A klorofilltartalom vizsgálat során több esetben szignifikáns különbségeket mutattak az eredmények (7. ábra). A legalacsonyabb a 10 Gy M2 csoport átlagos klorofilltartalma volt (1,031 μg), míg a legmagasabb klorofilltartalommal a 30 Gy M1 csoport rendelkezett (1,614 μg), ezektől statisztikailag igazolt különbséget mutattak a 30 Gy M2 (1,324 μg) és a 45 Gy M1 (1,259 μg) csoportok klorofilltartalom értékei.

7. ábra. Átlagos klorofilltartalom gamma-sugár kezelt *Rudbeckia hirta* növényekben. Az eltérő betűk szignifikánsan eltérő csoportokat jelölnek (Tukey, $p > 0,05$). $p = 0,000$

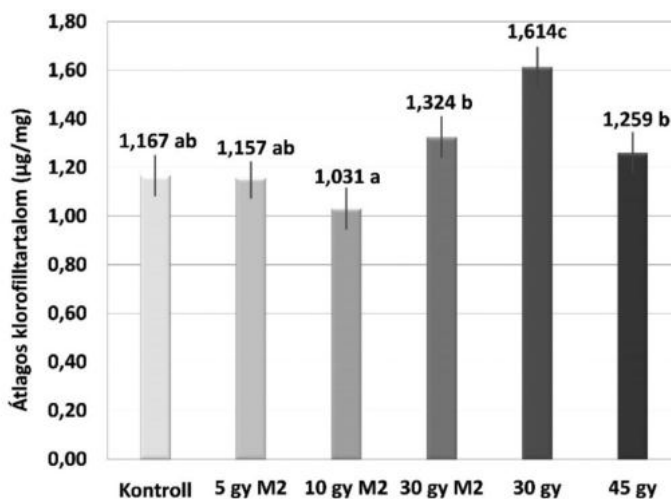


Figure 7. Average chlorophyll content of *Rudbeckia hirta* with gamma radiation treatment. Different letters indicate significantly different groups (Tukey, $p > 0,05$). $p = 0,000$

Ezen eredményekkel analógiát mutatnak a karotinoidtartalom mérés eredményei is (8. ábra), ahol a 10 Gy M2 csoportban volt mérhető a legalacsonyabb karotinoidtartalom (0,020 μg), amely statisztikailag elkülönül az egyéb mérési csoportok eredményeitől. A legmagasabb karotinoidtartalom a 30 Gy M1 csoportnál volt mérhető (0,029 μg), a további csoportok értékei ezek között változnak.

8. ábra. Gamma-sugár kezelt *Rudbeckia hirta* átlagos karotinoidtartalma. Az eltérő betűk szignifikánsan eltérő csoportokat jelölnek (Tukey, $p > 0,05$). $p = 0,001$

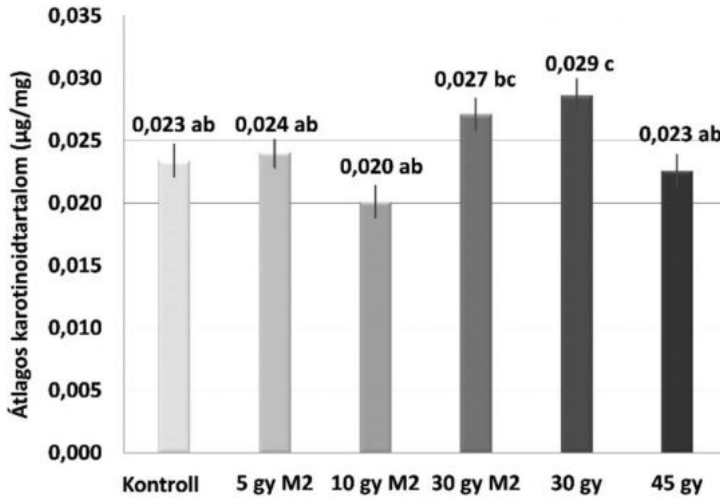


Figure 8. Average carotenoid content of *Rudbeckia hirta* with gamma radiation treatment. Different letters indicate significantly different groups (Tukey, $p > 0.05$). $p = 0.001$

POD-aktivitás

Az elválasztás és a POD-aktivitás festése négy izoforma elkülönítését tette lehetővé (9.A ábra), amelyeket az R_{fI} : 0,028; R_{fII} : 0,386; R_{fIII} : 0,431; és R_{fIV} : 0,473 retenciós faktorok reprezentáltak. Az R_{fI} alacsony penetrációt mutatott az elválasztó gélfázisban, sőt, viszonylag stabil ábrázolást mutatott, ezért inkább tekinthető izoformának, mint nem szolubilizált anyagnak. A minták többségében az R_{fI} : 0,028; és az R_{fIV} : 0,473 képviselte a domináns POD-aktivitású izoformákat. A 10 Gy M2 és 30 Gy M2 mintákban azonban az R_{fIV} : 0,473 aktivitása alulreprezentált volt a többi POD izoformához képest, ami negatívan befolyásolta az összes POD aktivitást is. A kontrollhoz képest minden vizsgált minta csökkent teljes POD-aktivitást mutatott (a különbségek szignifikánsak, $P < 0,05$). A kezelt minták közül a 30 Gy M1 mutatta a legmagasabb teljes POD-aktivitást. Ami a POD izoformák aktivitási arányait illeti, az $R_{fI,0,028}/R_{fI,0,386}$ arány szignifikánsan nőtt az 5 Gy M2, a 10 Gy M2 és különösen a 45 Gy M1 esetében a kontrollhoz képest. Ezért elmondható, hogy a kezelt mintákban a teljes POD-aktivitás csökkenését az izoformák aktivitási mintázatának eltolódása is befolyásolta (9.B ábra).

9. A ábra. A III. osztályú peroxidázok izoformáinak elkülönítése *Rudbeckia hirta* mintákban:
 1 - Kontroll; 2 - 5 Gy M2; 3 - 10 Gy M2; 4 - 30 Gy M1; 5 - 30 Gy M2; 6 - 45 Gy M1.
 Az aktivitásfestéssel azonosított izoformák római számokkal vannak jelölve: I – $R_{f,0.028}$;
 II – $R_{f,0.386}$; III – $R_{f,0.431}$ és IV – $R_{f,0.473}$

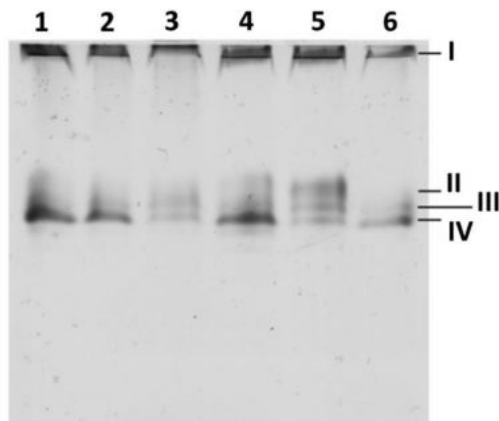


Figure 9. A. POD-1. Separation of the isoforms of class-III peroxidases in *Rudbeckia* samples:
 1 – Ctrl; 2 – 5 Gy M2; 3 – 10 Gy M2; 4 – 30 Gy M1; 5 – 30 Gy M2; 6 – 45 Gy M1.
 Isoforms identified by activity staining are indicated in Roman numbers: I – $R_{f,0.028}$;
 II – $R_{f,0.386}$; III – $R_{f,0.431}$; and IV – $R_{f,0.473}$.

9.B ábra. Teljes POD aktivitás *Rudbeckia hirta* növényekben. Az eltérő betűk szignifikánsan eltérő csoportokat jelölnek (Tukey–Kramer, $p < 0,05$)

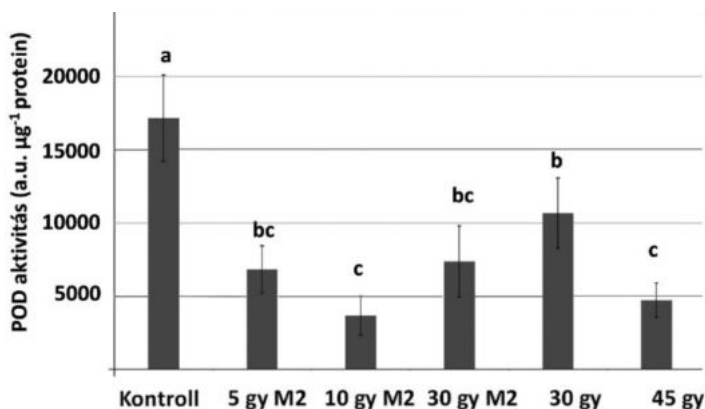


Figure 9.B. Total POD activity in *Rudbeckia hirta* samples. Letters indicate statistical groups (Tukey–Kramer, $p < 0.05$)

A légszennyezettségi tűrési index (APTI)

Az APTI értékek sem a Ganguly et al. (2018), sem pedig a Singh et al. (1991) által létrehozott skálán megjelenítve sem mutatnak a csoportok között szignifikáns különbséget, de az APTI érték skálák segítségével mégis bemutatathatóvá váltak az eredmények. Minden vizsgált csoport mindkét skála alapján *intermediate* kategóriába sorolható be, azonban a konkrét APTI értékek alapján elmondható, hogy az M2 nemzedék esetében a magasabb dózissal kezelt csoportok városi stressztoleranciája a kontroll és az M1 nemzedékhez képest növekedett. Az 5 Gy M2 csoport értéke 18, míg a 10 Gy M2 értéke 22, a 30 Gy M2 értéke 20, ezzel szemben az M1 generáció APTI-értékei 17-et és 18-at mutatnak (3. táblázat).

3. táblázat. APTI értékek elkülönülése egyes kezelt csoportok esetében. Táblázatban szereplő rövidítések: RWC – Relatív víztartalom, AAC – Aszkorbinsav koncentráció, APTI - Légszennyezettség-tűrési index

Csoport	RWC	AAC	pH	Klorofill	APTI	Ganguly et al. (2017)	Singh et al. (1991)
Kontroll	76,87	4,24	8,39	15,12	18	intermediate	intermediate
5 GY M2	93,33	3,25	8,55	18,74	18	intermediate	intermediate
10 GY M2	154,18	2,21	8,42	20,54	22	intermediate	intermediate
30 GY M1	74,37	3,59	8,49	25,77	20	intermediate	intermediate
30 GY M2	70,56	3,69	8,76	21,56	18	intermediate	intermediate
45 GY M1	83,77	3,38	8,26	17,68	17	intermediate	intermediate

Table 3. Separation of APTI values for treated groups The abbreviations shown in the table means the following: RWC – relative water content, AAC - Ascorbic acid concentration, APTI - Air Pollution Tolerance Index

Összefoglalás

A *Rudbeckia hirta* gamma-sugrázásos kezelésével végzett munkánk során arra kerestük a választ, hogy az általunk létrehozott nemesítési alapanyag, az R-12/5 törzs alkalmas-e ilyen jellegű kezelésre, és amennyiben igen, a nemesítési folyamat elősegíthető-e ezzel. A méréseinket két egymást követő generációból származó, különböző dózissal besugárzott vetőmagokkal végeztük, így a két generáció közötti különbségeket is tudtuk értékelni. A besugárzás hatásait hisztológiai és fiziológiai módszerekkel egyaránt mértük és értékeltük, ennek során az egyes sejtekre, szövetekre, szervekre gyakorolt hatásáról, továbbá a növényt érő stressz-szint mértékéről (POD, APTI) is átfogó képet kaphattunk.

A vizsgálatok során megállapítottuk, hogy a vetőmagvak kezelése megfelelő módszer lehet a nemesítési folyamatokban, ahogyan ezt Oladosu et al. (2016) is leírta. A kezelt csoportok mindegyikénél tapasztalható volt egyes fenotipikus tulajdonságok változása, amely az M2 generációban is több esetben kitűnt, ez összefüggésben áll Beyaz és Yildiz (2017) megállapításaival. A levél- és szárkeresztmetszet elváltozásai azt mutatták, hogy a sugárdózis növelésével a levél és a szár is hosszabb ideig megőrzi szöveti fiatalságát, így a szár bélszövetének központi tengelye kisebb mértékben vagy nem üreges, az epidermisz és a dermisz sejtjei erősebbek, a sejtfalak egyöntetűek, a szárban pedig a másodlagos megvastagodás mértéke a dózis emelésével erősödik. Ezek a változások az M2 generációban is megjelentek, azonban kevésbé markánsan. Ezek a megállapítások egybeesést mutatnak Susila et al. (2019), Hu et al. (2020), valamint Li et al. (2022) eredményeivel.

A levélkeresztmetszeten látható oszlopos parenchima kloroplasztiszokkal teli sejtcsoportjai egyértelműen szoros összefüggést mutathatnak a klorofill- és karotinoidtartalom értékeivel. Ezt az analógiát részben igazolja, hogy a legkisebb klorofill és a karotinoidértékeket a 10 Gy M2, míg legnagyobbat 30 Gy M1 csoport mutatta. A gamma-sugárzás magasabb dózisaik irányba befolyásolták a klorofill- és karotinoidtartalmat, melyek a növények vitalitásának és jó stressztűrő képességének meghatározó alapjai. Ezzel összefüggésben meg kell említeni, hogy a 30 Gy M2 és a 45 Gy M1 csoportoknál mért klorofill- és karotinoidtartalom – bár nem mutatott statisztikai különbséget a mért csoportok legnagyobb részével – magas értékű volt.

Az R-12/5 törzs esetében megállapítottuk, hogy a 30 Gy és a 45 Gy dózisok hatékonyabbnak tekinthetők, mint az alacsonyabb dózisok, ez ellentmond Li et al. (2022) eredményeivel, akik *Tulipa* hagymáknál a 20 feletti dóziserősséget már gátló hatásának találták több morfológiai és élettani folyamatra is. Áttelelő szervvel rendelkező évelő növényeknél az optimális dóziserősség magasabb volta lenne feltételezhető. Ennek következtében Rêgo és Rêgo (2018) megállapításaival sem állíthatók párhuzamba eredményeink, ami részben magyarázható a magasabb dózissal kezelt csoportoknál tapasztalható trichóma sűrűségével, hiszen ezeknek nagy szerepük van a növények nagyobb vitalitási képességeinek megőrzésében. A besugárzást kapott csoportok levélfonáki főerein a trichómák mennyisége és hossza egyaránt változott, ez a változás a magasabb dózisoknál (30 Gy és 45 Gy) jelentősebb, míg a generációkat vizsgálva az M2 generációnál egyenletesebb megjelenést mutattak. A trichómák minden kezelt csoportnál erőteljesebbek voltak a kontrollhoz viszonyítva, ez pedig összefüggésben állhat a növények jobb szárazságtűrésével és klímaturésével, amelyek kiemelt nemesítési célok és szempontok. Erre világít rá Bhoi et al. (2022) megállapítása is, miszerint a stressz-rezisztens növényfajták nemesítése igen fontossá válik a jelenlegi mezőgazdasági rendszerben.

A gamma-sugárzás hatása a termések méretében és morfológiai tulajdonságaiban, élettani állapotában egyaránt megmutatkozik. A kontroll csoport magjai a mintavétel időpontjára nem értek meg, illetve a magok nagy része léha maradt. A kezelt csoportok esetében a termések egyenletesek és egészségesek voltak. A sugárzás ebben a tekintetben is segítette a vitalitást, növelte a növények túlélési esélyeit, ahogyan ezt Ulukapi és Nasircilar (2018) is megfogalmazta.

A fiziológiai vizsgálatok eredményei is tükrözik az eddig bemutatott következtetéseket és megfigyeléseket. A peroxidáz-enzim-aktivitás mérések eredményeiből kitűnik, hogy a magyarországi nyár végi klímán szedett minták peroxidáz-enzim-aktivitása szignifikánsan nagyobb értékeket mutat, a kontroll csoport eredményeit tekintve, mely hasonló a Geng et al. (2019) által mért értékekhez. A kezelt növények esetében az enzimaktivitás szintje szignifikánsan alacsonyabb értékű, ami azért

kiemelkedő, mert a peroxidázenzim-aktivitás akkor növekszik meg, ha stresszhatás éri a növényt. Eredményeink ellent mondanak Wang et al. (2022) következtetéseinek. A mért értékek alapján következtethetünk arra, hogy a gamma-sugárzással kezelt növények statisztikailag igazolhatóan alacsonyabb stressz szinttel rendelkeznek, ez összefügg Bhoi et al. (2022) által megfogalmazott állítással, miszerint a mutagenézis az egyik legelterjedtebb technika a növényi stressz szabályozására. A peroxidázenzim aktivitásában az M1 és M2 generációk között nem volt számottevő különbség, azonban POD-aktivitásnál több izoenzim szintjét is mértük. Ezzel összefüggésben az APTI szint nem mutatott statisztikailag igazolható különbséget, viszont az M2 generáció esetében a magas sugárdózisok mellé egy nagyobb városi stressztűrés társult.

A *Rudbeckia hirta* továbbra is alkalmas faj a városi zöldfelületeken történő felhasználásra, azonban a magyar nemesítésű fajták a klímaváltozás és az egyre növekvő urbanizáció hatásai miatt egyre kevésbé felelnek meg a jelenkor kihívásainak, így a változó klímának és a piaci igényeknek sem, ezek pedig alapvető jelentőségűek a dísnövény-nemesítésben. Az R-12/5 törzsre a gamma-sugárzás egyértelműen kimutatható és kedvező hatást gyakorolt, az erősebb dózisok kedvezőbb fenotípusos tulajdonságokat eredményeztek. A generációk közötti különbség is megfigyelhető volt, mégis sok esetben megőrződtek a kezelések kedvező hatásai. Méréseink során arra a következtetésre jutottunk, melyet hisztológiai és fiziológiai módszerekkel is igazoltunk, hogy a gamma-sugárzás megfelelő módszer a *Rudbeckia hirta* nemesítésében, mely elősegíti új, stressztoleráns fajták létrehozását.

A jövőben tovább nő az igény olyan fajták iránt, melyek túrik a megváltozott klímaviszonyokat, e mellett pedig a városi környezetet és az ott fellépő abiotikus és biotikus stresszorokat egyaránt. A jelenleg forgalomban lévő magyar fajták kiemelkedő genetikai alapot képeznek, azonban már nem felelnek meg ezeknek a kihívásoknak, így hogy ezeket a jövőben is fenntarthatjuk, továbbvihessük szükségessé válik új nemesítési irányok alkalmazása. A mutációs nemesítés is egy ilyen irány, melynek segítségével a régi fajtákból új fajták születhetnek, amelyek sikerrel alkalmazhatók a megváltozott környezetben, így akár városi közterületeken is. Jelenlegi eredményeink azt mutatják, hogy a generációs váltások és a magasabb alkalmazott dózisok is egy-egy fontos lépést jelentenek a fajtánemesítést illetően, így ezekkel az eredményekkel részt vállalhatunk egy környezettudatos, fenntarthatóbb városi növényalkalmazás és választék létrehozásában.

Köszönetnyilvánítás

Köszönettel tartozunk a Seibersdorfi Plant Breeding and Genetics Laboratory munkatársainak a növények gamma-sugárzásos kezeléséért, valamint munkatársainknak: Istvánfi Zsanettnek, Gondos Györgynének, Lénárt Zsoltnak és Janik Attilának a sok segítségért, mérésért, és azért, hogy lehetőséget adtak arra, hogy ezzel a munkával foglalkozhassunk.

Irodalomjegyzék

1. Aida, R., Ohmiya, A. and Onozaki, T. 2018. Current researches in ornamental plant breeding. *Breeding science*, 68(1): 1-1.
2. Anne, S. and Lim, J.H. 2020. Mutation breeding using gamma irradiation in the development of ornamental plants: a review. *Flower Res. J.*, 28(3): 102-115.

3. Armitage, A.M. 1997. Herbaceous perennial plants: A treatise on their identification, culture, and garden attributes. 2nd Ed. Stipes Publishing, Champaign, IL
4. Astuti, S.D., Fina, W.F., Darmanto, W., Purnobasuki, H., Fitriyah, N. and Ama, F. 2020. Effects of Co 60 gamma ray Ionizing radiation exposure on the variability of *Adenium obesum* growth. *Ecology, Environment and Conservation*; 26, S128-S134.
5. Beyaz, R. and Yildiz, M. 2017. The use of gamma irradiation in plant mutation breeding. *Plant Engineering, INTECH*, 33-46.
6. Bhoi, A., Yadu, B., Chandra, J. and Keshavkant, S. 2022. Mutagenesis: A coherent technique to develop biotic stress resistant plants. *Plant Stress*, 3: 100053.
7. Fathin, T.S., Hartati, S. and Yunus, A. 2021. Diversity induction with gamma ray irradiation on *Dendrobium odoardi* orchid. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 637: 1.
8. Ganguly, S., Das, M. and Mukherjee, A. 2017. Anticipated Performance Index (API) of some selected phanerophytes considered for Green Belt Development. *RJPBCS*, 8(3): 525-532.
9. Geng, X., Zhang, Y., Wang, L. and Yang, X. 2019. Pretreatment with high-dose gamma irradiation on seeds enhances the tolerance of sweet osmanthus seedlings to salinity stress. *Forests*, 10(5): 406.
10. Ghani, M. and Sharma, S.K. 2019. Induction of powdery mildew resistance in gerbera (*Gerbera jamesonii*) through gamma irradiation. *Physiology and Molecular Biology of Plants*, 25(1): 159-166.
11. Habibullah, M., Wahyudiningsih, T.S., Haryono, G., Rahmiah, M. and Farid, N. 2022. The Appearance of Mutations From Three Varieties of Longan Used Gamma Rays. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1018(1). doi:10.1088/1755-1315/1018/1/012034
12. Hajizadeh, H.S., Mortazavi, S.N., Tohidi, F., Helvacı, H.Y.M., Alas, T. and Okatan, V. 2022. Effect of mutation induced by gamma-irradiation in ornamental plant liliium (*Lilium Longiflorum* Cv. *Tresor*). *Pak. J. Bot.*, 54(1): 223-230.
13. Hanafiah, D.S., Vahya, S. and Wirnas, D. 2010. Induced mutations by gamma ray irradiation to *Argomulyo soybean* (*Glycine max*) variety. *Nus Biosci.* 2:121-125.
14. Hanna, W.W. and Schwartz, B.M. 2020. 'Tift H18' és 'Tift PA5' Ornamental Pennisetum alopecuroides. *HortScience*, 55(6): 974-976.
15. Helrich, K. 1990. Official methods of analysis of the association of official analytical chemists. 15th Edition, Association of Official Analytical Chemists, USA. Inc. Arlington, 62-63.
16. Hillová, D., Takácsová, M. and Lichtnerová, H. 2014. Stomatal response to water stress in herbaceous perennials. In: *Plants in urban areas and landscape*, Slovak University of Agriculture in Nitra, 52-56.
17. Hu, Y., Zhou, Y., Zhang, Y., Li, H., Zhang, Y., Lei, X. and Li, L. 2020. Effects of 60 Co- γ ray radiation on *Narcissus tazetta* L. var. *chinensis*. *Journal of Southern Agriculture*, 51(1): 42-47.
18. Karunananda, D., Ranathunga, R. and Abeyasinghe, W. 2021. ⁶⁰Co Gamma Irradiation-Induced Mutation in Vegetatively Propagated *Philodendron erubescens* 'Gold'. DOI: 10.1079/9781789249095.0040
19. Keller, R.P., Geist, J., Jeschke, J.M. and Kühn, I. 2011. Invasive species in Europe: ecology, status, and policy. *Environ Sci Eur.* 23: 23.
20. Kisvarga, Sz., Hlaszny, E., Antal, G., Koroknai, J., Kurucz, E. és Fári, M.G. 2018. Út a botanikától a dísznövény-nemesítés aranykoráig. Dr. Kováts Zoltán (1924-2010) tudományos életútja. *Új Kertgazdaság*, 50(1): 74-85.
21. Li, Y., Chen, L., Zhan, X., Liu, L., Feng, F., Guo, Z., Wang, D. and Chen, H. 2022. Biological effects of gamma-ray radiation on tulip (*Tulipa gesneriana* L.) PeerJ 10:e12792 <https://doi.org/10.7717/peerj.12792>
22. Magd el Din, F.R. 2019. Inducing some Morphological Variations in *Cyperus alternifolius* L. by Using Gamma Irradiation. *J. Adv. Agric. Res. (Fac. Agric. Saba Basha)*, 24(2): 178-192.
23. Miri, S.M., Rahimi, M., Naserian Khiabani, B. and Vedadi, C. 2019. Response of gamma-irradiated banana plants to *in vitro* and *ex vitro* salinity stress. *Crop Breeding Journal*, 9(2): 33-44.
24. Molnár, V.É., Simon, E., Tóthmérész, B., Ninsawat, S. and Szabó, Sz. 2020/a. Air pollution induced

- vegetation stress – The Air Pollution Tolerance Index as a quick tool for city health evaluation. *Ecol. Ind.* 113: 106234.
25. Molnár, V.É., Tözser, D., Szabó, S., Tóthmérész, B. and Simon, E. 2020/b. Use of leaves as bioindicator to assess air pollution based on composite proxy measure (APTI), dust amount and elemental concentration of metals. *Plants*, 9: 1743.
 26. Mujib, A., Fatima, S. and Malik, M.Q. 2022. Gamma ray-induced tissue responses and improved secondary metabolites accumulation in *Catharanthus roseus*. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 106(18): 6109-6123.
 27. Oates, K.M., Ranney, T.G. and Touchell, D.H. 2012. Influence of Induced Polyploidy on Fertility and Morphology of Rudbeckia Species and Hybrids. *HortScience*, 47(9).
 28. Oladosu, Y., Rafii, M.Y., Abdullah, N., Hussin, G., Ramli, A., Rahim, H.A., Miah, G. and Usman, M. 2016. Principle and application of plant mutagenesis in crop improvement: A review. *Biotechnol Equip.* 30: 1-16.
 29. Palmer, I.E., Bir, R.E., Lynch, N.P. and Ranney, T.G. 2009. Crossability, cytogenetics, and reproductive pathways in Rudbeckia subgenus Rudbeckia. *HortScience*, 44(1): 44–48.
 30. Perdue, R.E. 1957. Synopsis of Rudbeckia subg. Rudbeckia Rhodora, 59: 293-299.
 31. Rao, M.V., Paliyath, G. and Ormrod, D.P. 1996. Ultraviolet-B- and ozone-induced biochemical changes in antioxidant enzymes of Arabidopsis thaliana. *Plant Physiology*, 110: 125–136.
 32. Rêgo, E.R.D. and Rêgo, M.M.D. 2018. Ornamental pepper. *Ornamental crops*, 529-565.
 33. Sárvári, É., Gellén, G., Sági-Kazár, M., Schlosser, G., Solymosi, K. and Solti, Á. 2022. Qualitative and quantitative evaluation of thylakoid complexes separated by Blue Native PAGE. *Plant Methods*, 18: 23.
 34. Simon, E., Molnár, V.É., Lajtós, D., Bibi, D., Tóthmérész, B. and Szabó, S. 2021. Usefulness of Tree Species as Urban Health Indicators. *Plants*, 10: 2797.
 35. Singh, S.K., Borthakur, D., Tamuly, A., Manjaya, J.G., Patel, P.K., Gogoi, B., Santanu Sabhapondit, S., Neog, N.J. and Barooah, A.K. 2022. Assessment of gamma radiation through agro-morphological characters in *Camellia Sinensis* L.(O.) Kuntze. *International Journal of Radiation Biology*, 99(5): 866-874.
 36. Singh, S., Rao, D., Agrawal, M., Pandey, J. and Naryan, D. 1991. Air pollution tolerance index of plants. *J. Environ. Manag.* 32: 45–55.
 37. Solanki, R.K., Gill, R.K., Verma, P. and Singh, S. 2011. Mutation breeding in pulses: An overview. *Breeding of pulse crops*. Kalyani Publishers, Ludhiana, 85-103.
 38. Solti, Á., Sárvári, É., Szöllösi, E., Tóth, B., Mészáros, I., Fodor, F. and Szigeti, Z. 2016. Stress hardening under long-term cadmium treatment is correlated with the activation of antioxidative defence and iron acquisition of chloroplasts in Populus. *Zeitschrift für Naturforschung C*, 71: 323–334.
 39. Susila, E., Susilowati, A. and Yunus, A. 2019. The morphological diversity of Chrysanthemum resulted from gamma ray irradiation. *Biodiversitas Journal of Biological Diversity*, 20(2): 463-467.
 40. Ulukapi, K.A.M.İ.L.E. and Nasircilar, A.G. 2018. Positive effect of low dose gamma on morphological and biochemical properties of horticultural plants. In XXX International Horticultural Congress IHC2018: II International Symposium on Plant Breeding in Horticulture, 1282: 407-412.
 41. Verma, V., Kumar, A., Verma, J. and Bhargava, B. 2022. Conventional and Molecular Interventions for Biotic Stress Resistance in Floricultural Crops. In *Genomic Designing for Biotic Stress Resistant Technical Crops*, c. 227-246.
 42. Wang, P., Geng, D., Song, S., Wang, Z., Wang, K. and Hao, Q. 2022. Transcriptome and biochemical response to ⁶⁰Co gamma radiation exposure on the grafted seedlings of *Paeonia suffruticosa*. *Acta Physiologiae Plantarum*, 44(9): 1-11.
 43. Yamaguchi, H. 2018. Mutation breeding of ornamental plants using ion beams. *Breeding science*, 68 (1): 71-78.

Histological and Physiological Effects of Treatment of *Rudbeckia hirta* (L.) with Gamma Radiation

HOROTÁN, K.¹, ORLÓCI, L.², HAMAR-FARKAS, D.², SOLTI, Á.³, SIMON, E.⁵,
ÖRDÖGH, M.⁴, KISVARGA, SZ.²

¹Zoological Department, Institute of Biology, Eszterházy Károly Catholic University, Eger

²Ornamental Plant and Green System Management Research Group, Institute of Landscape Architecture, Urban Planning and Garden Art, MATE

³Department of Plant Physiology and Molecular Plant Biology, Eötvös Loránd University

⁴Anthropocene Ecology Research Group, Eötvös Loránd Research Network,
University of Debrecen

⁵Department of Ecology, University of Debrecen

E-mail: horotan.katalin@uni-eszterhazy.hu

Summary

Sustainable ornamental plant production and use can be compatible with climate change if we not only favour high and long flowering varieties, but also put more emphasis on the resistance of plants to abiotic and biotic factors. This resilience can be increased by increasing genetic variability, one way of doing this being by using gamma radiation to induce mutations in plants, thus inducing desirable traits that are not inherent in the parent plant material. Ionising radiation, such as X-rays, gamma rays and neutrons, can damage genetic material and lead to phenotypic changes that can be used to produce new ornamental plant varieties in a relatively short time. *Rudbeckia hirta* is considered a traditional staple species for urban green space management, but currently none of its more than 10 varieties can be used safely, as they are 40-50 years old and increasingly unable to cope with the challenges of climate change. Besides tolerance to environmental factors, these varieties no longer have novelty value. These two factors greatly influence the expectations for new varieties, but since it takes several years to commercialise a breeding line, it is worth using

gamma-irradiation breeding to accelerate the process to create unique phenotypic traits. Our aim is to test whether gamma mutation breeding can be successfully applied to the breeding stock used. In our measurements, we have paid particular attention to the differences between M1 and M2 generations and to the effects of different doses of radiation for the same generation on their histological and physiological (POD, APTI) traits. Based on the results of our measurements, it can be concluded that gamma-irradiation treatment is effective on the strain of *Rudbeckia hirta* used and may play an important role in future breeding.

Keywords: *Rudbeckia hirta*, ornamental plant, gamma, breeding, annual

Szerzők:

Horotán Katalin (kapcsolattartó szerző) – laboráns, Eszterházy Károly Katolikus Egyetem, Biológiai Intézet, Állattani Tanszék, 3300 Eger, Leányka út 6.

Orlói László – dr. univ., tudományos főmunkatárs, kutatócsoport vezető, Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, Tájépítészeti, Településtervezési és Díszkertészeti Intézet, Dísznövénytermesztési és Zöldfelületgazdálkodási Kutatócsoport, 1223 Budapest, Park utca 2.

Hamar-Farkas Dóra – tudományos segédmunkatárs, Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, Tájépítészeti, Településtervezési és Díszkertészeti Intézet, Dísznövénytermesztési és Zöldfelületgazdálkodási Kutatócsoport, 1223 Budapest, Park utca 2.

Solti Ádám – PhD, habilitált egyetemi docens, Eötvös Loránd Tudományegyetem, Növényélettani és Molekuláris Növénybiológiai Tanszék, 1117 Budapest, Pázmány Péter sétány 1/c.

Kundrát-Simon Edina – PhD, egyetemi tanár, Debreceni Egyetem, Antropocén Ökológia Kutatócsoport, 4032 Debrecen, Egyetem tér 1.

Ördögh Máté – PhD, egyetemi adjunktus, Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, Tájépítészeti, Településtervezési és Díszkertészeti Intézet, Dísznövénytermesztési és Dendrológiai Tanszék, 1118 Budapest, Villányi út 29-43.

Kisvarga Szilvia – PhD, tudományos főmunkatárs, Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, Tájépítészeti, Településtervezési és Díszkertészeti Intézet, Dísznövénytermesztési és Zöldfelületgazdálkodási Kutatócsoport, 1223 Budapest, Park utca 2.

A 130 éves Budai Arborétum növénygyűjteményének fejlődéstörténete

HONFI PÉTER, SÜTÖRINÉ DIÓSZEGI MAGDOLNA

Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem Tájépítészeti, Településtervezési
és Díszkertészeti Intézet, Dísznövénytermesztési és Dendrológiai Tanszék, Budapest

E-mail: honfi.peter@uni-mate.hu

Összefoglalás

A Budai Arborétum első növényeit 130 évvel ezelőtt, 1893-94-ben telepítették. Az arborétum hazánk egyik legfontosabb gyűjteményes kertje, mely a Gellért-hegy déli lejtőjén, különleges mikroklimatikus viszonyok között ad otthont csaknem 2000 féle fásszárú és több mint 500 féle lágyszárú dísznövénynek. A növénygyűjtemény fejlődése napjainkig töretlen, az új taxonok kiválasztásánál a klímaváltozás hatásaira is tekintettel kell lenni.

Kulcsszavak: növénygyűjtemény-fejlesztés, kerttörténet, tájképi kert, dendrológia, természetvédelem

A Budai Arborétum jelentősége, szerepe, feladatai

A Budai Arborétum hazánk egyik leggazdagabb, leglátogatottabb gyűjteményes kertje. Budapest szívében, a XI. kerületben fekszik, a Gellért-hegy déli lábánál öleli körül a mai nevén Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem Budai Campusának épületeit. Jó ökológiai állapotú és fejlődő zöldterületként hatalmas értéket jelent a főváros központjában, lehetőséget nyújt az egyetemi hallgatóknak, kutatóknak, érdeklődőknek ismereteik megszerzésére, bővítésére, emellett a lakosságnak a pihenésre, kikapcsolódásra is. Az arborétum környezeti nevelési, oktatási értéke is jelentős, hiszen teret nyújt hazánk számos alsó, közép- és felsőfokú oktatási intézményének diákjai számára, hogy tanulmányi sétáik során a növényekkel, állatokkal, az élő környezettel, s az élővilág sokszínűségével a természetben személyesen ismerkedhessenek meg. A gyűjtemény fő feladata az oktatás, azonban a hazai dendroflóra fő képviselői, valamint a dendrológiai nemesítés eredményei bemutatásának, valamint a távoli területekről származó, a klímaváltozás szempontjából ígéretes taxonok honosításának, kipróbálásának területe is.

Az arborétumot az alapítása óta eltelt 130 esztendő alatt körbenőtte a nagyváros, azonban a főváros betonrengetegében, az épületek, utak között zöld oázisként nyújt felüdülést és menedéket látogatóinak. A növénygyűjtemény nemcsak a különféle fák, cserjék, lágyszárú növények otthona, az állatvilág számos képviselője is búvó-, fészkelő- vagy táplálkozóhelyet találhat benne.

A kert hatékony eszköze a városban is megtartható élővilág megismertetésének, megszerettetésének, a természetbarát nagyközönség is rendszeresen látogatja. Felismerve dendrológiai értékeit, környezetvédelmi jelentőségét, az oktatásban és nevelésben betöltött fontos szerepét, a főváros a Budai Arborétumot 1975. március 5-én kelt határozatával természetvédelmi területté nyilvánította, emellett műemléki, kertművészeti szempontból is kiemelt jelentőségű, ezért a Nemzeti Kulturális Örökség Minisztériuma 2005-ben a teljes területet I. kategóriájú műemlékké nyilvánította.

A Budai Arborétum területi adatai, éghajlati és talajviszonyai

A Budai Arborétum területe 7,5 hektár, ebből közel 6 ha a növényekkel borított zöldfelület. A gyűjteményes kert a Budai-hegység délkeleti lábánál, az alföldi és a hegyvidéki klímakörzetek határán fekszik. A csapadék éves mennyisége az utóbbi években igen kevés, a vegetációs időszakban alig 600-620 mm, gyakran sújtja a területet hosszú aszály, valamint légköri aszály, a növénygyűjtemény fenntartása ezért kiegészítő öntözés alkalmazását igényli.

A különleges növényanyag létfeltételeit a sajátos mezoklíma biztosítja, mely egy sor melegtűrő, sőt melegkedvelő, illetve nálunk fagyérzékenyek számító mediterrán vagy akár szubtrópusi növény számára nyújt kedvező termőhelyet, amelyet az elmúlt 20 évben tudatosan kihasználtunk és tanulmányoztunk. A Budai Arborétum az ország egyik legmelegebb területe, déli fekvése, a városi klíma, a városi üvegházhatás, valamint a környező magas épületek szélvédő és árnyékoló hatása együttesen különleges klimatikus viszonyokat teremtenek, ennek köszönhetően a különleges, védett élőhelyeken például téli takarás nélkül is jól fejlődnek a szubtrópusi vagy mediterrán származású növények is, mint például a gránátalma (*Punica granatum* L.), a füge (*Ficus carica* L.) és a kínai kenderpálma (*Trachycarpus fortunei* (Hook.) H. Wendl.). A hőmérséklet télen-nyáron 1-6 fokkal melegebb, a vegetáció pedig mintegy 2 hónappal hosszabb, mint a városon kívüli területe részekén. A vegetáció meghosszabbodása annak is köszönhető, hogy itt többnyire elmaradnak a késő tavaszi fagyok (fagyos szentek), valamint az őszi fagyok is később érkeznek meg, így a növények korábban ki tudnak hajtani és tovább megtartják lombjukat.

A terület talajképző alapköze mész- és dolomit, illetve az arra települt vályogos, agyagos kötöttségű, meszes kémhatású agyag és budai márga, melyen a vidékre jellemző humuszkarbonát talaj, illetve helyenként barna erdőtalaj alakult ki, ez azonban már csak nyomokban fellelhető. Az arborétum talaja a legtöbb helyen közepesen vagy erősen meszes, humuszban szegény, kémhatása lúgos (pH-értéke 8,0 körüli). A 'K' épület körül sok a feltöltés, valamint a talajfelszín alatti építési törmelék is.

Az arborétum terepszintje emelkedik a Villányi út felől a Somlói út felé, a legnagyobb szintkülönbség mintegy 80m. Legfelül a Felső Kert tetején meredeken lejt, a Ménesi út előtt lankásabb. A Ménesi út alatt az Alsó Kert először még egyenletesen, de már kisebb szögben ismét lejt, míg legalul a Villányi út előtti rész már közel sík terület.

A Felső Kert kialakítása és fejlődése

A Budai Arborétum és kiemelkedő növénygyűjteményeinek története a Haszonkertészeket Képző Gyakorlati Tanintézet alapításával kezdődött, amely a szabadságharc orvosának, dr. Entz Ferencnek köszönhetően 1853-ban jött létre, gróf Bethlen András földművelésügyi miniszter és Rudinai Molnár István miniszteri főtanácsos támogató segítségével. Az intézmény 1876-ban költözött a Gellért-hegy déli lejtőjére. Kezdetben mintegy 4 katasztrernyi hold földterület megvásárlásával, akkor még szőlőtáblák között kezdődött meg, a vincellérképzést megalapozva a tanintézet működése. Első oktatási épülete a Mènesi út felett a már akkor is meglévő épület, a hajdani présház (a mai 'E' épület) volt. Később jött létre a ma már szimbolikus szerepet betöltő, eklektikus stílusban épült igazgatósági épület ('F' épület). Körülöttük, a jelenleginél kisebb területen, a régebbi szőlőtáblák között és körül kapott később területet az arborétum. A szőlőtermesztést a filoxeravész pusztítása derékba törte, ezt követően a haszonnövények helyére 1893 őszen és 1894 tavaszán, Råde Károly tervei szerint és irányításával telepítették el az első díszfákat, díszcserjéket, és „Arboretum” néven jött létre a mai növénygyűjtemény alapja. A Budai Arborétum első vezetője Råde Károly (1864-1946), német származású kertész-dendrológus volt, aki 1893-ban a Földművelésügyi Minisztérium meghívására jött hazánkba és az akkor létesült Kertészeti Tanintézet díszkertészeti részlegének megszervezésében vett részt. 1894-1914 között a tanintézet vezető főkertésze, a dísznövénytermesztés, a virág-, zöldség- és gyümölcshajtatás oktatója volt 1913-ig (Schmidt és Hámori 2003).

Az első telepítések során közel 1000 féle fa és cserje, valamint 90 évelő fajt ültettek el a már Magyar Királyi Kertészeti Tanintézet néven működő iskolát körülvevő 3 hektárnyi területen. A növényeket tájképi elrendezésben, de rendszertani hovatartozásuk szerint csoportosítva telepítették el. Ez a csoportosítás az oktatási célokat szolgálta, azonban sajnos a különböző vidékekről idehozott növényritkaságok nem mindegyike bizonyult ellenállónak az adott viszonyok között. Sokan közülük, különösen a kényesebb fenyők és lomblevelű örökzöldek az idők során a téli hidegek vagy a nyári szárazság áldozatául estek. A növények egy jelentős része mai is él, az 'F' épület feletti területen láthatók, s több mint 130-140 esztendősen jól fejlődnek.

A terület idős fái közül itt pompázik az ország legöregebb varázsfa (*Parrotia persica* C.A.Mey.) szinte kisebb erdőt alkotó ágrendszerével, hatalmasak a keleti és nyugati platán (*Platanus orientalis* L., *P. occidentalis* L.) egyedei, a szomorú bükk (*Fagus sylvatica* L. 'Pendula') zuhatagszerűen lecsüngő koronája a nyári hőségben árnyas enyhet nyújt, az őszi aranylombú keserű hikoridió (*Carya cordiformis* (Wangenh.) K.Koch), a pireneusi feketefenyő (*Pinus nigra* subsp. *salzmannii* (Dunal) Franco) és az ősi nyitvatermő „élő kövület”, a páfrányfenyő (*Ginkgo biloba* L.) is nevezetesek.

Az 1920-as évek végén újabb 3/4 hektárral bővült az arborétum. Az új terület telepítési terveit dr. Rerrich Béla, a kor neves építésze és kerttervezője készítette, a kivitelezést Magyar Gyula, a tanintézet dendrológus oktatója irányította. Vezetése mellett a növényanyag jelentősen gazdagodott, minegy 1370 fa- és cserjefajt, változatot, fajtát foglalt magában. Igen sok növény került hazánkba a németországi Späth Faiskolából is, cserébe a Magyar Gyula által nemesített *Lonicera × tellmanniana* Magyar ex H.L.Späth szaporítóanyagáért. Ebben az időben került a területre például a *Quercus* L., *Fagus* L., *Prunus* L., *Rosa* L., *Crataegus* L., *Salix* L., *Populus* L. nemzetségnek jó néhány képviselője is.

A II. világháború súlyos károkat okozott a kertben, mivel Budapest ostroma idején súlyos harcok színtere volt. A golyók, repeszek nyoma ma is látható néhány idős fa törzsén, sokuk a törzsében „rejteget” háborús aknazsilánkokat, amit fémdetektoros vizsgálat mutatott ki.

A háború utáni, 1949-ben megindult felújítási munkák elsősorban dr. Nádasi Mihály nevéhez fűződnek. Pótolták, illetve fokozatosan újakkal cserélték le az elpusztult vagy túl idős, sérült növényeket, s közben természetesen új fajokkal is gazdagodott a kert. 1963-ban új öntözőberendezés épült, amely igényesebb növények behozatalára is alkalmat adott. Újjáépítették és kibővítették a sziklakertet, így az élő dísznövények száma is gyarapodott. Azóta a sziklakert tovább bővült, újabb élő taxonokkal gyarapodott 2011-12-ben.

Mára ősszel szépen színeződnek itt a cserszömörccék (*Cotinus coggygria* Scop.) vagy a bibircses kecskerágó (*Euonymus verrucosus* Scop.), rendszeresen terem a húsos som (*Cornus mas* L.). A terület déli oldalán pompás, idős kúszóborókák fejlődnek, pl. a virginiai boróka (*Juniperus virginiana* L.) 'Tripartita' fajtájának hatalmas, terebélyes példánya, szépen nyílnak májusban a fás bazsarózsák (*Paeonia × suffruticosa* Andrews) bokrai, haragoszöld lombzatukkal pedig hátteret nyújtanak a tiszafa (*Taxus baccata* L.) gyűjtemény tagjai. A fák közül itt találhatóak a bükkfafélék, nyírfafélék, szilfafélék, hortenziafélék, ribiszkefélék, varázsmogyorófélék családjainak képviselői is, valamint a rózsafélék családjának több nemzetsége és faja.

Tavasszal sok látogatót vonzanak a díszcseresznyék is, nevezetesen a hagymás-gumós dísznövények gyűjteménye is, különösen a későn kihajtó diók, tölgyek alatt nyíló nárciszok, tulipánok, gyöngyikék. A hagymás virágok számára kedvező a magas fák által nyújtott szélvédelem, a késői lombfakadás pedig lehetővé teszi a hagymák fejlődését, hazánk egyik legrégebbi és leggazdagabb nárciszgyűjteménye nyílása idején rengeteg látogatót vonz az arborétumba. Az arborétum 100 éves fennállásának évfordulóján, 1993-ban 100 nárcisz- és 100 tulipánfajtát magába foglaló hagymásgyűjtemény-fejlesztés történt.

A felső területrész 1969-ben átmenetileg mintegy fél hektárral csökkent, a Somogyi Imre Kollégium és sportlétesítmények megépítése miatt. Később az építkezés befejeztével a felvonulási területet újra dendrológiai gyűjteménnyé alakították. A Somogyi Imre Kollégiumot felülről és alulról határoló meredek területrész újjáalakítására a kollégium megépülte után, 1970-től került sor, annak figyelembevételével, hogy a talaj jórészt lehordás vagy feltöltés, ezért mind a kollégium alatt, mind a kollégium felett erősen meszes, sokszor törmelékes. Déli oldalán a meredek rézsű teljes egészében rendkívül forró és száraz. Ide telepítettük a mediterrán gyűjtemény egy részét, tekintettel arra, hogy ez az arborétum egyik legmelegebb helye, például ciprusok (*Hesperocyparis macnabiana* (A. Murray) Bartel syn. *Cupressus macnabiana* A. Murray bis, *Cupressus sempervirens* L., *Hesperocyparis arizonica* (Greene) Bartel syn. *Cupressus arizonica* Greene), termést is fejlesztő olajfák (*Olea europaea* L.), számocefa (*Arbutus unedo* L.), leanderek (*Nerium oleander* L.) fajtái telelnek át sikeresen, hazánkban ritkaságként már sok éve a szabadban. A védett fekvés miatt szárazságtűrő nemesrőzsa-gyűjteményt is elhelyeztünk a rézsűben, ez az állomány azonban napjainkra már kissé elszegényedett, a szélsőségesen arid klímát még az erre szelektált fajták sem viselték el. A kollégiumi épület parkolója mentén intenzíven sarjadjó bambuszgyűjtemény kiváló növekedését a Gellért-hegyről lecsorgó rétegvizeknek és az épület védelmének köszönheti. A rézsű aljában, az út mentén ültettük az egyetem első emlékfáit 1970-től kezdődően, magyar nemesítésű berkenyékét, az akkori hagyomány szerint még a végzős évfolyamok a ballagásuk napján ünnepélyesen fát ültettek.

A kollégium feletti meredek rézsű a Budai Arborétum legextenzívebben fenntartott része, ahol azonban viszonylag kis területen igen változatos ökológiai viszonyok lehettek fel. A rézsű felső kétharmada napos és forró, itt csak a szárazságtűrő növények maradnak meg. A rézsű alsó egynegyede, valamint a tornacsarnok mögötti része árnyékos és viszonylag nedves. Ide folyik az

esővíz és feltehetően a Gellért-hegyről lefutó talajvizeknek köszönhetően az örökzöldek a telepítés és a telepítést követő 1 éves öntözés után gyakorlatilag öntözés nélkül is megmaradnak. Fenntartás szempontjából ez az északi terület az ún. „minimum gondozású” kerthez kínál mintát. Öntözést a növények csak a telepítést követő 1-2 évig, a megeredésig kapnak, a gyeptet pedig évente csak 1-2 alkalommal kaszáljuk, egyszer a nyár elején, egyszer pedig ősszel, úgy időzítve, hogy a gyeptetben lévő vadvirágok gazdagon virágozhassanak és beérlelhessék magjaikat. Ezzel elértük, hogy részben visszatelepült az eredeti sziklai, illetve löszlejtő látványos virágflórája: az ezüstös hölgymál (*Pilosella officinarum* Vaill. syn. *Hieracium pilosella* L.), a közönséges kígyószisz (*Echium vulgare* L.), árnyékosabb helyen pedig az őzsaláta (*Smyrniium perfoliatum* L.) vagy a kereklevelű repkény (*Glechoma hederacea* L.).

A felsorolt adottságokhoz igazodva a területész felső peremén elsősorban szárazságtűrő fák, cserjék élnek: ezüsthársak, díszkörte-gyűjtemény, magyar vadkörte szelekciók gyűjteménye, tűztövis-gyűjtemény, mandulabarack és egyéb díszmandula-gyűjtemény. A rézsű alján, kihasználva a viszonylag párás mikroklimát és a nedves talajt, gazdag örökzöld gyűjteményt helyeztünk el, mely az utóbbi évek fejlesztései során a meglévő tuják, hamisciprusok, babérmeggyek, mahóniák, orbáncfűfélék és dérbabérok mellett főként magyar nemesítésű borókákkal, babérmeggyekkel, tujákkal egészült ki, s itt kapott helyet a magyar nemesítésű borostyánfajták gyűjteménye is.

A Felső Kert kiemelt látványossága a Ménési útról díszes kovácsoltvas kapun át megközelíthető Díszter. Egykor a Kertészeti Tanintézet főépületének (a mai 'F' épület) mives szőnyegágyakkal gazdagon díszített, gondosan fenntartott előterét szolgált. Napjainkban növényanyagában egyszerűsített, de az 1920-as évekre jellemző, Rerrich Béla tervei nyomán, kerttörténeti dokumentumok segítségével felújított formában szabályos gyepfelületek, sötétsorok, szimmetrikusan elrendezett virágágyak és örökzöld csoportok díszítik.

Az Alsó Kert kialakítása és fejlődése

A Villányi út és a Ménési út között fekvő, ún. Alsó Kert eredetileg a tanintézet kísérleti telepének adott helyet, 1893-94-ben ugyancsak Ráde Károly irányította a létesítését, a haszonnövények mellett dísznövények kísérleti táblái, és 1920-ig már több növényház is helyet kaptak. Rerrich Béla tervei alapján 1926-ra készült a telep nagy- és kis blokkja növényházakkal, kazánházzal, magszobával, munkateremmel. A II. világháború bombázásai a telepet sajnos megsemmisítették. A károk felszámolása, s a telep újjáépítése 1965-ig tartott (Osváth 2014). A hatvanas években süllyesztett ágyak, üvegházak épültek. Végül az 1960-as évek végén az akkori Kertészeti és Szőlészeti Főiskola a Budai Kísérleti Teret, a tangazdaságot a városon kívülre, Soroksárra és Szigetcsépre költöztette.

Az Alsó Kert területe három fokozatban alakult arborétummá, a terepformák, szintek kialakítása dr. Mócsényi Mihály tervei alapján történt.

Legidősebb az 'A' és 'G' épületek közötti, teraszos elrendezésű kertrész, itt a növények többségét dr. Ormos Imre tervei alapján az 1950-es és az 1960-as években telepítették, ezért „Ormos Kert” néven is hivatkozunk rá. Itt kaptak helyet a hazai dendrológiai kutatás, gyűjtés, szelekció eredményei, ezeket a „hungaricumok”-at megkülönböztetett figyelemmel kísérjük. Itt mutatjuk be például a hazai berkenyék gazdag választékát: a Bükk-hegységben őshonos kereklevelű berkenyét (*Sorbus × rotundifolia* (M.Roem.) Hedl.), a vértesi berkenyét (*S. vértensis* Boros), a természetes berkenyét (*S. degenii* Jáv.), a balatoni berkenyét (*S. balatonica* Kárpáti) és másokat. Híresek az ezüst hárs (*Tilia*

tomentosa Moench) magyar nemesítésű fajtái és a virágos kőrís (*Fraxinus ornus* L.) gyönyörű, gömbkoronájú fajtája, a „Mecsek” is.

A Budai Arborétum fiatalabb gyűjteményes területe a 'K' épületet körülvevő rész, amely az épület felépítését követően 1969 óta arborétum. Körülötte több hullámban zajlott a növények telepítése, 1974-től már dr. Schmidt Gábor arborétumvezető irányításával. Az épület előtti parkoló területet a végzős évfolyamok által telepített *Tilia tomentosa* 'Zentai Ezüst' ezüst hárs fásor határolja. Az épület bejárata melletti védett beugró rész különleges szubtrópusi-mediterrán gyűjteménynek ad helyet, ahol például hazánk legidősebb és legnagyobb termetű örökzöld liliumfája (*Magnolia grandiflora* L.) magasodik, mellette a kínai kenderpálma (*Trachycarpus fortunei* (Hook.) H. Wendl.), japánszentfa (*Nandina domestica* Thunb.), a téli bangita (*Viburnum tinus* L.) egyedei díszlenek, s érlelnek rendszeresen termést, s telelnek takarás nélkül, de még az Ázsia trópusi-szubtrópusi területeiről származó japán banán (*Musa basjoo* Siebold ex Miq.) is minden évben újra kihajt.

Az épület nyugati, tűző napsütéstől védett oldalán, a párasabb, szélvédettebb, épületfal előtti területeken, beszögellésekben gyönyörű örökzöld gyűjtemény tagjai kaptak helyet, a lomblevelű örökzöldek közül, az ún. tematikus gyűjtemények sorában például az örökzöld kecskerágók (*Euonymus* L.), a magyalok (*Ilex Tourn. ex L.*), örökzöld bangitafélék (*Viburnum* L.) és több pikkelylevelű örökzöld növény, keleti és nyugati tuják (*Platycladus orientalis* (L.) Franco, *Thuja occidentalis* L.), hamisciprusok (*Chamaecyparis* Spach), valamint például a keleti luc (*Picea orientalis* (L.) Peterm.) karcsú fái díszlenek. Velük szemben díszalmák, díszcseresznyék, díszkörték és bangiták gazdag gyűjteménye található, melynek telepítése több hullámban történt, és különösen a tavaszi virágzás idején, amikor tulipánok is díszlenek a gyepfelületben, rendkívül dekoratív.

Az épülettől északra, a Ménesi úti támfal védelmében, déli fekvésének és védőhatásának köszönhetően lehetővé vált a mediterrán-szubtrópusi gyűjtemény bővítése, újabb taxonok elhelyezése. Itt kapott helyet, s terem gazdagon a mára már idős imafüzérfa (*Melia azedarach* L.) és a perzsa selyemakác (*Albizia julibrissin* Durazz.), virágzik számos selyemmirtusz (*Lagerstroemia* L.) fajta, az örökzöld tölgyek közül itt fejlődik a magyaltölgy (*Quercus ilex* L.), s rendszeresen terem számos gránátalma (*Punica granatum* L.), a babér (*Laurus nobilis* L.) vagy a fűgék (*Ficus carica* L.) és ciprusok (*Cupressus* L.), sőt már tobozokat fejleszt a mandulafenyő (*Pinus pinea* L.).

Az épülettől nyugatra fekvő gyepes területet Fenyves Tisztásnak nevezzük, mely onnan kapta a nevét, hogy szegélyében számos fenyőféle, tű- vagy pikkelylevelűek egyaránt gazdagítják az arborétum fenyőgyűjteményét. A klímaváltozás hatásai, az utóbbi években gyakori forró, száraz, légköri aszályjal együtt járó nyarak a tuják, hamisciprusok állományát kissé visszaszorították. Itt, a gyepfelület szegélyében áll az arborétum szinte jelképnövényeinek is nevezhető impozáns atlaszcédrus (*Cedrus atlantica* (Endl.) Manetti ex Carrière) és krími hárs (*Tilia × euchlora* K. Koch).

A 'K' épület keleti oldalán közönséges borókák (*Juniperus communis* L.) és hatalmas termetű nyárfák (*Populus alba* L., *Populus 'Favorit'*) magasodnak, mellettük több gyűjteményes anyag is tanulmányozható, például a tűztövisek (*Pyracantha* M. Roem.), berkenyék (*Sorbus* L.), hóbogyók (*Symphoricarpos* Duhamel) fajtái, fajtái. A 'K' és 'A' épületek közötti terület rézsús részeit, különösen az 'A' épület előtt fekvő területet az Alsó Sziklakert növényei népesítik be, különösen tavasszal élénk színtelítet képezve. A 'K' épület falán pedig különleges látvány tavasszal a kínai lilaakác (*Wisteria sinensis* (Sims) DC.), valamint az őszi lombszínűződés időszakában pompás vörös, narancsos színpompába öltöztetik az épületet a vadszőlő (*Parthenocissus* Planch.) taxonok.

Az arborétum legfiatalabb területe a legnyugatibb, a Szüret utca menti keskeny területsáv, 1974-től kezdődött meg a betelepítése dísznövényekkel. Itt kapott helyet 1997-ben a kerti tó, mely a vízparti, vízi növényeket ismerteti meg az érdeklődőkkel, a vízfelületet a tündérrózsák sokasága borítja, parti gyékényesében tőkés récék költenek. A mesterséges tó felújítása és bővítése 2011-ben történt, ekkor alakult ki a ma látható mederforma.

Az alsó területek létesítése során az eddigi telepítési rendszer némely hátrányát is igyekeztek korrigálni. Az eredeti, szigorú növényrendszertani elosztásnál ugyanis rokonsági alapon teljesen eltérő igényű növények is egy helyre kerültek, így a környezet nem mindegyiküknek felelt meg. Az Alsó Kertben a telepítések ezért elsősorban már a növények igényeinek figyelembevételével történtek, azonban úgy, hogy a hasonló fajok, fajták a lehető legközelebb legyenek egymáshoz. Ezáltal tematikus gyűjtemények jöttek létre: így keletkezett például a mediterrán gyűjtemény, az árnyékkedvelő növények, a virágos díszfák, ill. a lombszínűzöldéssel díszítő fajok, fajták gyűjteménye.

A növényrendszertani szemlélettől való eltérés az esztétikus, parkszerű elrendezésre is tágabb lehetőséget nyújtott, nyújt, ezt az elvet követjük ma is. Egy másik törekvés, hogy minden növényfélésegből legalább kettő legyen – „tartaléknak” – ha valamelyik példány elpusztulna.

A legutóbbi évek fejlesztései

Amint a fenti, területegységenkénti bemutatásból látható, az arborétum teljes zöldfelülete 1974-re többé-kevésbé kialakult, és térszerkezetének alapjai is ekkor már szinte véglegesnek voltak tekinthetők. A XX. század és a XXI. század elején elsősorban a növénygyűjtemények további fejlesztésére volt lehetőség, a meglévő természeti és intézménytörténeti értékek megőrzése, és az elhasználandó műszaki létesítmények rendszeres felújítása mellett.

Az alábbiakban időrendben, rövid bemutatással soroljuk fel a kert fejlesztésének fontosabb állomásait:

- **2007. Perecutak felújítása a Felső Kertben.** A kert legidősebb részén, az eredeti, Ráde Károly által megtervezett nyomvonalon futó, vonalvezetésük alapján „perecutaknak” nevezett járófelületek tönkrement aszfaltburkolatuk helyett vízáteresztő, térkő burkolatot kaptak.
- **2007. Öntözőrendszer-felújítás és -bővítés.** Mind az Alsó, mind a Felső Kertben sor került szinte a teljes öntözőhálózat teljes körű felújításra, és a rendszer bővítésére, ezáltal öntözhetővé váltak a Felső Kert déli területei is.
- **2008. Tanösvények bővítése, jeltábla-felújítás.** A Felső Kertben a faápolás gyakorlatát bemutató, több állomásból álló tanösvény létesült. Az arborétum teljes területén több száz új jeltábla kihelyezésére került sor. Irányító- és bemutatóablák is létesültek.
- **2009. Gyeprácsos út létesítése.** Az Alsó Kert forgalmasabb részein, ahol – különösen csapadékos időjárás esetén – korábban gyakori volt a látogatók által okozott taposási kár, ezért gyeprácsos utat létesítettünk, mely a központi parkoló melletti bejáratától a Fenyves Tisztáson keresztül az orgonagyűjteményig vezet.
- **2010. Út- és lépcsőfelújítások.** További elhasználandó, kitaposott gyalogösvényeken történt felújítás: új közútalék-burkolatot és szegélyt kapott a Szüret utcával párhuzamos, a 'H' épület felé vezető útszakasz, és térkőburkolattal ellátott gyalogjárda létesült a 'H' épület alatt, valamint az 'E' épület mögött. Felújítottuk az 'A' épület alatt, az Ormos Kertbe vezető terméskő lépcsőt.

- **2011. A Biokert látogathatóvá tétele, padok, bemutatóablák létesítése.** Az Ökológiai és Fenntartható Gazdálkodási Rendszerek Tanszék (ma: Agroökológiai és Ökológiai Gazdálkodási Tanszék) kezelésében lévő, a biokertészkedést bemutató terület ekkor vált a nagyközönség számára látogathatóvá, a korábbi kerítés elbontásával, fa burkolatú gyalogos ösvények kialakításával. A látogatók pihenését, a csendes természetszemlélést szolgáló padok felújítására is sor került.
- **2012. Útfelújítás és részbeni rekonstrukció az Ormos Kertben.** Az 'A' és 'G' épület között, 1950-1960 körül létesült terület útjai, az eredeti nyomvonalon új, stabil szegélyt és friss közüzalékos burkolatot kaptak, az út mentén új padok is létesültek.
- **2012. Irányítóablak és Madárbarát Kert felújítása.** A fából készült, korhadásnak indult kerti létesítmények egy részét felújítottuk: a 2008-ban telepített szélrózsa-táblákat és a 2006-ban kihelyezett madárbarát kerti elemeket: ismertetőablakat, etetőket.
- **2010-2012. KMOP-3.2.1/B-09-2009-0003. - A Budai Arborétum speciális élőhelyeinek fejlesztése és rekonstrukciója.** A Közép-Magyarországi Operatív Program *Gyűjteményes növénykertek és védett történelmi kertek megőrzése és helyreállítása* programjának keretében, az Európai Unió támogatásával, az Európai Regionális Fejlesztési Alap társfinanszírozásával, 263 millió Ft támogatás felhasználásával az arborétum korábban nem látott mértékű felújítására és fejlesztésére kerülhetett sor. A projekt futamideje 2010. június 1. és 2012. március 31. volt, szakmai tartalma:
 - Esővízgyűjtő-rendszer kialakítása a Felső Kertben, bemutató jelleggel, a sziklakert öntözésére.
 - A trópusi, szubtrópusi gyűjtemény üvegházának energiatakarékos rekonstrukciója az Alsó Kertben: nagyobb légterű, korszerű, klimatizált, hőszivattyús fűtéssel és automatikus szellőztetéssel, párasítással, árnyékolással ellátott létesítmény jött létre, a beültethető felület megnövekedett, ezáltal gyűjtemény-bővítésre is sor került.
 - A kerti tó rekonstrukciója és bővítése: új mederformával, mélyebb, szegélyében sekélyvizű zónát is tartalmazó, nagyobb víztömege folytán és szűrő-rendszer beépítésével ökológiailag stabilabb vizes élőhely jött létre, jelentős taxonszám-bővítéssel.
 - Sziklakertek felújítása: mind a Felső, mind az Alsó Kert sziklakertje teljes rekonstrukció során újult meg, drénezéssel, mesterséges szurdok és csobogó kialakításával, és szintén jelentős gyűjteményfejlesztéssel.
 - A Ménesi úti támfal megerősítő rekonstrukciója: a kert szerkezetében fontos szerepet játszó, mediterrán növénykülönlegességek biztonságos megtartását lehetővé tevő támfal statikai állapota – a közút megnövekedett forgalma és terhelése miatt – kritikus volt, a projekt keretében lehetőségünk volt beton alapszerkezetű, beépített szivárgócsövekkel védett, az eredeti téglával burkolt szakaszos megerősítésre, a támfal teljes hosszában.
 - Pergolák felújítása és bővítése: a kúszónövény-gyűjtemények pergoláinak faszervezeteit újra építettük, az Alsó Kertben a felújított Ménesi úti támfal alatt jelentős bővítésre is volt lehetőség, a felfutó növények gyűjteménye is gazdagodott.
 - Invazív fajok visszaszorítása, aprítékoló gép beszerzése: az arborétum teljes területére kiterjedően visszaszorítottuk az invazív, gyomosító fás- és lágyszárú növényeket, a beszerzett aprítékoló gép segítségével a zöldhulladékot helyben tudjuk aprítani és mulcsozásra vagy komposztálásra hasznosítani.
 - A Díszter történelmi rekonstrukciója: a pályázat lehetőséget adott, hogy az 1920-as években létrehozott állapotot rekonstruáljuk az arborétum emblemikus területén,

letisztult, mértani kert jellegű kialakításban, finom tereprendezéssel, gypszegélyek beépítésével és a teljes gypfelület felújításával.

- A fásszárú hazai és egzóta tematikus gyűjtemények növényanyagának fejlesztésére arborétumszerte több mint 300 új díszfa és díszcserje taxon telepítésével került sor.
- **2014-2015. Faápolási tanösvény felújítása, idős fák ápolása** (1-2. ütem)
- **2015. A Budai Arborétum jeltáblarendszerének megújítása:** új, függesztett, QR-kóddal ellátott jeltáblák, melyek a Budapesti Corvinus Egyetem honlaprendszerében létrehozott arborétumi honlapra navigálva növényleírásokkal is tájékoztatták a látogatókat, hallgatókat.
- **2016. Idős fák ápolása** (3. ütem)
- **2017. Újabb tófelújítás:** a kerti tó medrének tisztítása, túlburjánzott növények (gyékények, tündérrózsák) visszaszorítása.
- **2017. Hagymás gyűjtemény fejlesztése:** több mint 2300 hagyma és gumó eltelepítése hallgatói gyakorlatokon.
- **2018. Padok felújítása, gyűjteményfejlesztés:** a rongálások, elhasználódás hatásainak csökkentése a padok újrafestésével, sérült részek cseréjével. A fásszárú gyűjtemény újabb fejlesztése keretében 34 új taxon, 65 példány telepítésére került sor arborétumszerte (1. táblázat).
- **2019-2022. Újabb hagymásgyűjtemény-fejlesztések**
- **2021. Honlapfejlesztés:** a megalakult Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem oldalain megújult, és frissült a Budai Arborétum honlapja.
- **2021. „Bútort az Arborba!”:** a Rerrich Béla Tájépítész Szakkollégiummal közreműködésben az arborétumban hallgatói tervpályázat keretében kiválasztott és alkotóhét keretében elkészített padok, kiülők létesültek az Alsó Kertben.
- **2022. Újabb gyűjteményfejlesztés:** 28 új fásszárú faj és fajta telepítésével gazdagodott az arborétum növénygyűjteménye (1. táblázat).
- **2022-2023. Online térkép készítése:** az arborétum honlapján a fák és nagyobb cserjék egyedeinek pontos helyét bemutató online térkép létesült, mely a terepen a hallgatók és látogatók okos eszközeinek segítségével jeltáblák nélkül is lehetővé teszi a növényismeret elsajátítását.
- **2023. „Jubileumi” hagymásgyűjtemény-fejlesztés:** 30 új hagymás évelő taxon, összesen 2770 virághagyma telepítésére került sor.
- **2023. Jubileumi fásszárú gyűjteményfejlesztés:** 73 új díszfa- és díszcserjetaxon, 173 példány telepítésére került sor az arborétum teljes területén.

1. táblázat. A Budai Arborétumban 2018-2022. között telepített díszfa- és díszcserje-taxonok telepítési helye és kezdeti fejlődésük

Sz.	Név	Telepítés éve	Telepítés helye (kertrész)	Telepítés helye* (szelvény)	Állapot (0-5)**	Megjegyzés
1.	<i>Acer campestre</i> L. 'Lienco'	2018	Alsó Kert	16-A3	4	
2.	<i>Acer davidii</i> Franch.	2018	Alsó Kert	10-A1 10-A2	3	
3.	<i>Acer platanoides</i> L. 'Drummondii'	2018	Alsó Kert	16-B3	4	
4.	<i>Albizia julibrissin</i> Durazz. 'Chocolate Fountain'	2018	Alsó Kert	10-B1 21-A2	0	
5.	<i>Albizia julibrissin</i> Durazz. 'Ombrella'	2018 2021	Alsó Kert	10-B1 21-A2	0	<i>Botryosphaeria dothidea</i> fertőzés okozta pusztulás
6.	<i>Aronia melanocarpa</i> (Michx.) Elliott	2018	Felső Kert	5-B1	3	
7.	<i>Berberis thunbergii</i> DC. 'Ruby Star'	2018	Alsó Kert	20-A1	4	
8.	<i>Betula pendula</i> Roth 'Royal Frost'	2018	Alsó Kert	18-B3	0	
9.	<i>Betula pendula</i> Roth 'Youngii'	2018	Alsó Kert Felső Kert	20-C2 5-A2	1 0	
10.	<i>Betula utilis</i> subsp. <i>jacquemontii</i> (Spach) Kitam.	2018	Alsó Kert	18-A3	0	
11.	<i>Campsis radicans</i> (L.) Bureau 'Indian Summer'	2018	Alsó Kert	10-C1	5	
12.	<i>Cercis canadensis</i> L. 'Forest Pancy'	2018	Felső Kert	7-B3	0	
13.	<i>Chamaecyparis lawsoniana</i> (A.Murray bis) Parl. 'Columnaris'	2018	Alsó Kert	17-B2 18-A2	5	
14.	<i>Chamaecyparis lawsoniana</i> (A.Murray bis) Parl. 'Fletcheri'	2018	Alsó Kert	16-C1 17-B2	4 4	
15.	<i>Chamaecyparis lawsoniana</i> (A.Murray bis) Parl. 'Silvania'	2018	Alsó Kert	16-C2 18-B2	0 0	
16.	<i>Chamaecyparis lawsoniana</i> (A.Murray bis) Parl. 'Stardust'	2018	Alsó Kert	17-A1	0 4	
17.	<i>Clerodendrum trichotomum</i> Thunb. 'Fargesii'	2018	Alsó Kert	11-C1	5	
18.	<i>Crataegus viridis</i> L. 'Winter King'	2018	Alsó Kert	16-A2	1	
19.	<i>Deutzia × hybrida</i> Lemoine 'Pink Pom-Pom'	2018	Alsó Kert	18-A1	3	
20.	<i>Eucalyptus pauciflora</i> subsp. <i>niphophila</i> (Maiden & Blakely) L.A.S.Johnson & Blaxell	2018	Felső Kert	8-A3	0	
21.	<i>Feijoa sellowiana</i> (O.Berg) O.Berg syn. <i>Acca sellowiana</i> (O.Berg) Burret	2018	Alsó Kert	10-B1	4	
22.	<i>Fagus sylvatica</i> L. 'Purple Fountain'	2018	Felső Kert	5-A2	5	
23.	<i>Juniperus communis</i> L. 'Repanda'	2018	Alsó Kert	14-C3	3	
24.	<i>Juniperus horizontalis</i> Moench 'Andorra Compact'	2018	Alsó Kert	15-A3	3	
25.	<i>Juniperus squamata</i> D.Don 'Blue Star'	2018	Felső Kert	4-B1	5	

Sz.	Név	Telepítés éve	Telepítés helye (kertrész)	Telepítés helye* (szelvény)	Állapot (0-5)**	Megjegyzés
26.	<i>Picea abies</i> (L.) H.Karst. 'Lackó'	2018	Alsó Kert	16-B3	0	
27.	<i>Picea abies</i> (L.) H.Karst. 'Tompá'	2018	Alsó Kert	16-B3	2	
28.	<i>Pittosporum tobira</i> (Thunb.) W.T.Aiton 'Nanum'	2018	Alsó Kert	10-C1	5	
29.	<i>Pittosporum truncatum</i> E.Pritz.	2018	Alsó Kert	9/2	5	
30.	<i>Pyrus salicifolia</i> Pall. 'Pendula'	2018	Alsó Kert	10-A3	0	
31.	<i>Robinia pseudoacacia</i> L. 'Frisia'	2018	Felső Kert	7-B2	4	
32.	<i>Sambucus nigra</i> L. 'Aurea'	2018	Felső Kert	9-A1	0	
33.	<i>Sambucus nigra</i> L. 'Black Beauty'	2018	Felső Kert	9-B1	0	
34.	<i>Viburnum nudum</i> L. 'Pink Beauty'	2018	Alsó Kert	11-B3	4	
35.	<i>Viburnum nudum</i> L. 'Pink Beauty'	2018	Alsó Kert	11-B3	0	
36.	<i>Ginkgo biloba</i> L. 'Hetych'	2019	Alsó Kert	16-C3	5	
37.	<i>Crataegus viridis</i> L. 'Winter King'	2020	Felső Kert	4-C3	2	
38.	<i>Tilia</i> 'Szent István'	2019	Alsó Kert	15-B3	3	
39.	<i>Cedrus atlantica</i> (Endl.) Manetti ex Carrière	2021	Alsó Kert	16-C3	5	
40.	<i>Pyrus communis</i> L. 'Árpával Éró'	2021	Alsó Kert	10-A2	0	tűzelhalás okozta pusztulás
41.	<i>Acer campestre</i> L. 'Carnival'	2022	Alsó Kert	16-B3	3	
42.	<i>Acer campestre</i> L. 'Elsrijk'	2022	Alsó Kert	16-B3	5	
43.	<i>Acer tataricum</i> L. 'Laciniatum'	2022	Alsó Kert	16-A3	5	
44.	<i>Aesculus × carnea</i> Zeyh. 'Briotti'	2022	Felső Kert	7-B3	5	
45.	<i>Aesculus turbinata</i> Blume	2022	Felső Kert	7-A3	3	
46.	<i>Betula utilis</i> D.Don 'Jacquemontii'	2022	Felső Kert	5-B1	4	
47.	<i>Buddleja globosa</i> Hope	2022	Alsó Kert	16-B2	5	
48.	<i>Buddleja officinalis</i> Maxim.	2022	Alsó Kert	16-B3	5	
49.	<i>Cercis canadensis</i> L.	2022	Felső Kert	7-B3	1	
50.	<i>Corylus avellana</i> L. 'Pendula'	2022	Alsó Kert	12-B1	4	
51.	<i>Crataegus × dsungarica</i> Zabel ex Lange	2022	Felső Kert	4-B3	3	
52.	<i>Crataegus orientalis</i> subsp. <i>orientalis</i> syn. <i>C. schraderiana</i> Ledeb.	2022	Felső Kert	4-C3	3	
53.	<i>Crataegus songarica</i> K.Koch	2022	Alsó Kert	16-A2	3	
54.	<i>Cupressus sempervirens</i> f. <i>stricta</i> (Aiton) Rehder	2022	Felső Kert	2-B3	5	
55.	<i>Decaisnea fargesii</i> Franch.	2022	Alsó Kert	10-C1	5	
56.	<i>Edgeworthia chrysantha</i> Lindl.	2022	Alsó Kert	11-A1	5	
57.	<i>Eleutherococcus senticosus</i> (Rupr. & Maxim.) Maxim.	2022	Alsó Kert	12-C1	3	
58.	<i>Fagus sylvatica</i> 'Dawyck Purple'	2022	Felső Kert	4-C3	5	
59.	<i>Ginkgo biloba</i> L. 'Tremonia'	2022	Alsó Kert	18-A3	5	

Sz.	Név	Telepítés éve	Telepítés helye (kertrész)	Telepítés helye* (szelvény)	Állapot (0-5)**	Megjegyzés
60.	<i>Hamamelis virginiana</i> L.	2022	Felső Kert	4-B2	4	
61.	<i>Hesperocyparis arizonica</i> (Greene) Bartel syn. <i>Cupressus arizonica</i> Greene 'Fastigiata'	2022	Felső Kert	2-B3	4	
62.	<i>Hydrangea aspera</i> Buch.-Ham. ex D.Don 'Villosa'	2022	Felső Kert	4-B2	4	
63.	<i>Hydrangea paniculata</i> Siebold 'Early Sensation'	2022	Alsó Kert	12-B2	3	
64.	<i>Hydrangea paniculata</i> Siebold 'Sundae Fraise'	2022	Alsó Kert	12-B2	4	
65.	<i>Idesia polycarpa</i> Maxim.	2022	Felső Kert	9-A1	5	
66.	<i>Ilex</i> × <i>meserveae</i> S.Y.Hu 'Heckenfee'	2022	Alsó Kert	21-B3 21-B3 21-B3	5 5 0	
67.	<i>Ilex cassine</i> subsp. <i>cassine</i> syn. <i>Ilex castaneifolia</i> Decne.	2022	Alsó Kert	10-C1	4	
68.	<i>Koelreuteria bipinnata</i> Franch. syn. <i>Koelreuteria integrifoliola</i> Merr.	2022	Alsó Kert	11-B2 11-C2	5 5	
69.	<i>Lagerstroemia</i> L. 'Natchez'	2022	Alsó Kert	21-A2	5	
70.	<i>Liquidambar styraciflua</i> L.	2022	Felső Kert	4-B3	4	
71.	<i>Liriodendron tulipifera</i> L.	2022	Alsó Kert	16-A2	2	
72.	<i>Lonicera</i> × <i>heckrottii</i> Osborn	2022	Felső Kert	9-A2	5	
73.	<i>Lonicera</i> × <i>tellmanniana</i> Magyar ex H.L.Späth	2022	Felső Kert	9-A2	5	
74.	<i>Lonicera periclymenum</i> L. 'Graham Thomas'	2022	Felső Kert	9-A2	5	
75.	<i>Mallotus japonicus</i> (L.f.) Müll.Arg.	2022	Alsó Kert	7-B1	5	
76.	<i>Morus indica</i> L. syn. <i>Morus latifolia</i> Poir. 'Spirata'	2022	Felső Kert	4-C3	5	
77.	<i>Morus nigra</i> L. 'Pumila'	2022	Alsó Kert	11-A3	3	
78.	<i>Morus indica</i> L. syn. <i>Morus rotundiloba</i> Koidz. 'Mojo Berry'	2022	Felső Kert	4-C3	4	
79.	<i>Myrtus communis</i> subsp. <i>tarentina</i> (L.) Nyman	2022	Alsó Kert	11-B2 11-B2	5	
80.	<i>Parrotia persica</i> C.A.Mey. 'Vanessa'	2022	Felső Kert	6-C3	3	
81.	<i>Photinia serratifolia</i> (Desf.) Kalkman 'Crunchy'	2022	Alsó Kert	21-B3 21-B3	3	
82.	<i>Physocarpus opulifolius</i> (L.) Maxim. 'Diabolo'	2022	Alsó Kert	12-B2	4	
83.	<i>Physocarpus opulifolius</i> (L.) Maxim. 'Red Baron'	2022	Alsó Kert	12-B2	4	

Sz.	Név	Telepítés éve	Telepítés helye (kertrész)	Telepítés helye* (szelvény)	Állapot (0-5)**	Megjegyzés
84.	<i>Pinus sabiniana</i> Douglas	2022	Alsó Kert	10-A3	4	
85.	<i>Quercus dentata</i> Thunb.	2022	Felső Kert	6-A2	4	csipkés poloska károsítás
86.	<i>Quercus phellos</i> L.	2022	Felső Kert	6-C2 6-B3	4 4	
87.	<i>Rhaphiolepis umbellata</i> (Thunb.) Makino	2022	Alsó Kert	11-A2	5	
88.	<i>Robinia hispida</i> L.	2022	Alsó Kert	10-B2	3	
89.	<i>Rosa glauca</i> Pourr.	2022	Alsó Kert	11-B3	3	
90.	<i>Rosa rugosa</i> Thunb.	2022	Alsó Kert	10-A2	4	
91.	<i>Salix babylonica</i> L. syn. <i>Salix matsudana</i> Koidz. 'Aranyspirál'	2022	Alsó Kert	16-C3 16-C3 16-C3 16-B2 16-B2 16-B2	4 2 2 2 2 2	
92.	<i>Salvia rosmarinus</i> Spenn. syn. <i>Rosmarinus officinalis</i> 'Erectus'	2022	Alsó Kert	11-B2	5	
93.	<i>Sequoiadendron giganteum</i> (Lindl.) J.Buchholz	2022	Alsó Kert	18-A1	4	
94.	<i>Sorbus veszpremensis</i> Barabits	2022	Alsó Kert	12-A3	5	
95.	<i>Styphnolobium japonicum</i> (L.) Schott 'Golden Treasure'	2022	Alsó Kert	10-B2 15-A2	5 2	
96.	<i>Tilia cordata</i> Mill. 'Winter Orange'	2022	Alsó Kert	15-B2 15-B3	3 3	
97.	<i>Ulmus minor</i> Mill. 'Variegata'	2022	Felső Kert	5-A1	3	
98.	<i>Zanthoxylum americanum</i> Mill.	2022	Alsó Kert	11-B1	4	
99.	<i>Zanthoxylum armatum</i> DC. var. <i>armatum</i> syn. <i>Zanthoxylum Z. planispinum</i> Siebold & Zucc.	2022	Alsó Kert	11-B1	4	
100.	<i>Crataegus laevigata</i> (Poir.) D.C. 'Punicea'	2022	Felső Kert	7-B1	3	

* A telepítés helyénél megadott szelvéyszámok Schmidt (2018) növényterképe nyomán.

** Állapotértékek: a növények 2023 novemberéig tapasztalt fejlődését, állapotát bonitálással jellemeztük a következő skála szerint: 0 – kipusztult; 1 – láthatóan károsodott, nem fejlődik; 2 – károsodás nem látható, de érdemi fejlődés telepítése óta nem történt; 3 – lassan fejlődik; 4 – kielégítően fejlődik; 5 – kiválóan fejlődik.

Table 1. Place of planting and initial development of taxa of ornamental trees and shrubs planted in the Buda Arboretum between 2018-2022

A táblázat adatai alapján elmondható, hogy az újabb telepítésű taxonok többsége jól, vagy viszonylag jól fejlődik az arborétum területén, egyes nemzetségek képviselői azonban, mint például a *Betula* L., *Chamaecyparis* Spach taxonok a 2021 ősztől 2022 nyarának végéig tartó súlyos aszály, szeles és légköri aszályos időjárás következtében jelentősen károsodtak vagy el is pusztultak.

A Budai Arborétum alapításának 130. évfordulója alkalmából 2023-ban telepített díszfa – és díszcserje taxonjait betűrendben az alábbiakban soroljuk fel:

<i>Abies concolor</i> (Gordon & Glend.) Lindl. ex Hildebr. 'Hexe'	<i>Elaeagnus umbellata</i> Thunb. 'Amoroso'
<i>Acer cappadocicum</i> Gled. 'Aureum'	<i>Euonymus alatus</i> Elmer
<i>Acer conspiciuum</i> van Gelderen & Oterdoom 'Red Flamingo'	<i>Euonymus alatus</i> Elmer 'Fire Ball'
<i>Albizia julibrissin</i> Durazz. 'Chocolate Fountain'	<i>Exochorda racemosa</i> (Fortune ex Lindl.) Rehder 'Blushing Pearl'
<i>Albizia julibrissin</i> Durazz. 'Summer Chocolate'	<i>Ficus carica</i> Tourn. ex L. 'Ronde de Bordeaux'
<i>Ampelopsis glandulosa</i> var. <i>heterophylla</i> (Thunb.) Momiy.	<i>Fraxinus ornus</i> L. 'Bobi'
<i>Calliandra surinamensis</i> Benth. 'Dixie Pink'	<i>Fraxinus ornus</i> L. 'Pilis' × <i>Hesperotropsis leylandii</i> (A.B.Jacks. & Dallim.) Garland & Gerry Moore 'Blue Jeans'
<i>Campsis radicans</i> (L.) Bureau 'Gabor'	<i>Hibiscus syriacus</i> L. 'Starburst Chiffon'
<i>Carpinus japonica</i> Blume	<i>Hydrangea paniculata</i> Siebold 'Little Lime'
<i>Caryopteris × clandonensis</i> A. Simmonds 'Summer Sorbet'	<i>Hydrangea paniculata</i> Siebold 'Tardiva'
<i>Cedrus deodara</i> (Roxb. ex D.Don) G.Don 'Feelin Blue'	<i>Hydrangea serrata</i> (Thunb.) Ser. 'Grayswood'
<i>Chaenemoles speciosa</i> (Sweet) Nakai 'Pink Storm'	<i>Itea virginica</i> L. 'Henry's Garnet'
<i>Choisya ternata</i> Kunth 'Aztec Pearl'	<i>Juniperus scopulorum</i> Sarg. 'Moonglow'
<i>Choisya ternata</i> Kunth 'Gold Finger'	<i>Lavandula × intermedia</i> Emeric ex Loisel.
<i>Clematis armandi</i> Franch.	<i>Liquidambar styraciflua</i> L.
<i>Clethra alnifolia</i> L. 'Ruby Lace'	<i>Liquidambar styraciflua</i> L. 'Worplesdon'
<i>Cornus alba</i> L. 'Kesselringii'	<i>Liriodendron tulipifera</i> L.
<i>Cornus alba</i> L. 'Sibirica'	<i>Liriodendron tulipifera</i> L. 'Fastigiata'
<i>Corylus avellana</i> L. 'Contorta'	<i>Lonicera involucrata</i> var. <i>ledebourii</i> (Eschsch.) Jeps.
<i>Cotoneaster horizontalis</i> Decne.	<i>Mahonia fortunei</i> (Lindl.) Fedde
<i>Crataegus × lavallei</i> Hérincq ex Lavallée 'Carrierei'	<i>Malus</i> Mill. Rudolph
<i>Deutzia × hybrida</i> Lemoine 'Tourbillon Rouge'	<i>Morus alba</i> L. 'Nana'
<i>Deutzia kalmiflora</i> Lemoine	<i>Parthenocissus quinquefolia</i> (L.) Planch. 'Yellow Wall'
	<i>Picea laxa</i> (Münchh.) Sarg. 'Alberta Globe'
	<i>Picea orientalis</i> (L.) Peterm. 'Aureospicata'
	<i>Prunus</i> L. 'Snow Fountain'
	<i>Prunus incisa</i> Thunb. 'Mikinori'

<i>Prunus incisa</i> Thunb. 'Oshidori'	<i>Salix caprea</i> L. 'Pendula'
<i>Prunus incisa</i> Thunb. 'Paean'	<i>Salix</i> × <i>pendulina</i> nothof. <i>erythroflexuosa</i>
<i>Prunus lusitanica</i> Walter	I.V.Belyaeva
<i>Prunus lusitanica</i> Walter 'Angustifolia'	<i>Salix integra</i> Thunb. 'Hakuro Nishiki'
<i>Prunus maackii</i> Rupr. 'Amber Beauty'	<i>Spiraea thunbergii</i> S
<i>Prunus spinosa</i> L.	iebold ex Blume 'Fujino Pink'
<i>Prunus triloba</i> Lindl. 'Multiplex'	<i>Syringa pubescens</i> subsp. <i>microphylla</i> (Diels)
<i>Prunus virginiana</i> L. 'Canada Red'	M.C.Chang & X.L.Chen 'Red Pixie'
<i>Pseudocodonia sinensis</i> (Dum.Cours.)	<i>Syringa vulgaris</i> L. 'Belle de Nancy'
C.K.Schneid.	<i>Thymus vulgaris</i> L. 'Faustini'
<i>Pyrus elaeagrifolia</i> Pall. 'Silver Frost'	<i>Viburnum plicatum</i> Thunb. 'Lanarth'
<i>Pyrus salicifolia</i> Pall. 'Pendula'	<i>Viburnum plicatum</i> Thunb. 'Popcorn'
<i>Quercus</i> × <i>bimundorum</i>	<i>Weigela florida</i> (Bunge) A.DC. 'Variegata'
E.J.Palmer 'Crimson Spire'	<i>Ziziphus jujuba</i> Mill. 'Ghert's Giant'.

A kiültetett növények fejlődését folyamatosan figyelemmel kísérjük. Jó fejlődésüket megalapozza 2023 őszének csapadékosabb időjárása.

Felhasznált irodalom

1. Hegedűs A. és Honfi P. 2022. A Budai Campus története és kincsei. In: Balázs Gusztáv (szerk.): *A Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem Képes Krónikája*. Gödöllő: Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, pp. 63-75.
2. Honfi P. (szerk.) 2012. A megújult Budai Arborétum. Budapesti Corvinus Egyetem Kertészettudományi Kar, Budapest
3. Osváth Zs. 2014. Másfél évszázada a Gellért-hegy déli lejtőjén. Az épített örökség intézménytörténeti tudathordozó funkciója a Budapesti Corvinus Egyetem Budai Campusán. *Per Aspera Ad Astra* I. évfolyam, 2014/2. szám. doi:10.15170/PAAA.2014.01.02.06
4. Schmidt G. (szerk.) 2018. A Budapesti Corvinus Egyetem Budai Arborétuma. Budapest: Budapesti Corvinus Egyetem Kertészettudományi Kar Dísznövénytermesztési és Dendrológiai Tanszék
5. Schmidt G. és Hámori Z. 2003. A Budai Arborétum története. In: Zalai Kovács Éva (szerk.): *150 év a kertészettudományi, élelmiszertudományi és tájépítészeti oktatás szolgálatában*. Budapest: BKÁE Kertészettudományi Kar, Élelmiszertudományi Kar, Tájépítészeti, -védelmi és fejlesztési Kar, pp. 141-164.

The development history of the plant collection of the 130 year-old Buda Arboretum

HONFI, P., SÜTÖRI-DIÓSZEGI, M.

Department of Floriculture and Dendrology,
Institute of Landscape Architecture, Urban Planning and Garden Art,
Hungarian University of Agriculture and Life Sciences

E-mail: honfi.peter@uni-mate.hu

Summary

The first plants of the Buda Arboretum were planted 130 years ago, in 1893-94. The arboretum is one of the most important collection gardens in Hungary, which is home to almost 2000 species of woody shrubs and nearly 500 species of herbaceous ornamental plants in the special microclimatic conditions on the southern slope of Gellért Hill. The development of the collection has continued uninterrupted to the present day, the effects of climate change must also be taken into account when planting new taxa.

Keywords: plant collection development, garden history, landscape garden, dendrology, nature conservation

Szerzők:

Honfi Péter (kapcsolattartó szerző) – PhD, egyetemi docens, tanszékvezető, Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, Tájépítészeti, Településtervezési és Díszkertészeti Intézet, Dísznövénytermesztési és Dendrológiai Tanszék, 1118 Budapest, Villányi út 29-43.

Sütöriné Diószegi Magdolna – PhD, egyetemi adjunktus, Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, Tájépítészeti, Településtervezési és Díszkertészeti Intézet, Dísznövénytermesztési és Dendrológiai Tanszék, 1118 Budapest, Villányi út 29-43.

Dimény Judit (1948-2023)



Dimény Judit 1948-ban született. Középiskolai tanulmányait követően a Kertészeti és Élelmiszeripari Egyetemen szerzett okleveles kertészmérnök végzettséget 1971-ben. 1980-ban mezőgazdasági vállalatgazdálkodási szakmérnöki oklevelet szerzett. Ezt követően hosszú időn keresztül szaktanácsadói tevékenységet is folytatott. Doktori kutatásait az egyetem Zöldségtermesztési Tanszékén kezdte meg. 1978-ban egyetemi doktori fokozatot szerzett, amelyben az étkezési paprika vízfogyasztására ható tényezőket vizsgálta. Disszertációjában a zöldbab termesztésével és technológia fejlesztéssel foglalkozott, kandidátusi értekezését 1986-ban védte meg. Oktatóként a tanszék munkájába nagy lelkesedéssel

és energiával kapcsolódott be. Kollégái, pályatársai kiváló szervezőként jellemezték. Az egyetemi hallgatók kedvelték közvetlen és barátságos stílusáért, nyitottságáért. A hallgatói csoportokat és szakszemináriumokat már fiatalon is kiválóan vezette, ezen képességeit később dékánként is kamatoztatta. Szakmailag és emberileg nagyon segítette a fiatal kollégákat, pályájuk egyengetésében aktívan kivette a részét.

1994-ben a Gödöllői Agrártudományi Egyetem Kertészeti tanszékére került, mint egyetemi docens és a tanszék vezetője lett. Későbbiekben, a létrejött Kertészeti Technológiai Intézet igazgatói feladatait látta el. Gyorsan beilleszkedett a GATE Mezőgazdasági és Környezettudományi Kar munkájába. Az Ő vezetésével került kidolgozásra és bevezetésre az egyetemen a Kertészmérnök B.Sc. képzés és Ő volt a szak vezetője. A Mezőgazdasági és Környezettudományi Karon egy cikluson keresztül oktatási dékánhelyettes és ezt követően két cikluson keresztül a Kar dékánja volt. Mindig nagyon fontosnak tartotta a gyakorlattal való kapcsolattartást és ennek megvalósításáért sokat is tett. 1999-ben egyetemi tanárrá nevezték ki és ebben az

évben a Széchényi professzori ösztöndíjat is elnyerte. 2004-ben Magyar Köztársasági Érdemrend lovagkeresztje kitüntetést kapta meg. 2005-től a MAB- Agrár és agrár-műszaki bizottság tagja. 2007-2009 között a MAB Élettudományi kollégiumának elnöke és a MAB vezetőségi tagja is volt. Témavezetettjei közül hárman szereztek Ph.D fokozatot. 2012-ben vonult nyugdíjba.

Emléked megőrizzük. Nyugodj békében!

Helyes Lajos
egyetemi tanár

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@uni-mate.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-kí 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 cikkekét. 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 véleményezőök 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.

Szerzők

Deák Tamás – PhD, egyetemi docens, MATE Szőlészeti és Borászati Intézet, 1118 Budapest, Villányi út 29-43.

Hamar-Farkas Dóra – tudományos segédmunkatárs, MATE, Tájépítészeti, Településtervezési és Díszkertészeti Intézet, Dísznövénytermesztési és Zöldfelületgazdálkodási Kutatócsoport, 1223 Budapest, Park utca 2.

Honfi Péter – PhD, egyetemi docens, tanszékvezető, MATE, Településtervezési és Díszkertészeti Intézet, Dísznövénytermesztési és Dendrológiai Tanszék, 1118 Budapest, Villányi út 29-43.

Horotán Katalin – laboráns, Eszterházy Károly Katolikus Egyetem, Biológiai Intézet, Állattani Tanszék, 3300 Eger, Leányka út 6.

Hrotkó Károly – Dsc, professzor emeritus, MATE, Tájépítészeti, Településtervezési és Díszkertészeti Intézet, Dísznövénytermesztési és Dendrológiai Tanszék, 1118 Budapest, Villányi út 29-43.

Jahnke Gizella – PhD, tudományos tanácsadó, MATE Szőlészeti és Borászati Intézet, Badacsonyi Kutatóállomás, 8261 Badacsonytomaj-Badacsony, Római út 181.

Kajtár-Czinege Anikó – főiskolai tanársegéd, Neumann János Egyetem, Kertészeti és Vidékfejlesztési Kar, Kertészeti Tanszék, 6000 Kecskemét, Izsáki út. 10.

Kisvarga Szilvia – PhD, tudományos főmunkatárs, MATE, Tájépítészeti, Településtervezési és Díszkertészeti Intézet, Dísznövénytermesztési és Zöldfelületgazdálkodási Kutatócsoport, 1223 Budapest, Park utca 2.

Kundrát-Simon Edina – PhD, egyetemi tanár, Debreceni Egyetem, Antropocén Ökológia Kutatócsoport, 4032 Debrecen, Egyetem tér 1.

Nyitrai Sárdy Diána – PhD, intézetigazgató, egyetemi tanár, MATE Szőlészeti és Borászati Intézet, 1118 Budapest, Ménesi út 45.

Oláh Krisztina – kutató mérnök, MATE Szőlészeti és Borászati Intézet, Kecskeméti Kutatóállomás, 6000 Kecskemét, Katona Zsigmond út 5.

Oláh Róbert – PhD, tudományos tanácsadó, MATE Szőlészeti és Borászati Intézet, Kecskeméti Kutatóállomás, 6000 Kecskemét, Katona Zsigmond út 5.

Orlói László – dr. univ., tudományos főmunkatárs, kutatócsoport vezető, MATE, Tájépítészeti, Településtervezési és Díszkertészeti Intézet, Dísznövénytermesztési és Zöldfelületgazdálkodási Kutatócsoport, 1223 Budapest, Park utca 2.

Ostényiné Krauczi Éva – PhD, főiskolai adjunktus, Neumann János Egyetem, GAMF Műszaki és Informatikai Kar, Alaptudományi Tanszék, 6000 Kecskemét, Izsáki út. 10.

Ördögh Máté – PhD, egyetemi adjunktus, MATE, Tájépítészeti, Településtervezési és Díszkertészeti Intézet, Dísznövénytermesztési és Dendrológiai Tanszék, 1118 Budapest, Villányi út 29-43.

Pék Miklós - kutató nemesítő, MATE, Kertészettudományi Intézet, Zöldélelmiszer Kutató Központ, 6300 Kalocsa, Obermayer tér 9.

Solti Ádám – PhD, habilitált egyetemi docens, Eötvös Loránd Tudományegyetem, Növényélettani és Molekuláris Növénybiológiai Tanszék, 1117 Budapest, Pázmány Péter sétány 1/c.

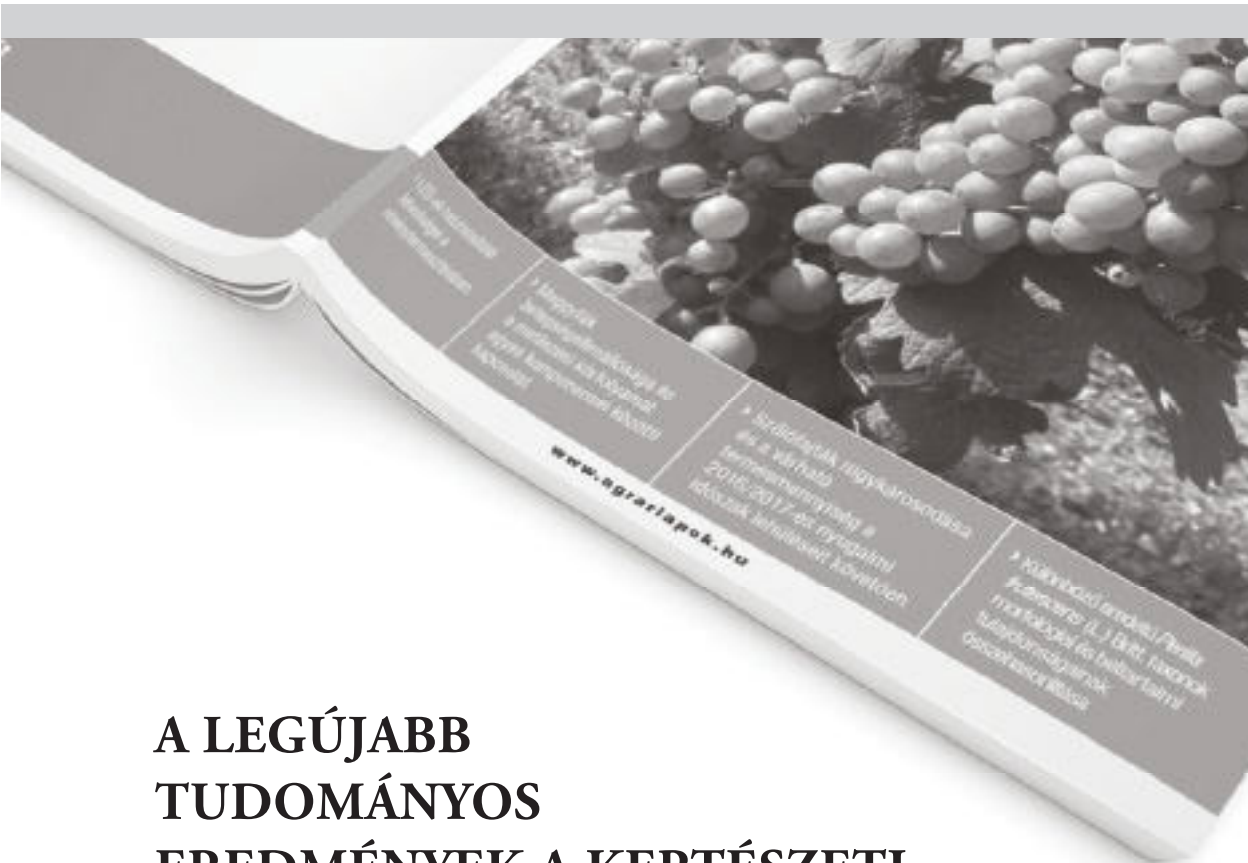
Sütöriné Diószegi Magdolna – PhD, egyetemi adjunktus, Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, Tájépítészeti, Településtervezési és Díszkertészeti Intézet, Dísznövénytermesztési és Dendrológiai Tanszék, 1118 Budapest, Villányi út 29-43.

Szegedi Ernő – DSc, tudományos tanácsadó, MATE Szőlészeti és Borászati Intézet, Kecskeméti Kutatóállomás, 6000 Kecskemét, Katona Zsigmond út 5.

Turcsán Mihály – tudományos segédmunkatárs, MATE Szőlészeti és Borászati Intézet, Kecskeméti Kutatóállomás, 6000 Kecskemét, Katona Zsigmond út 5.

Varga Zsuzsanna – PhD, tanszékvezető egyetemi docens, MATE Szőlészeti és Borászati Intézet, 1118 Budapest, Villányi út 29-43. , Zöldélelmiszer Kutató Központ, 6300 Kalocsa, Obermayer tér 9.

Kertgazdaság



A LEGÚJABB TUDOMÁNYOS EREDMÉNYEK A KERTÉSZETI TERMESZTÉS VILÁGÁBÓL

A folyóirat előfizethető a kiadónál
az info@agrarlapok.hu e-mail címen,
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: **6800 forint.**
További információ az info@agrarlapok.hu címen
vagy a 06-1-362-8141 telefonszámon.

Tartalom

GYÜMÖLCSTERMESZTÉS

3. KAJTÁR-CZINEGE ANIKÓ, OSZTÉNYINÉ KRAUCZI ÉVA, HROTKÓ KÁROLY: Szilvafajták és alanyok növekedése, valamint termőrész-képzése konténeres termesztésben, kétféle öntözéssel

ZÖLDSÉGTERMESZTÉS

23. PÉK MIKLÓS: A magyar fűszerpaprika kutatás aktuális kérdései

SZŐLÉSZET ÉS BORÁSZAT

33. TURCSÁN MIHÁLY, SZEGEDI ERNŐ, OLÁH KRISZTINA, OLÁH RÓBERT, JAHNKE GIZELLA, VARGA ZSUZSANNA, DEÁK TAMÁS, NYITRAINÉ SÁRDY DIÁNA: Referenciagénekre tervezett új primerek alkalmazhatósága rutinszerű szőlő vírusdiagnosztikai vizsgálatokhoz

DÍSZNÖVÉNYTERMESZTÉS

46. HOROTÁN KATALIN, ORLÓCI LÁSZLÓ, HAMAR-FARKAS DÓRA, SOLTI ÁDÁM, SIMON EDINA, ÖRDÖGH MÁTÉ, KISVARGA SZILVIA: *Rudbeckia hirta* (L.) gamma-sugárzással történő kezelésének hisztológiai és fiziológiai hatásai
68. HONFI PÉTER, SÜTÖRINÉ DIÓSZEGI MAGDOLNA: A 130 éves Budai Arborétum növénygyűjteményének fejlődéstörténete

84. MEGEMLÉKEZÉS

Dimény Judit

86. SZERZŐI ÚTMUTATÓ

88. SZERZŐK

Contents

FRUITS

3. KAJTÁR-CZINEGE, A., OSZTÉNYINÉ KRAUCZI, É., HROTKÓ, K.: Plum cultivars and rootstocks growth and development of fruiting laterals in container cultivation with two types of irrigation

VEGETABLES

23. PÉK, M.: Current issues of Hungarian spicy pepper research

GRAPES AND WINES

33. TURCSÁN, M., SZEGEDI, E., OLÁH, K., OLÁH, R., JAHNKE, G., VARGA, ZS., DEÁK, T., NYITRAINÉ SÁRDY, D.: Applicability of new primers designed on reference genes for routine grape virus diagnostic tests

ORNAMENTALS

46. HOROTÁN, K., ORLÓCI, L., HAMAR-FARKAS, D., SOLTI, Á., SIMON, E., ÖRDÖGH, M., KISVARGA, SZ.: Histological and Physiological Effects of Treatment of *Rudbeckia hirta* (L.) with Gamma Radiation
68. HONFI, P., SÜTÖRI-DIÓSZEGI, M.: The development history of the plant collection of the 130 year-old Buda Arboretum

84. COMMEMORATION

Dimény Judit

86. INSTRUCTION FOR AUTHORS

88. AUTHORS

130 éves a Budai Arborétum



5. KÉP:

A Felső Kert reprezentatív helyszíne a Díszter, történelmi kerti rekonstrukció után 2012-ben, Bereczki Máté pomológus mellszobrával és a Budai Campus szimbólumaként is ismert, eklektikus stílusú 'F' épülettel, a Magyar Királyi Kertészeti Tanintézet egykori igazgatósági épületével



6. KÉP:

A Budai Arborétum korábbi vezetője, Schmidt Gábor által szelektált, egyedülálló őszi lombszíneződésű perzsa varázsfa (*Parrotia persica*) fajta, a 'Tűzmadár' impozáns példánya az Alsó Kertben, a Ménesi úti támfal mellett



Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem
Budai Campus 2023

