



BUDAPESTI CORVINUS EGYETEM

**TÁPTALAJ KIEGÉSZÍTŐK MORFOLÓGIAI, ANATÓMIAI ÉS FIZIOLÓGIAI
HATÁSAI *SORBUS* TAXONOK MIKROSZAPORÍTÁSA SORÁN**

Doktori értekezés tézisei

ÖRDÖGH MÁTÉ

Témavezető:
Jámborné dr. Benczúr Erzsébet,
egyetemi tanár, CsS, habil

Készült a Budapesti Corvinus Egyetem
Dísznövénytermesztési és Dendrológiai Tanszékén

Budapest
2011

A doktori iskola

megnevezése: Kertészettudományi Doktori Iskola

tudományága: Növénytermesztési és kertészeti tudományok

vezetője: Dr. Tóth Magdolna
egyetemi tanár, DSc, habil
Budapesti Corvinus Egyetem, Kertészettudományi Kar,
Gyümölcsstermő Növények Tanszék

témavezető: Jámborné dr. Benczúr Erzsébet, egyetemi tanár, CSs, habil
Budapesti Corvinus Egyetem, Kertészettudományi Kar,
Dísznövénytermesztési és Dendrológiai Tanszék

A jelölt a Budapesti Corvinus Egyetem Doktori Szabályzatában előírt valamennyi feltételnek eleget tett, az értekezés műhelyvitájában elhangzott észrevételeket és javaslatokat az értekezés átdolgozásakor figyelembe vette, ezért az értekezés védési eljárásra bocsátható.

.....
Dr. Tóth Magdolna
(Az iskolavezető jóváhagyása)

.....
Jámborné dr. Benczúr Erzsébet
(A témavezető jóváhagyása)

1. BEVEZETÉS, KITŰZÖTT CÉLOK

Dísznövények sokaságának *in vitro* szaporítását végzik nagyüzemi módon, elsősorban a rövid idő alatt minél nagyobb mennyiségű, patogénmentes, fajtaazonos utód előállításának érdekében. A mikroszaporítás több szakaszra felosztható folyamatában fellépő stresszhatások döntő mértékben befolyásolhatják az adott növény *in vitro* szaporításának eredményességét. A sterilitás mellett az abiotikus körülményeknek is megfelelőeknek kell lenniük, nem feltétlenül a minél nagyobb mértékű sokszorozódás, hanem a jobb gyökeresedés, az akklimatizálást nagyobb arányban túlélő növények érdekében.

A *Sorbus* nemzetség számos tagjából viszonylag keveset (azok közül elsősorban a gazdaságilag jelentősebb *S. domestica*, *S. aucuparia* fajokat) szaporították *in vitro* körülmények között, mindazonáltal akadt példa az endémikus hibridek – köztük a dekoratív megjelenésű, fehér virágokkal, élénk színű termésükkel, őszi lombszínéződésükkel egyaránt díszítő *S. redliana* 'Burokvölgy' és *S. borbasii* 'Herkulesfürdő' – mikroszaporítására is.

E két berkenye estén a korábbi kutatások során elsősorban különféle cukrok (glükóz, fruktóz, szacharóz), egyes növekedésszabályozó anyagok (BA, BAR, 2iP) hatását vizsgálták. *In vitro* felszaporítási és gyökeresítési kísérleteimben újabb táptalaj-kiegészítők (például M-TOP, Titavit, HUMUS^R FW) alkalmazásával, valamint kombinációkkal (BA + KIN, BA + M-TOP) is kívántam az adott mikroszaporítási szakasz követelményeinek megfelelően kellően nagy számú, ugyanakkor jól fejlett, erőteljes sarjat vagy nagyobb mértékű gyökeresedést (továbbá az akklimatizálás szempontjából előnyösebben sűrűbb és rövidebb szálú gyökérzetet) elérni.

A kutatás során az alábbi feladatokat tűztem ki célul:

- A felszaporítás során az optimális fejlődést biztosító kiegészítő anyagok (BA, BAR, KIN, M-TOP, Titavit; ezeken kívül a BA + KIN, BA + M-TOP kombinációk) típusának és koncentrációjának megtalálását.

- Az *in vitro* gyökeresítéshez megfelelő módszer, valamint az alkalmazott kiegészítő anyagok (IVS, AC, Titavit, HUMUS^R FW) optimális koncentrációjának kiderítését.

- A mikroszaporítás különböző szakaszaiban lévő állományok (*in vitro* felszaporított és gyökeresített, valamint a szabadföldi körülményekből származó növények), illetve a különféle táptalaj-kiegészítőket tartalmazó táptalajokon nevelt egyedek közötti morfológiai, anatómiai, fiziológiai eltérések megtalálását.

- A szabadföldi növények szövettani sajátosságait leginkább megközelítő jellegzetességekhez vezető, a felszaporításnál és gyökeresítésnél használt anyagok, módszerek kiderítését.

- A vizsgált morfológiai, anatómiai, fiziológiai jellemzők (például a sarj- és gyökérképzés mértéke, levelek összes klorofilltartalma, POD enzimaktivitás) között egyértelmű összefüggések kimutatását.

2. ANYAG ÉS MÓDSZER

Mindkét berkenyét a Budai Arborétumban lévő anyafákról indították; a *S. redliana* 'Burokvölgy' fajtát Jámborné et al. (1998), a *S. borbasii* 'Herkulesfürdő'-t Kukor (2003). Saját kísérleteim forrásul a korábbi mikroszaporítási munkálatok helyszínéül is szolgáló Dísznövénytermesztési és Dendrológiai Tanszék mikroszaporító laboratóriumában fenntartott, csekély egyedszámú *in vitro* kultúrákat használtam fel; a további, felszaporítási és gyökeresítési kísérleteket is itt végeztem.

2.1. *In vitro* felszaporítás

A felszaporító táptalajok alapja a MURASHIGE és SKOOG által 1962-ben leírt MS táptalaj volt makro- és mikroelemekkel. 20 g/l szacharóz jelentette a szénhidrátforrást, a megfelelő szilárdságot 11 g/l agar-agar biztosította, továbbá 100 mg/l inositol is tartalmazott minden táptalaj. A pH 5,6-5,7-es értékét KOH-dal állítottam be (természetesen nem csak a felszaporító, hanem a gyökeresítő táptalajoknál is). A kiegészítőket (**1. táblázat**) autoklávozás (120 °C-on, 10⁵ Pa nyomáson, 35-40 percig) előtt adtam a táptalajokhoz.

2.2. *In vitro* gyökeresítés

A gyökeresítések során BM (JÁMBOR-MÁRTA, 1990) makroelemeket és HELLER (1952) mikroelemeket, valamint a **2. táblázaton** látható kiegészítőket tartalmazó S-táptalajokra kerültek a sarjak. Minden gyökeresítő táptalaj 30 g/l szacharózt, 11 g/l agar-agart és 100 mg/l inositol tartalmazott. Az indukciós (jelentősen megnövelt IVS tartalmú) táptalajon 2 napig voltak a sarjak, ezt követően kerültek aktív szén (*S. redliana* 'Burokvölgy') vagy Titavit, HUMUS^R FW (*S. borbasii* 'Herkulesfürdő') kiegészítésű táptalajokra.

1. táblázat: a berkenyék felszaporításakor használt MS táptalajok kiegészítői

Táptalaj jele	Kiegészítők (mg/l)												
	BA	BAR	KIN	M-TOP	IVS	Titavit	Táptalaj jele	BA	BAR	KIN	M-TOP	IVS	Titavit
A0 (kontrol)	-	-	-	-	-	-	A0 (kontrol)						
A1	0,25	-	-	-	0,05	-	BAK1	0,25	-	0,5	0	0,05	-
A2	0,5	-	-	-	0,05	-	BAK2	0,5	-	0,5	0	0,05	-
A3	0,75	-	-	-	0,05	-	BAK3	0,75	-	0,5	0	0,05	-
A4	1,0	-	-	-	0,05	-	BAK4	1,0	-	0,5	0	0,05	-
R1	-	0,25	-	-	0,05	-	BAT1	0,25	-	-	0,5	0,05	-
R2	-	0,5	-	-	0,05	-	BAT2	0,5	-	-	0,5	0,05	-
R3	-	0,75	-	-	0,05	-	BAT3	0,75	-	-	0,5	0,05	-
R4	-	1,0	-	-	0,05	-	BAT4	1,0	-	-	0,5	0,05	-
AK1	-	-	0,5	-	0,05	-	T1	-	-	-	-	-	0,5
AK2	-	-	0,75	-	0,05	-	T2	-	-	-	-	-	2,0
AK3	-	-	1,0	-	0,05	-	T3	-	-	-	-	-	5,0
AK4	-	-	2,0	-	0,05	-	T4	-	-	-	-	-	10,0
AT1	-	-	-	0,5	0,05	-							
AT2	-	-	-	0,75	0,05	-							
AT3	-	-	-	1,0	0,05	-							
AT4	-	-	-	2,0	0,05	-							

2. táblázat: A berkenyék gyökeresítésénél használt S-alaptáptalajok kiegészítői

Táptalaj jele	Berkenye neve (rövidítés)	Kiegészítők			
		IVS (mg/l)	AC (g/l)	Titavit (mg/l)	HUMUS ^R FW (ml/l)
S	S. RÉ	-	-	-	-
SIVS10	S. RÉ	1	-	-	-
SIVS15	S. RÉ	1,5	-	-	-
SIVS20	S. RÉ	2,0	-	-	-
SACIVS15	S. RÉ	1,5	1,0	-	-
Indukciós táptalaj	S. RÉ, S. BORB	15,0	-	-	-
AC0,5	S. RÉ	-	0,5	-	-
AC0,75	S. RÉ	-	0,75	-	-
AC1	S. RÉ	-	1,0	-	-
K	S. BORB	-	0,75	-	-
T1	S. BORB	-	0,75	1,0	-
T2	S. BORB	-	0,75	2,0	-
T3	S. BORB	-	0,75	4,0	-
H1	S. BORB	-	0,75	-	1,0
H2	S. BORB	-	0,75	-	2,0

2.3. Az *in vitro* tenyésztés fizikai körülményei

A tenyészeteket a tanszéki laboratórium klimatizált fényszobájában, 16 órás megvilágítás mellett tartottam, átlagosan 20-25 °C hőmérsékleten. A megvilágítási teljesítmény 10 W/m² volt, a növényeket tartalmazó (és 3 rétegben gázcserét biztosító, átlátszó fóliával fedett) Erlenmeyer lombikok polcai mintegy 40 cm-es magasságból voltak megvilágítva F30-as fénycsövekkel. Egy-egy lombikban 2 sarjat helyeztem el.

2.4. A vizsgált morfológiai tulajdonságok

A felszaporítás során a passzálástól számított 50-60. napon, a gyökeresítéskor fajtól és módszertől függően 79-95 nap elteltével az alábbi jellemzőket vizsgáltam, illetve határoztam meg:

- sarjak száma (db; felszaporítás és gyökeresítés)
- sarjak hossza (mm; felszaporítás és gyökeresítés)
- átlagos levélhossz (mm; felszaporítás és gyökeresítés)
- gyökerek száma (db; gyökeresítés) és hossza (mm; gyökeresítés)
- gyökerezési arány (%; gyökeresítés)

2.5. A klorofill tartalom meghatározása

A vizsgálatok elvégzésére BCE Élelmiszerkémiai és Táplálkozástudományi Tanszék Központi laboratóriumában került sor. Kezelésenként két minta került vizsgálatra; a levélminta előkészítését (homogenizálás, szűrés, acetonos átmosás, elválasztás, ismételt vizes öblítés és szűrés) követően hígításra került sor mindaddig, amíg az oldat abszorbanciája a spektrofotometriás mérésekhez szükséges legkedvezőbb értéket elérte 660 nm-en. Ezután következett a 660 és 642,5 nm hullámhosszokon végzett mérés. A kapott abszorbancia értékeket (A_{660} és $A_{642,5}$) felhasználva az összes klorofill (mg/g friss tömeg) = $7,12 A_{660} + 16,8 A_{642,5}$ képlettel számítható ki az összes klorofill tartalom (HELRICH, 1990).

2.6. A peroxidáz aktivitás vizsgálata

Az enzimaktivitás méréseket a BCE Élelmiszertudományi Kar Alkalmazott Kémia Tanszékének laboratóriumában végeztem. A vizsgálatokhoz először homogenizált növényi szövetkivonatot készítettem, kezelésenként 3 mintát véve a lombikból kivett sarjak leveleiből. A homogenizált mintákból a centrifugálást (4 °C, 20 perc, 13500 rpm) követően óvatosan leválasztott, szilárd részecskéket nem tartalmazó kivonatokot használtam fel a spektrofotometriás vizsgálatokhoz. A 440 nm-es hullámhosszra állított Varian UV spektrofotométerbe tett két küvetta egyike (vak) 0,6 ml K-foszfát puffert (0,1

M; pH = 6), 0,2 ml 0,015 M H₂O₂-t, 0,5 ml 0,02 M gvajakolt és 1,7 ml desztillált vizet tartalmazott, a másikba ugyanez a reakcióelegy került. A reakciót (ami során a peroxidáz enzim a hidrogén-peroxid redukálásához a gvajakol szubsztrátból vörösesbarna színű tetragvajakol terméket képez) ez utóbbi küvetta tartalmához adott 0,2 ml kivonat hozzáadásával indítottam. A reakció 440-470 nm hullámhosszon mért abszorbancia változással követhető. Az enzimaktivitást a $[(\Delta A_{1\text{min}}/60) * \text{hígulás} * 4]/\epsilon$ képlettel meghatározva $\mu\text{kat/g}$ (friss tömeg) mértékegységben adtam meg (CHANCE és MAEHLI, 1955; STEFANOVITSNÉ és HEGEDŰS, 2004).

2.7. A szövettani (anatómiai) vizsgálatok módszere

A morfológiai méréseket követő napokban került sor a levélminták előkészítésére a szövettani vizsgálatokhoz. A felszaporítási és gyökeresítési szakaszból származó *in vitro* növényeken kívül az arborétumban lévő (*ex vitro*) egyedekről is vettem leveleket, az anatómiai összehasonlítások végett. A minták előkészítése (tisztítás, darabolás, fixálás, víztelenítés, beágyazás, polimerizálás, faragás, metszetkészítés és – festés), a TESLA BS-500 scanning elektronmikroszkópos és a LEITZ LABORLUX S fénymikroszkópos vizsgálatok, a fényképfelvételek készítése és kiválasztása a BCE Élelmiszerkémiai és Táplálkozástudományi Tanszék Központi laboratóriumában történt.

2.8. Az adatok kiértékelésének módszerei

A kísérletek kiértékelése során egy- és kéttényezős varianciaanalízissel, Tukey-Kramer, Games-Howell-féle páronkénti összehasonlítással vettem össze a mérési eredményeket; ehhez Ropstat statisztikai programcsomagot használtam (VARGHA 2002, 2007 és 2008).

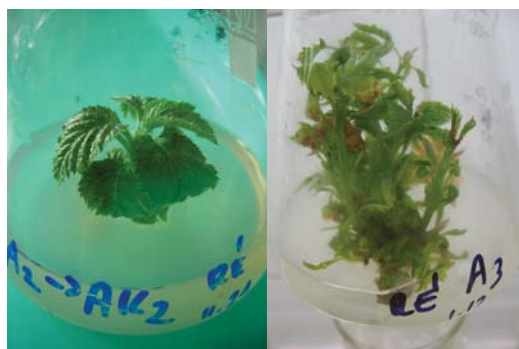
3. EREDMÉNYEK

3.1. Morfológiai jellemzők alakulása a *Sorbus* taxonok felszaporítása és gyökeresítése során

Felszaporítás során az önmagukban alkalmazott citokininek közül a BA növelte a legnagyobb mértékben a sarjak számát *S. redliana* 'Burokvölgy' esetén, a legtöbb (8,93 db) sarj (az összes felszaporító táptalajt is tekintve) 0,75 mg/l BA hatására képződött. A *Sorbus borbasii* 'Herkulesfürdő' számára a BA + M-TOP együttes vezetett a legnagyobb számú sarjhoz, kivált 0,5 mg/l BA + 0,5 mg/l M-TOP esetén (10,23 db). Legkevesé KIN, Titavit hatására szaporodtak a berkenyék, a kontrollhoz képest jórészt szignifikánsan nem eltérő (kettőnél mindig kevesebb) sarjszámokat kaptam (1-1,67 db).

A kontrollal összehasonlítva mindkét berkenye hosszabb sarjakat fejlesztett a különféle kiegészítők hatására. A legmagasabb koncentrációk szinte minden esetben csökkentették a sarjhosszt. A BA, M-TOP a *S. redliana* 'Burokvölgy', a BAR pedig (ami szinte minden esetben jóval 30 mm fölötti értékeket eredményezett) mindkét *Sorbus* esetén határozott hajtásmegnyúláshoz vezetett. A sarjszám és -hossz között többségében pozitív összefüggés mutatkozott.

A levelek hossza fordított arányban állt a sarjak számával. A kevés sarjat eredményező KIN, Titavit, valamint a mérsékelt sarjképzéshez vezető M-TOP hatására fejlődtek a többi kiegészítéssel szemben általában 10 mm-nél hosszabbra a levelek. A KIN mindkettő berkenye [1 mg/l: 17,8 mm (*S. redliana*); 0,5 mg/l: 12,8 mm (*S. borbasii*)], a Titavit inkább a *S. borbasii* 'Herkulesfürdő' (2,0 mg/l: 15,67 mm), az M-TOP elsősorban a *S. redliana* 'Burokvölgy' (0,5 mg/l: 16,2 mm) esetén eredményezte a leghosszabb, a 12 mm-t szinte mindig meghaladó leveleket. Az **1. és 2. ábrán** jól láthatók mindkét berkenye példáján a morfológiai különbségek eltérő típusú, de azonos koncentrációjú táptalaj kiegészítők hatására.

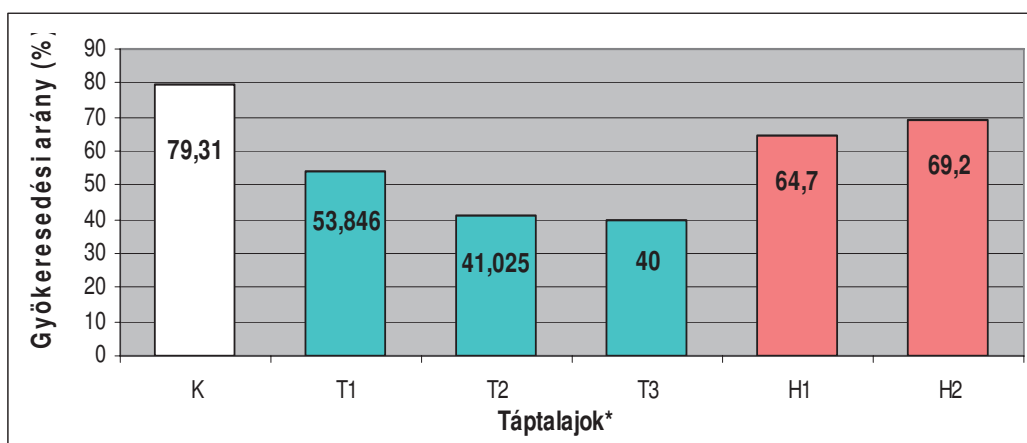


1. ábra: *Sorbus redliana* 'Burokvölgy' 0,75 mg/l KIN (balra), illetve 0,75 mg/l BA (jobbra) kiegészítésű táptalajon



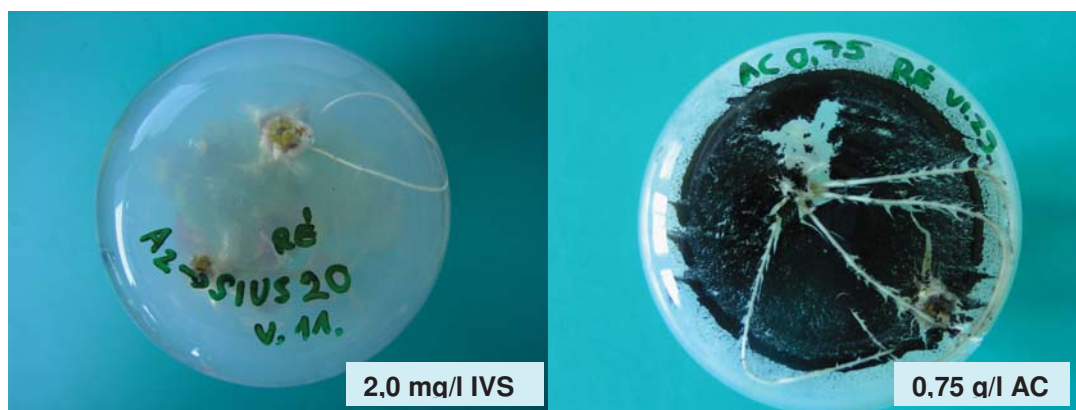
2. ábra: *Sorbus borbasii* 'Herkulesfürdő' 0,5 mg/l KIN (balra), illetve 0,5 mg/l BA (jobbra) kiegészítésű táptalajon

Gyökeresítés során, a 15 mg/l IVS kiegészítésű táptalajon, 2 napig indukált *S. borbasii* 'Herkulesfürdő' sarjak a sem Titavitot, sem HUMUS^R FW -t, csak 30 g/l szacharózt tartalmazó kontroll táptalajon képeztek a legnagyobb (79,31 %-os) arányban gyökeret (**3. ábra**). A Titavit koncentrációjának növelése csökkentette az egyben egyre kevesebb (5,21-2,75 db) gyökeret fejlesztő sarjak arányát 53,84-ről 40%-ra. 1 és 2 ml/l HUMUS^R FW használata ehhez képest jelentősen nagyobb mértékű (64,7 és 69,2%-os) gyökeresedést eredményezett, továbbá a leghosszabbra (76,18 és 84,78 mm-re) is e kiegészítőket tartalmazó táptalajokon nőttek a gyökerek. Ideálisan rövidebb (45 és 45,5 mm-es) gyökerekhez a kontroll, illetve a 4 mg/l Titavit kiegészítés vezetett. A Titavit másik előnye a kontrollon és főleg a humuszos táptalajokon kapottakhoz képest nagyobb levelek képzésében mutatkozott; a koncentráció emelése növekedést eredményezett 17,4-ről 19,48 mm-re. Minden gyökeresítő táptalajon kevés (1,24-1,52 db) sarj fejlődött, citokininek hiányában ez érthető.



3. ábra: gyökeresedési arányok indukált *in vitro* *Sorbus borbasii* 'Herkulesfürdő'-állományoknál (*a táptalaj-összetevőket a 2. táblázat tartalmazza)

A *Sorbus redliana* 'Burokvölgy' esetén is az indukciós módszer vezetett jobb gyökeresedéshez, de csak 0,75 (46,42%) és 1 g/l (31,7%) AC kiegészítésű, hormonmentes táptalajra passzálassal (ezúttal ekkor fejlődött átlagosan is a legtöbb – 3,84 és 3,3 db – gyökér). Az indukción át nem esett, 1 g/l AC + 1,5 mg/l IVS tartalmú táptalajon gyökeresített állomány is jól szerepelt (33,33% ill. 2,77 db gyökér); de a többi, csak IVS-t tartalmazó táptalajon már jóval kevésbé gyökeresedtek a sarjak (**4. ábra**). A gyökerek minden, IVS és/vagy AC kiegészítésű táptalajon az optimálishoz képest hosszabbra, általában több, mint 80 mm-re nőttek.



4. ábra: *In vitro* gyökeresített, indukátlan (balra), illetve indukált (jobbra) *Sorbus redliana* 'Burokvölgy'

A csaknem azonos ideig gyökeresítő táptalajokon tartott (indukált) *S. borbasii* állományoknál a Titavit jelentősen rövidebb gyökerekhez vezetett, a kontroll mellett. Ahogy a másik berkenyénél, a citokinin-hiányos gyökeresítő táptalajokon itt sem képződött sok sarj (1-1,67 db), ellenben az indukált állomány egyedei jóval magasabbra nőttek, emellett a levelek mérete 0,5 és 0,75 g/l AC hatására meghaladta a 17 mm-t. A indukátlan csoportban az 1 g/l AC + 1,5 mg/l IVS kiegészítés is közel ekkora (16,6 mm-es), míg az önmagában alkalmazott IVS szint növelése egyre rövidebb levelekhez vezetett.

3.2. Klorofill tartalom változások a *Sorbus* taxonok felszaporítása és gyökeresítése során

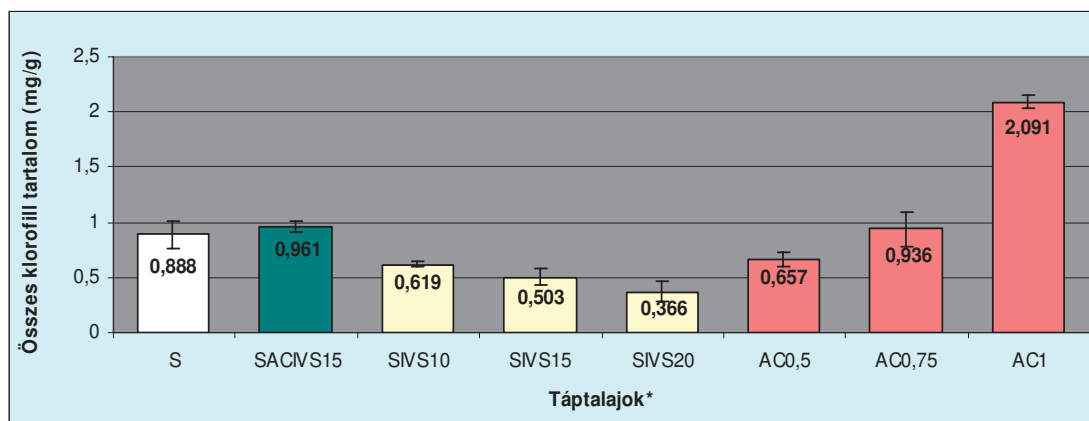
A két berkenye felszaporításakor alkalmazott citokininek koncentrációjának növelésével az esetek többségében csökkent a levelek klorofilltartalma. *S. redliana* felszaporítása során a legmagasabb klorofilltartalmú (1,872 mg/g) levelek 10 mg/l Titavit hatására fejlődtek, a kontrollhoz képest a többi koncentráció is jelentősen nagyobb értékeket eredményezett. *S. borbasii* esetén is ez az anyag vezetett (2 mg/l koncentrációban) a kiemelkedő átlaghoz (1,684 mg/g).

Mindkettő berkenyénél jó hatásúnak bizonyult a KIN, főként magasabb koncentrációkban (*S. redliana*: 1 és 2 mg/l – 1,08 és 1,176 mg/g; *S. borbasii*: 0,75 és 2 mg/l – 1,397 és 1,339 mg/g). Az M-TOP inkább (és 0,25 mg/l koncentrációban) a *S. redliana* felszaporításakor vezetett magasabb (1,119 mg/g) értékhez. További különbségek is mutatkoztak; amíg a *S. redliana* esetén a BAR, addig a *S. borbasii* felszaporításánál a BA vezetett a kontrollt jobban megközelítő, vagy azt már kissé meghaladó átlagokhoz; illetve ez utóbbi berkenyénél a BA + KIN, BA + M-TOP

kombinációk többnyire nem emelték érdemlegesen a csak BA-t tartalmazó táptalajokhoz képest a klorofilltartalmat.

S. redliana gyökeresítésénél az indukción át nem esett növények leveleiben csak 1 g/l AC + 1,5 mg/l IVS hatására emelkedett a kontroll fölé a klorofilltartalom (0,961 mg/g); valamint a csak IVS-t tartalmazó táptalajokon az auxinszint emelésével csökkentek az értékek. Ezzel szemben, az indukciót követően hormonmentes táptalajra helyezett sarjakknál az AC-koncentráció növelése egyre magasabb átlagokhoz vezetett (**5. ábra**).

S. borbasii (minden esetben indukciós) gyökeresítésénél a HUMUS^R FW mindkét koncentrációban a Titavitos kezeléseknél tapasztaltakhoz viszonyítva magasabb (1,098 és 1,166 mg/g) értékeket eredményezett, a különbség 2 ml/l HUMUS^R FW esetén volt szignifikáns. Ami a Titavítot illeti, csak 2 mg/l esetén kaptam a kontrollt meghaladó klorofilltartalmat (0,893 mg/g).



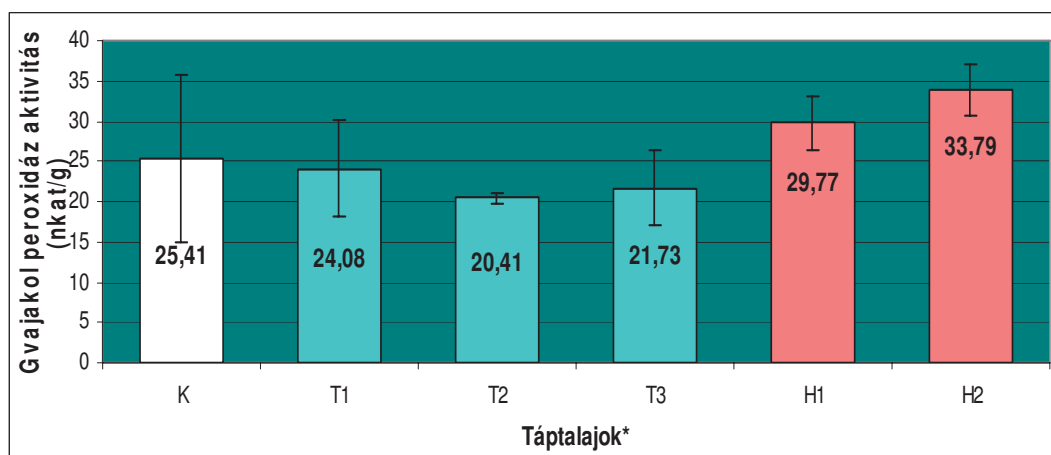
5. ábra: IVS, valamint AC tartalmú táptalajok összes klorofill tartalomra gyakorolt hatása *Sorbus redliana* 'Burokvölgy' *in vitro* gyökeresítésénél (*a táptalaj-összetevőket a 2. táblázat tartalmazza)

3.3. Peroxidáz aktivitás változások a *Sorbus* taxonok felszaporítása és gyökeresítése során

A berkenyék felszaporításakor a citokininek közül a fokozott sarjképzést eredményező BA, BAR vezetett a legmagasabb, 10 nkat/g fölötti POD aktivitás értékekhez. A BA mellett alkalmazott KIN, M-TOP kiegészítés csak a *S. redliana* esetén csökkentette az aktivitást; *S. borbasii in vitro* szaporításánál e citokinin-kombinációk (különösen BA + KIN) a BA, BAR kiegészítésekkor kapott átlagokhoz hasonlóan fokozott enzimaktivitáshoz vezettek, nem is beszélve a jelentős sarjképződésről. A kontrollhoz képest a Titavít is ennél a berkenyénél csökkentette az aktivitást (leszámítva a 2 mg/l-es koncentrációt: 11,04 nkat/g), míg *S. redliana* esetén főleg 0,5-5 mg/l Titavít hatására

mutatkozott fokozott, 20 nkat/g fölötti POD aktivitás (ugyanakkor e táptalajokon fejlődtek a legmagasabb klorofilltartalmú levelek).

A felszaporításnál tapasztaltakkal összehasonlítva, mindkettő *Sorbus* gyökeresítésekor fokozott enzimaktivitás jelentkezett. A nagyobb arányú gyökeresedést eredményező táptalajokon (*S. redliana*: indukció nélkül, 1 g/l AC + 1,5 mg/l IVS; indukció után, 0,75 és 1 g/l AC; *S. borbasii*: indukció után, HUMUS^R FW kiegészítések, illetve a kontroll) egyben magasabb (30 nkat/g körüli) aktivitás értékeket kaptam (6. ábra). A gyökerek számát és főleg hosszát (sem a sarj- és levél jellemzőket) tekintve, a POD aktivitásokkal kapcsolatban ilyen egyértelműen pozitív összefüggés nem mutatkozott, kivált *S. borbasii* esetén. A Titavit csökkentette a kontrollhoz képest a POD aktivitást *S. borbasii* 'Herkulesfürdő' gyökeresítésénél, azonban e kiegészítések esetén a sarjak jelentősen kisebb hányada fejlesztett gyökereket.



6. ábra: AC és Titavit vagy HUMUS^R FW tartalmú táptalajok gvajakol peroxidáz aktivitásra gyakorolt hatása *Sorbus borbasii* 'Herkulesfürdő' *in vitro* gyökeresítésénél (*a táptalaj-összetevőket a 2. táblázat tartalmazza)

3.4. Szöveti változások a *Sorbus* taxonok felszaporítása és gyökeresítése során

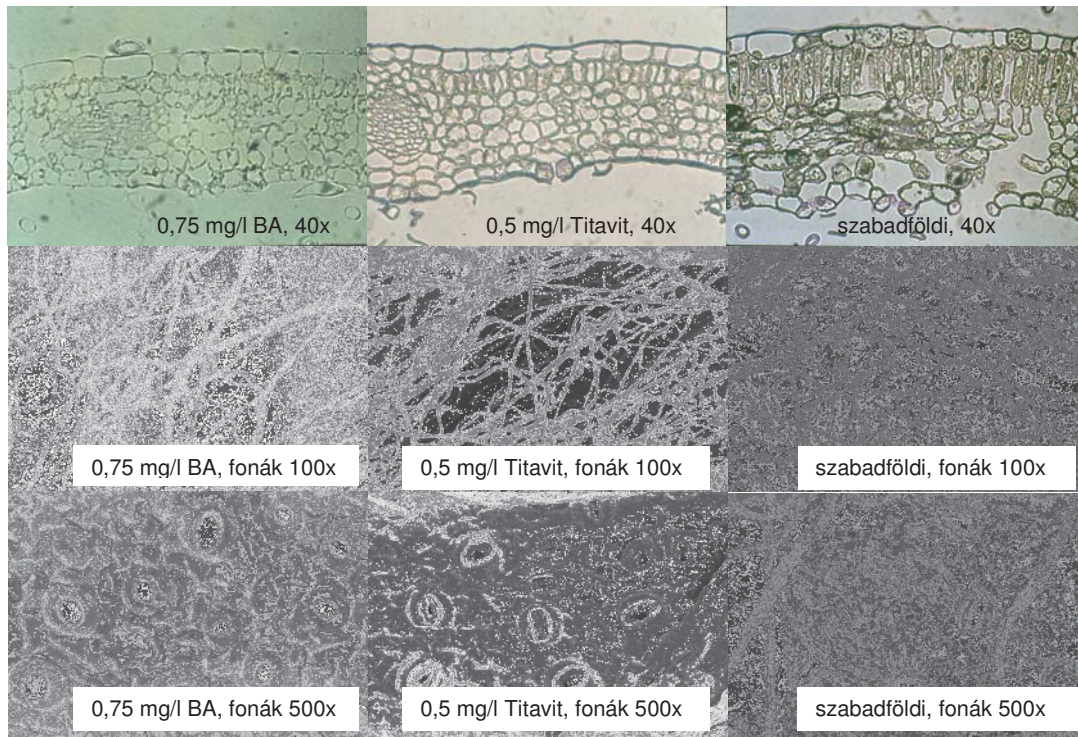
A kontroll táptalaj hatására mindkét berkenyénél tömött mezofillumú levelek keletkeztek kevésbé differenciált szöveti szerkezettel, nem látható vagy igen szűk sejtközötti járatokkal (*S. borbasii* 'Herkulesfürdő' esetén könnyebben el lehetett különíteni az oszlopos és a szivacsos parenchimát). Elsősorban a KIN, M-TOP és a Titavit hatására képződött több szörképlet főként a levelek fonákán (a *S. borbasii* leveleken mindig kevesebb, *in vitro* és szabadföldi leveleken egyaránt), legkevésbé a BAR kiegészítésnél váltak szőrösebbé a levelek.

BAR és BA eredményeként ugyan egyrészt differenciáltabbá vált a levél szöveti szerkezete (szembetűnőbben különült el a keskenyebb sejtekből álló paliszád-, illetve a tágasabb intercellulárisokkal tagolt, kerekdedebb sejtekből felépülő szivacsos parenchima), de a kloroplasztiszok száma kevesebb volt, mint KIN, M-TOP és főleg Titavit kiegészítéskor. Továbbá, ez utóbbi kiegészítők közül (mindkettő berkenyét tekintve) az M-TOP tömöttebb mezofillumot eredményezett (*S. borbasii* esetén a fejlettebb, nagyobb sztómák többé-kevésbé be is zárultak).

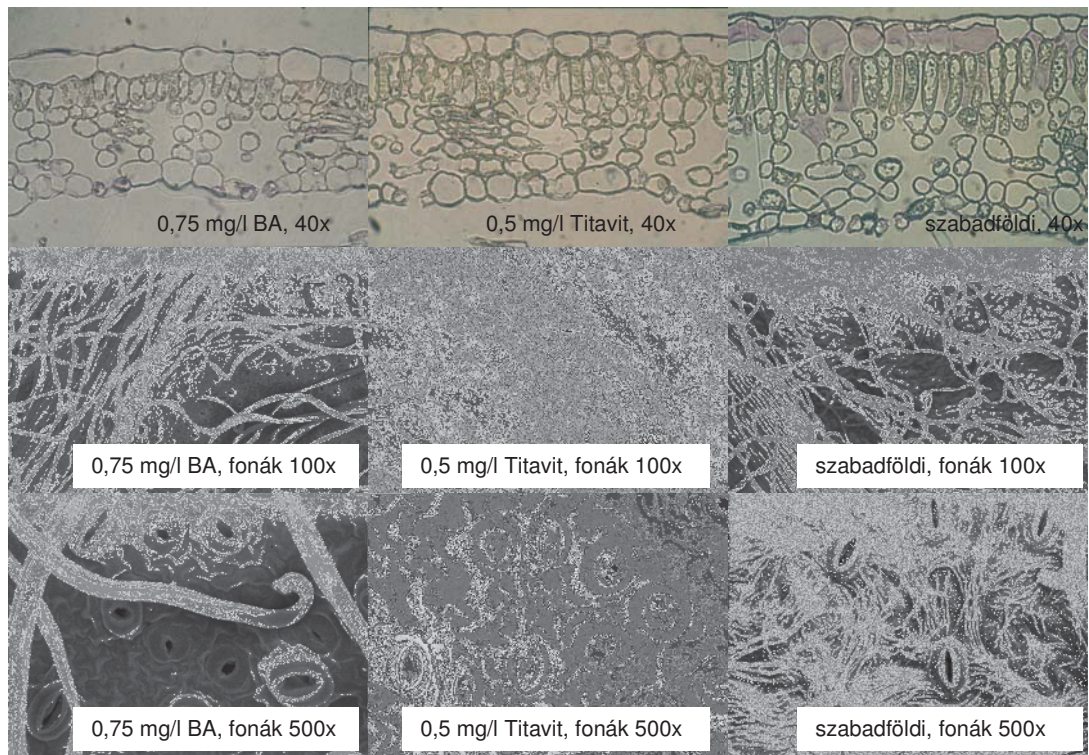
A Titavit alkalmazásakor vált leginkább a szabadföldihez hasonlóvá a szöveti felépítés, azaz magas kloroplasztisz tartalommal, határozottan elkülöníthető szövettájakkal, többé-kevésbé már záruló, nem annyira kiemelkedő és hosszúkásabb sztómákkal jellemezhető levelek fejlődtek e kiegészítés hatására. Különség csak az adott koncentrációt illetően volt a két berkenye között: *S. redliana* 'Burokvölgy' esetén 0,5 mg/l, míg a másikonál 10 mg/l Titavit eredményezett a szabadföldi növények leveleinek anatómiai jellegzetességeit mutató sajátosságokat.

Gyökeresítési kísérleteimben a két berkenyénél egyik táptalajon sem záródtak a gázcserenyílások. *S. redliana* 'Burokvölgy' esetén különösen az indukción át nem esett (AC + IVS vagy csak IVS kezelésű) növényeknél találtam feltűnően tágra nyílt, a legnagyobb IVS-szintnél már torzult sztómákat. A *S. redliana* fajtájánál az IVS koncentrációjának emelése táguló sejt közötti járatokat, egyre kevesebb kloroplasztiszt, csökkenő szőrösödést eredményezett; az indukciót követően hormonmentes, AC-tartalmú táptalajokra helyezett növények leveleiben mutatkoztak a szabadföldihez leginkább hasonlítható jellegzetességek (vastagabb kutikula miatt elmosódó körvonalú epidermisz sejtek, sok kloroplasztisz, kevésbé kitüremkedő gázcserenyílások, az AC-szint növelésével egyre kevesebb szörképlet).

A *S. borbasii* 'Herkulesfürdő' gyökeresítésekor különösen 2 mg/l Titavit esetén nyíltak tágasra az igen eltérő nagyságú gázcserenyílások. Az epidermisz-sejtek, sztómák alakja elsősorban 4 mg/l Titavit hatására kerekedett ki, míg az egyébként minden gyökeresítő táptalajnál a *S. redliana* 'Burokvölgy' növényekéhez képest gyéresebb fonáki szőrözöttség 1 mg/l Titavit használatkor volt a legnagyobb mértékű; e táptalajnál a levélszínen is fejlődtek szörképletek. Összességében elmondható, hogy határozott szövettani különbségeket tapasztaltam egyrészt az *in* és *ex vitro* levelek között, másrészt az alkalmazott táptalaj kiegészítők terén is, mind a két berkenyénél (**7. és 8. ábra**).



7. ábra: anatómiai eltérések *in vitro* (0,75 g/l BA vagy KIN kiegészítésű táptalajon felszaporított), illetve szabadföldi (*ex vitro*) *Sorbus redliana* 'Burokvölgy'-leveleknél



8. ábra: anatómiai eltérések *in vitro* (0,75 g/l BA vagy KIN kiegészítésű táptalajon felszaporított), illetve szabadföldi (*ex vitro*) *Sorbus borbasii* 'Herkulesfürdő'-leveleknél

3.5. Új tudományos eredmények, összefüggések

1. A berkenyék felszaporítása során a fokozott sarjképződéshez vezető (BA tartalmú) táptalajok esetén rövidebb, míg a kevés számú sarjat eredményező kiegészítő anyagok (KIN, Titavit) használatakor hosszabb levelek fejlődtek. A levelek hossza tehát az esetek döntő többségében fordított arányban állt a sarjak számával.

2. A *Sorbus redliana* 'Burokvölgy' indukciós gyökeresítése a sarjak hosszának, valamint a gyökerek számának szignifikáns növekedését eredményezte.

3. Határozott szövettani különbségek mutatkoztak az *in vitro* (felszaporított és gyökeresített) és a szabadföldi *Sorbus* levelek között. Kimutattam, hogy a táptalaj-kiegészítő anyagok típusától és koncentrációjától függően is jelentkeztek eltérések.

4. A szabadföldi levelekben megfigyeltekhez képest leginkább hasonlító anatómiai tulajdonságok a felszaporítási szakaszban (mindkét berkenyénél) Titavit, a gyökeresítés során (*S. redliana* 'Burokvölgy' esetén) az indukció hatására jelentkeztek.

5. A felszaporítás során a levelek összes klorofilltartalma és a sarjszám között az esetek többségében negatív, míg a gyökeresítésnél a gyökeresedési arányt figyelembe véve pozitív összefüggést találtam.

6. A nagyobb gyökeresedési arányokhoz vezető táptalajok magasabb enzimaktivitást eredményeztek, vagyis pozitív összefüggés állt fent a gyökerezési százalék és az enzimaktivitás mértéke közt.

4. KÖVETKEZTETÉSEK ÉS JAVASLATOK

Sarjszám fokozásra ugyan leginkább a BA-t tartalmazó táptalajok váltak be (mind a két berkenyénél), de a sarjak ilyenkor tapasztalt gyengébb minőségét (alacsonyabb klorofilltartalmú, kevesebb kloroplasztiszt tartalmazó, kisebb levelek) vagy más citokininekkel (KIN, M-TOP), vagy különösen Titavit hozzáadásával sikerült javítani. Mivel a Titavit önmagában nem bizonyult elegendőnek a kellő mennyiségű sarj előállításához, ezért mellette a sarjképzést fokozó citokininek használata ajánlott.

Ami a gyökeresítést illeti, az indukció összességében mindkét berkenye esetén kedvezően befolyásolta a gyökeresedést (legfőképpen a gyökerek számát), valamint a táptalajhoz adott aktív szén is jó hatásúnak bizonyult mind a gyökeresedési arányt, mind a levelek klorofilltartalmát tekintve, a koncentrációval egyenes arányban.

A *S. redliana* 'Burokvölgy' esetén az indukció nélküli gyökeresítés is jó eredményt adott a táptalaj 1 g/l AC + 1,5 mg/l IVS kiegészítésekor. Ettől függetlenül az indukciós gyökeresítéskor az aktív szén használata egyértelműen javasolható (a gyökeresedés

szempontjából optimális mennyiség 0,75 g/l-nek adódott); a koncentráció növelése (0,5-ről 0,75 és 1 g/l-re) ugyanakkor a levelek klorofilltartalmát is növelte.

Az akklimatizálás szempontjából döntő fontosságú a növények kondíciója, illetve megfelelő habitusa. A *S. borbasii* 'Herkulesfürdő' gyökeresítése során a HUMUS^R FW kiegészítés ugyan magasabb klorofilltartalmat és nagyobb gyökeresedési arányt eredményezett, de a gyökerek hosszát a Titavit csökkentette az akklimatizáláshoz optimálisan, és a levelek hosszát is növelte. A rövidebb, sűrűbb gyökérszövet ugyanis az akklimatizáláskor elvégzett műveletek során fellépő (és elkerülhetetlen) kisebb-nagyobb sérülések dacára nagyobb garanciát jelenthet a növények sikeresebb túléléséhez. Mindent összevetve, a két kiegészítő anyag együttes alkalmazását javaslom, a kísérletek során kapott különféle (sarj- és gyökérfejlődési) jellemzők értékeinek figyelembe vételével 1,0 mg/l (Titavit), illetve 1,0 ml/l (HUMUS^R FW) koncentrációkban.

5. AZ ÉRTEKEZÉS TÉMAKÖRÉHEZ KAPCSOLÓDÓ PUBLIKÁCIÓK JEGYZÉKE

5.1. Folyóiratcikkek

IF-es folyóiratcikkek

Ördögh, M., Jámbor-Benczúr, E., Tilly-Mándy, A., Lelik, L. 2009. Effects of different cytokinins on proliferation of *Sorbus borbásii* 'Herkulesfürdő'. Propagation of Ornamental Plants 9 (1): 43-46. (IF 0,333)

Nem IF-es folyóiratcikkek

Ördögh, M., Jámbor-Benczúr, E., Tilly-Mándy, A., Lelik, L. 2006. The effects of growth regulators in proliferation of *Sorbus redliana* 'Burokvölgy'. International Journal of Horticultural Science 12 (1): 77-83.

Ördögh M., Jámborné Benczúr E., Tillyné Mándy A., Lelik L. 2006. Különféle citokininek hatásainak vizsgálata *Sorbus redliana* 'Burokvölgy' *in vitro* tenyésztésében. Kertgazdaság 38. (1): 56-60.

5.2. Publikációk konferencia kiadványokban

Magyar nyelvű összefoglaló

Ördögh M., Jámborné Benczúr E. 2005. Meta-topolin (M-TOP), kinetin (KIN) és benziladenin (BA) hatása mikroszaporított *Sorbus redliana* 'Burokvölgy' hajtássokszorozódására. Erdei Ferenc Tudományos Konferencia (Kecskemét, 2005. aug. 23-24), II. kötet 659-663.

Ördögh M., Jámborné Benczúr E. 2005. *Sorbus redliana* 'Burokvölgy' mikroszaporítása (felszaporításai szakasz). IV. Kárpát-medencei Biológiai Szimpózium (Budapest, Fővárosi Állat- és Növénykert, 2005. okt. 17-19), Előadáskötet 321-327.

Ördögh M., Jámborné Benczúr E., Mándy A., Reményi Mária L., Stefanovitsné Bányai É., Lelik L. 2005. A meta-topolin és kinetin hatása *Sorbus redliana* 'Burokvölgy' hajtássokszorozódására. „Lippay János - Ormos Imre - Vas Károly” Tudományos Ülésszak (Budapest, 2005. okt. 19-21), Összefoglalók, Dísznövénytermesztési és Dendrológiai Szekció 82-83.

Ördögh M., Jámborné Benczúr E., Tillyné Mándy A., Lelik L. 2006. Különféle citokininek hatása egy hazai berkenyefajta, a *Sorbus redliana* 'Burokvölgy' *in vitro* szaporítására. XII. Növénynevelési Tudományos Napok (Budapest, MTA, 2006. márc. 7-8), Összefoglalók, 45.

Ördögh M., Tillyné Mándy A., Jámborné Benczúr E. 2006. Anatómiai változások külféle citokininek hatására *in vitro* tenyésztett *Sorbus redliana* 'Burokvölgy' növények leveleiben. XII. Magyar Növényanatómiai Szimpózium Sárkány Sándor emlékére (Budapest, MTA, 2006. június 22-23.), Összefoglalók 114-118.

Ördögh M., Jámborné Benczúr E., Tillyné Mándy A., Lelik L. 2007. Különféle növekedésszabályozók hatása a *Sorbus borbásii* 'Herkulesfürdő' *in vitro* tenyésztésében. XIII. Növénynevelési Tudományos Napok (Budapest, MTA, 2006. márc. 12), Összefoglalók, 111.

Ördögh M., Jámborné Benczúr E., Tillyné Mándy A., Kohut E., Lelik L. 2007. *Sorbus borbasii* 'Herkulesfürdő' *in vitro* felszaporítása. V. Kárpát-medencei Biológiai Szimpózium, (Budapest, Fővárosi Állat- és Növénykert, 2007. szept. 20-22), Előadaskötet 367-376.

Ördögh M., Jámborné Benczúr E., Tillyné Mándy A. 2007. Különféle citokininek hatásainak vizsgálata *Sorbus borbasii* 'Herkulesfürdő' *in vitro* felszaporításánál. „Lippay János - Ormos Imre - Vas Károly” Tudományos Ülésszak (Budapest, 2007. nov. 7-8.), Összefoglalók, Dísnövénytermesztési és Dendrológiai Szekció 68-69.

Ördögh M., Jámborné B. E. 2009. A gvajakol-peroxidáz enzim aktivitásának vizsgálata *Sorbus redliana* 'Burokvölgy' berkenyefajta *in vitro* felszaporításánál és gyökeresítésénél. XV. Növénynemesítési Tudományos Napok (Budapest, 2009. március 17.) – Hagyomány és haladás a növénynemesítésben c. kötet 377-381.

Ördögh M., Jámborné Benczúr E., Tillyné Mándy A. 2009. Gyökeresedési eredmények berkenyék (*Sorbus redliana* 'Burokvölgy' és *S. borbasii* 'Herkulesfürdő') *in vitro* szaporítása során. „Lippay János - Ormos Imre - Vas Károly” Tudományos Ülésszak (Budapest, 2009. okt. 28-30.), Összefoglalók, Dísnövénytermesztési és Dendrológiai Szekció 44-45.

Ördögh M., Jámborné B. E. 2010. A gvajakol-peroxidáz enzim aktivitásának vizsgálata *Sorbus borbasii* 'Herkulesfürdő' berkenyefajta *in vitro* felszaporításánál és gyökeresítésénél. XVI. Növénynemesítési Tudományos Napok (Budapest, 2010. március 11.) – Összefoglalók, 110.

Nemzetközi konferencia (abstract)

Ördögh M., Jámbor-Benczúr E., Tilly-Mándy A., Lelik L., Stefanovits-Bányai É. 2006. *In vitro* multiplication of *Sorbus redliana* 'Burokvölgy'. 11th IAPTC&B Congress, Beijing (China), 2006. aug. 13-18. Abstracts, 181.

Ördögh M., Máthé Á., Jámbor-Benczúr E., Tilly-Mándy A. 2006. Effect of cytokinins on the multiplication of *Sorbus redliana* 'Burokvölgy'. 27th International Horticultural Congress & Exhibition, Seoul (Korea), 2006. aug. 13-19. Abstracts, 143-144.

Ördögh M., Jámbor-Benczúr E., Tilly-Mándy A. 2006. Results in *in vitro* propagation of *Sorbus redliana* 'Burokvölgy', a hungarian breed ornamental Tree. XXII. EUCARPIA Symposium (Section Ornamentals) „Breeding for Beauty”, Sanremo (Italy), 2006. szept. 11-15. Book of Abstracts 34.

Ördögh M., Jámbor-Benczúr E., Tilly-Mándy A. 2007. The effects of growth regulators in proliferation of *Sorbus borbasii* 'Herkulesfürdő'. Propagation of Ornamental Plants, Sofia (Bulgaria), 5-8 sept. 2007, Book of Abstracts 64.