



# KAKTUSZOK TÉLÁLLÓSÁGA MAGYARORSZÁGON

DOKTORI ÉRTEKEZÉS TÉZISEI

MOHÁCSINÉ SZABÓ KRISZTINA

BUDAPEST, 2007

## **A doktori iskola**

**megnevezése:** Kertészettudományi (Interdiszciplináris)  
**tudományága:** Növénytermesztési és kertészeti tudományok

**vezetője:** Dr. Papp János  
egyetemi tanár, DSc  
Budapesti Corvinus Egyetem,  
Kertészettudományi Kar  
Gyümölcsstermő Növények Tanszék

**Témavezetők:** Dr. Schmidt Gábor  
tanszékvezető egyetemi tanár, DSc  
Budapesti Corvinus Egyetem  
Kertészettudományi Kar  
Dísznövénytermesztési és Dendrológiai Tanszék

Dr. Mészáros Zoltán  
egyetemi tanár, DSc  
Budapesti Corvinus Egyetem

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.

.....  
Az iskolavezető jóváhagyása

.....  
Témavezetők jóváhagyása

## I. A TUDOMÁNYOS MUNKA ELŐZMÉNYEI ÉS A MUNKA CÉLKITŰZÉSE

A *Cactaceae* család télálló fajai változatos morfológiájú, széles ökológiai amplitudójú növények. A kaktuszok között azok a fajok, amelyek teletetés nélkül, a szabadban tarthatók, egyre jelentősebb szerepet töltenek be a hazai díszkertészeti kínálat bővülésében. Sziklakertekben, tetőkertekben, gyűjteményekben és kiemelt közterületeken is eredményesen felhasználhatók. A kaktuszok jellegzetességeiből (szárazságtűrők, sugárzástűrők és fagyűrők) adódóan az extenzív zöldtetők tipikusan megcélzott növénykülönlegességei.

Nem elhanyagolható kereskedelmi forgalmuk sem, hiszen az USA-ban az évenkénti teljes kaktusz „produkció” 50 millió, az európai piacra épülő holland kertészetekből, több mint 18 millió növény került ki az 1980-as évek végén (FULLER és FITZGERALD, 1987). A Bloemisterij kiadvány (2006) szerint Hollandiában, 2005-ben csak az *Opuntia* nemzetségből 145 000 növényt értékesítettek, mely a darabszámot tekintve 4,5 %-os visszaesés volt a 2004-es évhez viszonyítva, viszont a növényárak emelkedésével 11,5 %-al magasabb bevételt jelentett.

Mivel sok fajt az élőhelyén a kipusztulás veszélye fenyeget, az elkövetkezendő években várható, hogy az importlehetőség részben vagy teljesen megszűnik (OLDFIELD, 1987). Ezért különösen lényeges a télálló kaktuszgyűjtemények fenntartása Magyarországon is. Ezekben a gyűjteményekben fokozottan törekedni kell arra, hogy a fajokat névazonosságuk szerint megőrizzük, mint egy lehetséges génbankot a jövő számára, mely számos megfigyelési, kutatási lehetőséget is kínál.

A Budapesti Corvinus Egyetem Kertészettudományi Kar (korábban KÉE) Dísznövénytermesztési és Dendrológiai Tanszéke 1994 óta gyűjti és értékeli a különböző télálló *Opuntia* taxonokat. A gyökeresedett szátagokat eleinte konténerben tartották, később a „K” épület tetején kialakított extenzív zöldtetőn kiültetésre kerültek. 1997-től doktori disszertáció témaválasztásával az előbbieken felvázolt munkába kapcsolódtam be. Kísérleteket állítottam be a legalkalmasabb szaporítási mód, a szaporítási közeg illetve táptalaj, a fagystressz során a növényekben bekövetkező peroxidáz enzim aktivitás változásainak megismerésére illetve vizsgálatára. Lényegesnek tartottam továbbá a hazai gyűjteményekben fellelhető télálló fajok, alfajok és változatok összegyűjtését, amely könnyebb eligazodást jelenthetne a vásárlóknak, kertépítőknak az alkalmas fajok kiválasztásában. A mai napon talán furcsának tűnhet, de a klimatikus változások, általános felmelegedés, sivatagosodás miatt és további kutatások eredményeként a télálló kaktuszok Magyarországon is könnyen a jövő gyümölcstermő, vagy takarmánynövényeivé válhatnak.

### CÉLKITŰZÉSEK

1. Az extenzív zöldtetőn elhelyezett télálló *Opuntia* gyűjtemény megfigyelése, a kiültetésre legalkalmasabb fajok, taxonok kiválasztása. Az időjárás hatására bekövetkezett méretbeli változások megfigyelése 25 *Opuntia* taxon tövis és szátag vizsgálata során.
2. Az ország egyéb gyűjteményes kertjeinek feltérképezése, a leginkább elterjedt fajok, a kiültetés körülményeinek, a növények minőségi állapotának felmérése.

3. Biokémiai vizsgálatok. A télállósággal összefüggésbe hozható peroxidáz enzim aktivitásának változása a fagystressz valamint a titán aszkorbát kezelések hatására. A fenoltartalom meghatározása egyes télálló és fagyérzékeny taxonoknál.
4. Az *Opuntia* fajok vegetatív szaporodásának, gyökeresedésének vizsgálata (szemléltetve az *Opuntia tortispina* fajon), az optimális gyökereztető közeg kiválasztása, valamint gyors szaporodásuknak esetleges káros következményei.
5. A télálló kaktuszok steril és hagyományos magvetési módszereinek összevetése, valamint a steril magvetés során kialakuló rendellenes növekedés, az üvegesedés (vitifikáció) kiküszöbölésére alkalmazott Titavit-tartalmú táptalajok összehasonlítása.

## II. ANYAG ÉS MÓDSZER

### 1. Fagyűrési és morfológiai vizsgálatok a szabadban

A Budai Arborétumban 1998 és 2001 között értékeltem a tetőkertben elhelyezett kaktuszokat, azaz vizsgáltam szártagfejlődésüket, termésképzésüket, a növények egészségi állapotának alakulását és jellegzetes ráncossági fokozatát. 1999-ben és 2000-ben a megváltozott időjárás okozta morfológiai változásokat figyeltem meg a zöldtetőn, a kiválasztott 25 *Opuntia* taxon példáján.

#### Az extenzív zöldtetőn elhelyezett télálló *Opuntia* gyűjtemény értékelése

A kaktuszgyűjtemény végső helyén a „K” épület tetején, az extenzív zöldtetőn került elhelyezésre, amely megfelelő védelmet jelentett az illegális gyűjtőkkel szemben, kitűnő lehetőséget kínált a növények megfigyelésére és a szükséges fenntartási munkák elvégzésére.

A korábban KÉE Dísznövénytermesztési és Dendrológiai Tanszékének adományozott növények nagy része a Szutorisz gyűjteményből került ki, amely többségében az Észak-Amerikából begyűjtött növények (Debreczy és Rácz) szaporított gyökeres illetve gyökér nélküli szártagjait, valamint más hazai gyűjtőktől származó növények hajtásait jelentette.

A vizsgált *Opuntia* taxonok száma 271. A kaktuszok ültetési közege, 15-20 cm vastagságú, 30% vörös salak, 35% homok (4%-os humusztartalommal), 20% tőzeg (NOVOBALT), 10% perlit és 5% rizshéjből álló talajkeverék volt, ami a 2 mm vastag polipropilén filcből (geotextília) és az 1x2 méteres, hullámos műanyag táblákból álló drén rendszerre került a HÍDY et al. (1995) által leírtak alapján.

A kísérletek során mért paraméterek a következők voltak:

- az évenkénti szártagfejlődés
- a növények minőségi jellemzése, amelyben a kondíciót 0-5 közötti számmal értékeltem:
  - 0 az elpusztult,
  - 1 az elégtelen, pusztuláshoz közeli állapotú (>90%) egyed,
  - 2 az elégséges, beteg, a növény nagyobb része (>50%) sérült,
  - 3 a közepes, a sérülés, betegség láthatóan 20-50% között van,
  - 4 a növény majdnem egészséges, a sérülés <25%,
  - 5 a növény teljesen egészséges, sérülés nélküli egyed.
- a termések száma és morfológiai jellemzése
- a pusztulások száma
- az őszi ráncosodás mértéke.

A vizsgálatok kiterjedtek két objektív (intervallum) tényező, a kladódiumok, szártagok számának (kl), a termész számnak (t), és két szubjektív (ordinális) változó, a kondíció (k) és a ráncosság (r) értékelésére 1998 és 2001 között.

## **A tövissek és a szártagok méretbeli változása az időjárás függvényében**

A méréseket, 25 *Opuntia* taxonon végeztem. A vizsgált években, 1999-ben és 2000-ben, a hajtásoknál az elsődleges hajtásokat mértem az ízesüléstől a csúcsig. Minden növénynél 3-3 mérési adatot vettem fel, majd az azonos név alatt szereplő növények adatait átlagoltam. Így kaptam meg a vizsgált taxonra jellemző értékeket. Az átlagos tövisnövekedés adatai ugyanazokról a növényekről származnak. A mintavétel a szártag felső harmadáról történt. Mindkét évben az 5-5 legnagyobb tövist mértem, és hasonlóan a hajtáshossz adataihoz az azonos név alatt szereplő növények adatait átlagoltam.

Statisztikai elemzések közül a két évben a szártag illetve a tövissek méreteiben bekövetkezett változások adatait, a szórás-homogenitás esetén a kétmintás t-próbával illetve eltérő szórásoknál a Welch próba alkalmazásával, a Ministat 3.3 program segítségével hasonlítottam össze.

## **2. Adaptációs felmérés a télálló kaktuszgyűjteményekben**

Az ország számos pontján találkozhatunk kisebb-nagyobb gyűjteményekkel, amelyek többségében változatos közegekben, és körülmények között, eltérő faj- és egyedszámmal jellemezhetők. A felmérés elkészítését egy adatlap szolgálta, amely 400 címre lett postázva a 2003-2006 közötti időszakban, valamint 1997-2006 között évente 4-5 alkalommal gyűjteménylátogatásaim során tett személyes adatgyűjtésem is segítette.

A felmérések során rögzítésre került 169 különböző télálló taxon, a növények elhelyezési, tartási körülményei, a tartott fajok egyedszáma, a növények kora és egyéb jellemzői (virágzás, termés képzés, kondíció).

## **3. Biokémiai vizsgálatok**

### **A peroxidáz enzim aktivitásának változásai**

A vizsgálatokat 2005-2006-ban a Fővárosi Állat- és Növénykertben, valamint a BCE Alkalmazott Kémia Tanszék laboratóriumában végeztem.

Vizsgálataimhoz a törzsszukkulens *Escobaria vivipara* (V), *Escobaria vivipara* var. *neomexicana* (N), *Echinocereus reichenbachii* ssp. *baileyi* (B) és a levélszukkulens *Agave parryi* (A) fajokból vett mintákat használtam fel. A kezeléseknél alkalmazott anyag a TITAVIT néven ismerté vált titán-aszkorbát volt.

A mintavétel során a növényeket megtisztítottam a szennyeződésektől. Az *Escobaria* fajoknál a szemölcsökön levő, az *Echinocereus* faj esetén, a bordákon levő areolákról vágtam le a töviseket. A mintát adó növényi rész az *Escobaria* taxonoknál a szemölcs, az *Echinocereus* fajnál bordametszet, az *Agave* fajnál pedig a levéldarab volt. Mintavételezés 4 alkalommal történt:

1. 2005. november 28. titán-aszkorbát permetezése előtt (**kiindulás**)
2. 2006. január 20. kezelt és kontroll minták (**kihelyezés**)
3. 2006. január 29. -10 °C alatti hideg után; kezelt és kontroll minták (**-10°C**)
4. 2006. február 13. hóolvadást követően; kezelt és kontroll minták (**helyreállítás**).

Az *Escobaria vivipara*, (N), *Echinocereus reichenbachii* ssp. *baileyi*, *Agave parryi* fajok esetén 3-3 (Titavittal kezelt és kontroll) mintát, az *Escobaria vivipara* var. *neomexicana* fajnál a növény méretéből adódóan 1-1 mintát vettem.

Az első mintavételt követően, a titán-aszkorbát (2 µg/ml koncentrációjú oldat) permetezésre csak 2 nap elteltével, a sérült felületek beszáradása után került sor. A kontroll növényeket csapvízzel permeteztem le, hogy a kezelt növényekkel megegyező nedvességi állapotban kerüljenek ki a hidegre. A permetezések a növényre történtek, de a titán-aszkorbáttól és a csapvíztől a talaj is átnedvesedett. 4 nappal a permetezés után a növények az üvegházból a szabadba, egy jól benapozott területre kerültek. Mintavételt követően a mintákat -22 °C hőmérsékleten tároltam a feldolgozásig.

A peroxidáz enzim aktivitásának méréséhez az adott mennyiségű homogenizált növényi minták (MSE Micro Centaur asztali centrifugával végzett) centrifugálása után az analízisek a felülúszóból történtek. A peroxidáz enzim aktivitását 0,1 M-os Na-acetát pH=5,0 pufferben, H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> szubsztrát és ortodianizidin kromogén reagens segítségével ( $\epsilon=11,3$ ), spektrofotometriás úton ( $\lambda=460\text{nm}$ ) SHANNON (1966) módszerével, Varian DSM 100 UV-Visible készülékkel határoztuk meg. Az enzimaktivitások eredményeit U/ml-ben adtuk meg, a három párhuzamos mérés eredményeként.

#### **Az összes fenoltartalom meghatározása**

A vizsgálatok a BCE Alkalmazott Kémia Tanszék laboratóriumában történtek 2006. novemberében. A mintavételezések a korábbi, POD enzimaktivitási kísérleteknél is felhasznált *Escobaria vivipara*, a titán-aszkorbáttal kezelt *Escobaria vivipara* növényekből, valamint a fagyérzékeny *Mammillaria prolifera* növényből származtak.

A friss növényi mintákból vizes és alkoholos kivonatot készítettünk, a víz és a lipidoldékony flavonoidok jellemzésére. Az összfenol tartalmat SINGLETON és ROSSI (1965) módszerével spektrofotometriás úton,  $\lambda = 760$  nm-en Folin-Ciocalteu reagenssel határoztuk meg. A galluszsavra vonatkoztatott fenoltartalmat mg/ml-ben, ill. mg fenol/g friss tömegre vonatkoztatva adtuk meg.

#### **4. Szaporítási vizsgálatok**

##### ***Opuntia tortispina* szártagok gyökeresedése**

A kísérletekhez a Fővárosi Állat- és Növénykertben (FÁNK) 2004-ben létrehozott télálló kaktuszos sziklakertjéből származó, *Opuntia tortispina* növényről szedett szártagokat használtam fel.

A kísérlet beállításaként 5 adag, adagonként 10 db szártagot választottam le az anyanövényekről az intenzív növekedési időszakban (2006. június 2. hete). A kladódiumokból 4 adag az izesülésnél lett leválasztva, az 5. adag esetén pedig a fűnyírógép által okozott sérüléseket utánozva, szabálytalan vágási felületet készítettem a szártagokon. Ezt követően a szártagokat 3 napig esőmentes helyen tároltam, hogy a vágási felület beszáradjon. A felhasznált közegek a tőzeg, föld-sóder (1/1) arányú keveréke és a perlit voltak. Mindegyik közegbe 1 adag vegetatív szaporító anyagot helyeztem el úgy, hogy a szártagok 1/3-ad része került a talajba, valamint 10 szártag közeg nélkül került a szaporító ládába, a darabolt vegetatív részeket, pedig a föld-sóder keverékébe helyeztem.

A szaporító ládákat napos helyre tettem a szabadba. A gyökeresedést és a gyökérfejlődés ütemét az ültetést követően 5 naponként, 1 hónapig mértem. Az 5 naponkénti mérésektől egy esetben tértem el, amikor jelentős mennyiségű csapadék miatt a közegek nem száradtak ki kellően, így a gyökérkezdemények a kiszáradásnál sérültek volna.

A megfigyelések két részből álltak. Egyrészt értékeltém, hogy a különböző közegekben elhelyezett szártagok a vizsgálat mely időpontjára fejlesztettek járulékos gyökereket, másrészt vizsgáltam a képződött gyökerek számát és hosszúságát is.

### **A télálló kaktuszok magvetése steril és hagyományos körülmények között**

A vizsgálatok során az *Escobaria missouriensis*, *E. vivipara* var. *arizonica*, *E. vivipara* var. *bisbeeana*, *E. vivipara* var. *neomexicana*, *E. vivipara* var. *missouriensis* és vegyes *E. vivipara* magadagokat használtam. A vetéshez az előző évi (2005) termésekből származó magokat használtam fel, amiket a vetés előtt átválogattam és 15 darabos adagokra osztottam. Így összesen taxononként 45 db magot vetettem. A kísérletben a steril magvetésnél két fertőtlenítéssel azonos összetételű táptalajt, a kontroll, hagyományos vetés esetén kevert közeget alkalmaztam.

A steril táptalajra szánt magvakat két módszerrel fertőtlenítettem. Taxononként egy magadagot (15 mag) 15 percig 1/3 Hypo és 2/3 desztillált víz oldatában áztattam, majd desztillált vízben leöblítettem. A másik magadagot klórmésszel fertőtlenítettem. A steril magvetés steril lamináris boxban végeztem. A vetéshez használt eszközöket 98%-os alkohollal mostam le, majd leégettem. A vetéshez az MKC táptalajt alkalmaztam. Az előzőleg két módszerrel fertőtlenített magokat csipesz segítségével a táptalaj felszínén, hármásával illetve ötösével (üvegenként) eloszlattam, majd az üveg nyílását átlátszó fóliával fedtem le. A steril magvetés 22-24 °C hőmérsékletű helységbe kerültek.

A hagyományos vetésnél az Orthocid 50 WP 1%-es szuszpenzióját használtam, a frissen elvetett magokat elsőként ezzel szívtam fel. A közeg kerti föld és rostált sóder 50-50%-os keverékéből állt össze, melyet vetés előtt mikrohullámú sütőben fertőtlenítettem. A kontrollvetés 8 cm átmérőjű műanyag cserépbe történt. A magok néhány mm vastagságban talajtakarást kaptak, majd a cserépre üveglapok kerültek. A hagyományos vetésnél semmilyen tápanyag utánpótlás nem történt. Az ily módon elkészített kontroll magvetés az üvegházban került elhelyezésre, ahol semmilyen pótmegvilágítást nem kaptak, plusz fűtésben sem részesültek; a hőmérséklet a vetést követő néhány napban 10-30 °C között ingadozott.

A vizsgálatok során kapott értékeket egytényezős véletlen blokk elrendezésű varianciaanalízis alkalmazásával dolgoztam fel (GAÁL, 2004).

### **A télálló kaktuszok magvetésénél alkalmazott táptalajok**

A steril magoncok között észlelt vitrifikáció elkerülésének érdekében 2006. decemberében, a BCE Dísznövénytermesztési és Dendrológiai Tanszéken különböző táptalajokat alkalmaztam a télálló kaktuszok magvetésénél. A titánt tartalmazó Titavit különböző koncentrációban került a táptalajokba. Kontrollként az MKC táptalaj szolgált, emellett beállítottam egy magas só- és cukor koncentrációjú kezelést is: MS teljes sótartalommal és 60 g/l cukorral.

A vizsgálat során az *Escobaria vivipara* var. *arizonica*, var. *aggregata*, var. *bisbeeana* változataiból gyűjtött 20-20 szemes magadagokat vetettem el. Minden magadag esetében a fertőtlenítés folyamata azonos volt. 30%-os Hypo és Tween 80 fertőtlenítőszerekben 2x5 percig áztattam a magokat, majd ezt követően a 3x-i desztillált vizes öblítés következett. A steril magvetés az előzőekben leírtakkal azonos módon történt, a magoncok pedig azonos helyen, körülmények között lettek elhelyezve.

A vizsgálatok során, a kapott értékek, adatok elemzésénél az SPSS for Windows 14.0 programot használtam (GAÁL, 2004).

### III. AZ EREDMÉNYEK ÖSSZEFOGLALÁSA

#### 1. Fagytűrési és morfológiai vizsgálatok a szabadban Az extenzív zöldtetőn elhelyezett télálló *Opuntia* gyűjtemény értékelése

A kladódiumok számában bekövetkezett változásokból nem lehet határozott következtéseket levonni. A kis szártagot fejlesztő fajok mint például az *Opuntia fragilis*, nagy kladódiumszámmal jellemezhetők, a nagyobb kladódiumszám továbbiakban is nagyobb növekedést tesz lehetővé a kladódiumok számában, ennek ellenére a növények életéből kiragadott 4 év (1998-2001) alatt egy nagyobb szártagú taxon, az *Opuntia phaeacantha* var. *pallida* fejlesztette a legtöbb szártagot.

A legtöbb szártagot fejlesztő taxonok az adott évben (mindig az előző évben nőttekhez képest):

1999-ben 1. *Opuntia arkansana* (44 db kladódium), 2. *O. sp.*(36), 3. *O. fragilis* (33)

2000-ben 1. *O. rutila* (43), 2. *O. rhodantha* (35), 3. *O. fragilis* (28)

2001-ben 1. *O. phaeacantha* var. *pallida* (47), 2. *O. polyacantha* (38), 3. *O. compressa* var. *microsperma* (33).

A termésképzés, mely a növények egészségi állapotán kívül a korra, valamint a növények dekorációs (piaci) értékére is utal mind a termő taxonok számát, mind a termések számát tekintve, 1999-ben bekövetkezett visszaesést követően meredeken emelkedett.

A növények egészségi állapotát, kondícióját tekintve összefüggés állapítható meg a 2-es állapotú kondíciók tendenciája és a következő évi pusztulások számának alakulása között. A kiültetésekben leginkább felhasználható növények a 4-es és 5-ös kondíciójúak az összes vizsgált taxon (271) nagyobb részét teszik ki (1998-ban 83,4%; 1999-ben 74,2%; 2000-ben 62%; 2001-ben 69%).

A piaci értéket meghatározó szubjektív változó a ráncosság, mely többé-kevésbé fajra jellemzően a növény felkészülését (vízvesztését) jelenti a kedvezőtlen, téli hónapokra. A fajra jellemző ráncossági fokozat az évek során 1-1 fokozatot tért el. A 0 fokozatú ráncossággal jellemezhető *Opuntia engelmannii* fajnál 4 év során előfordult, hogy esetleg 1-es fokozatúra emelkedett, de ennél nagyobb eltérések nem történtek.

#### A tövisek és szártagok méretbeli változásai az időjárás függvényében

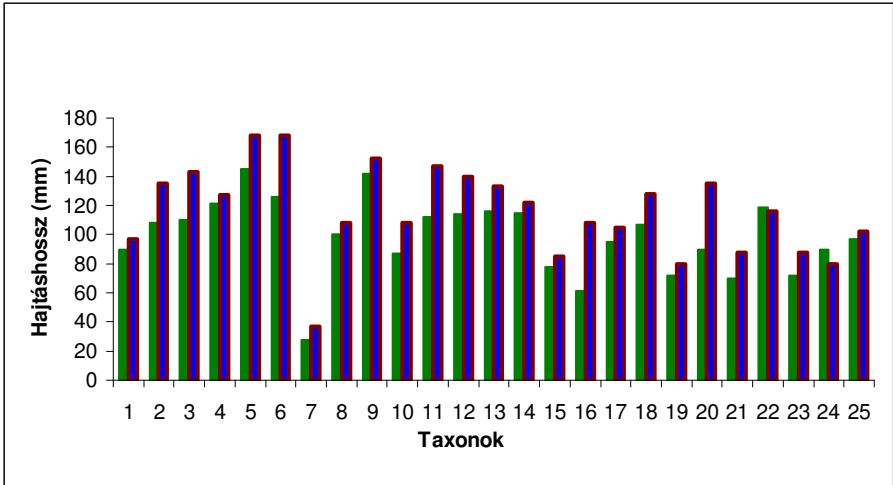
Az areolákból fejlődő szártagok és tövisek nagyobb mérete a növények dekorációs, piaci értékét jelentősen növelheti. A szártag és a tövis méretét azonban az időjárás nagyon befolyásolhatja. A kaktuszok ideális növekedéséhez

1. a szártagok megindulásához szükséges az elegendő tavaszi csapadék, valamint
2. a szártagok „beéréséhez”, a tövisek növekedéséhez a meleg és száraz nyár szükséges.

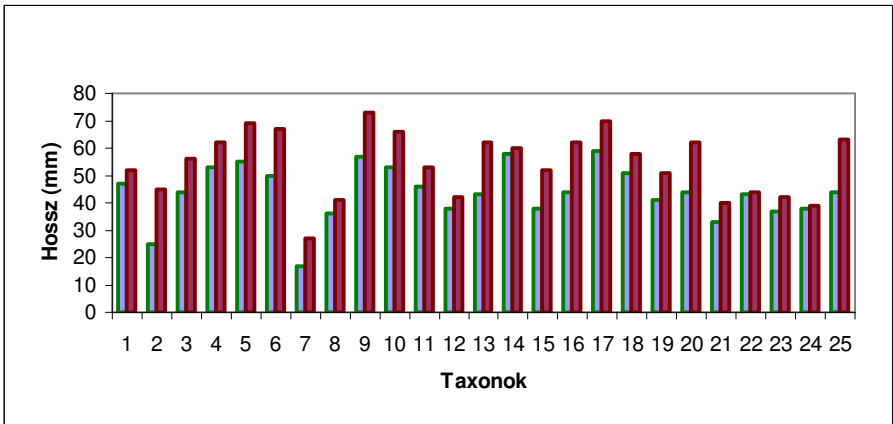
Ehhez járult hozzá a 2000. év következményeként, hogy az *Opuntia engelmannii* var. *discata* (mint a legnagyobb szártagot fejlesztő télálló *Opuntia* faj) további 77%-al nagyobb növekedést ért el a szártagok végleges méretében 1999-hez viszonyítva. A tövisek méretében bekövetkezett változások mind a 25 *Opuntia* taxonnál pozitívak voltak, a tövis hosszúságának átlagai 2% és 80%-os növekedés között voltak.

Az évenkénti szórások azonosságától függően a Kétmintás t-próba és a Welch-próba használatával igazolt különbségeket kaptam, melyeket az 1. és a 2. **ábrák** szemmel láthatóan mutatnak.





**1. ábra** A vizsgált télálló kaktuszok hajtáshossz átlaga az extenzív zöldtetőn a Budai Arborétumban 1999-ben ■ és 2000-ben ■.



**2. ábra:** A vizsgált kaktuszok tövishossz átlaga az extenzív zöldtetőn a Budai Arborétumban 1999-ben ■ és 2000-ben ■.

A 1. és a 2. ábrán jelölt taxonok nevei: **1.** *O. arkansana*, **2.** *O. camanchica*, **3.** *O. camanchica* var. *rubra*, **4.** *O. engelmannii*, **5.** *O. engelmannii* var. *discata*, **6.** *O. engelmannii*-*phaeacantha* f., **7.** *O. fragilis*, **8.** *O. juniperina*, **9.** *O. macrocentra*, **10.** *O. macrorrhiza*, **11.** *O. phaeacantha*, **12.** *O. p.* var. *camanchica*, **13.** *O. p.* var. *longispina*, **14.** *O. phaeacantha* var. *major*, **15.** *O. phaeacantha* var. *minor*, **16.** *O. p.* var. *piercei*, **17.** *O. p.-macrocentra* f., **18.** *O. polyacantha*, **19.** *O. rhodantha*, **20.** *O. rubrifolia*, **21.** *O. schweriniana*, **22.** *O. tortispina*, **23.** *O. t.* var. *cymochila*, **24.** *O. t.* var. *luteo-straminea*, **25.** *O. t.* var. *stenochila*

## 2. Adaptációs felmérés a télálló kaktuszgyűjteményekben

A gyűjteménylátogatásaim során tapasztaltam, hogy a télálló kaktuszok a kaktuszgyűjtők között igen elterjedtek, egy-két *Opuntia*, *Cylindropuntia* faj az ország számos gyűjteményében megtalálható. Azonban a több fajból álló télálló kaktuszgyűjtemény kevés. A felmérés során 169 különböző taxon (faj, alfaj, változat, forma) nevet rögzítettem, amely 64-re csökken, ha a HUNT által szerkesztett rendszertani művel (Atlasz) párhuzamba állítjuk.

1997-től végzett gyűjteménylátogatásaimmal, a beérkezett adatlapok feldolgozásával 2007-re körvonalazódni látszik a hazánkban elterjedt télálló fajok, alfajok és változatok megoszlása, a télálló kaktuszok adaptációs feltérképezése.

A gyűjtemények leggyakoribb növénye a *Cylindropuntia imbricata*.

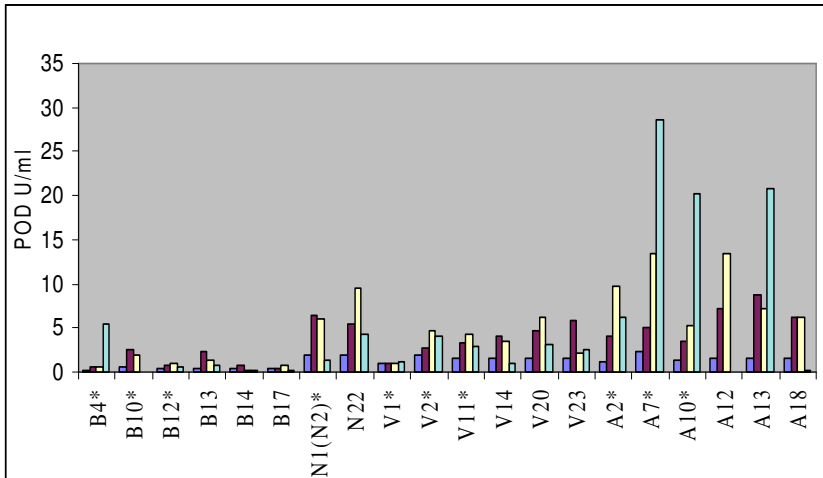
## 3. Biokémiai vizsgálatok

### A peroxidáz enzim aktivitásának változásai

Eltérő korú (2, 5 év), eltérő habitusú (törzsszukkulens, levélszukkulens) növényekben 4 mintavétel (kiindulás, kihelyezés, -10 °C, helyreállítás) során vizsgáltam a peroxidáz enzim aktivitásában bekövetkezett változásokat. A vizsgálat során a kontroll mintákat a Titavittal (titán-aszkorbát) permetezett növényekből szedett mintákkal hasonlítottam össze.

Függetlenül a kezeléstől, arányaiban a legalacsonyabb POD aktivitás a B jelű, *Echinocereus reichenbachii* ssp. *baileyi* növénynél tapasztalható, mely egy oszlopos növekedésű törzsszukkulens faj. Ezt követik az N jelű, *Escobaria vivipara* var. *neomexicana* és a V jelű, *Escobaria vivipara* fajok, melyek gömb alakú törzsszukkulensek (3. ábra). A kísérlet eredményei a következőkben foglalhatók össze.

- Az *Echinocereus reichenbachii* ssp. *baileyi* fajnál a kiindulási állapotban alacsonyabb POD enzim aktivitás figyelhető meg, mint a többi, kísérletben részt vevő fajnál. A kihelyezés és a titán-aszkorbát hatására a kezelt növényeknél nagyobb mértékben nőtt meg a POD enzim aktivitása, mint a kontroll növényeknél. Az *Echinocereus reichenbachii* ssp. *baileyi* faj esetén a mintavétel is komoly stresszel járt, hiszen a mintát adó növényi részek drasztikus beavatkozással voltak kinyerhetőek, így nem meglepő, hogy a 4. (helyreállítás) mintavétel szélsőséges eredményeket adott.
- Az *Escobaria* nemzetség 2 fajának POD enzim aktivitásában megfigyelhető különbségek már a kiindulási mintavételnél érzékelhetők voltak. A fiatal növényeknek (*Escobaria vivipara* var. *neomexicana*) a mintavételezések során folyamatosan magasabb volt a POD enzim aktivitása, ez a tendencia végig megmaradt. A 4. mintavételnél a POD enzim aktivitásának értékei, a szabályos tendenciának megfelelően, visszaestek.
- A vizsgálatokba kívülállónként bekerült az *Agave parryi*, levélszukkulens növény. Ennek magyarázata egyrészt az agavék és a kaktuszok szoros élőhelyi kapcsolatában, másrészt alkalmazhatóságában keresendő, hiszen a hazai sziklakertek, tetőkertek kialakításánál választék bővítő fajként kitűnően felhasználható. Az agavék között, bár az *Agavaceae* család számos fajból áll, arányaiban kevés, mindössze 7 taxon található, amelyek a hazai körülményeket is elviselik minden téli takarás, védelem nélkül. A POD enzim aktivitás értékeit tekintve is elkülöníthető a törzsszukkulens kaktuszoktól. A vizsgálat során a peroxidáz enzim aktivitás széles határok között mozgott. Általános tendenciával ellentétben, a helyreállítás szakaszban (4. mintavétel) a POD enzim értékek nem csökkentek, hanem a minták nagyobb részénél tovább emelkedtek, ami arra utalhat, hogy a növény „próbálkozik”, hogy túlélje a számára kedvezőtlenül alacsony hőmérsékletet.



**3. ábra.** Peroxidáz enzim aktivitás (U/ml) változása a vizsgált növényekben (B, N, V, A) fagystressz hatására, Titavittal kezelt (\*) és kontroll növényekben, a **kiindulás** (2005. 11. 28.) ■, a **kihelyezés** (2006. 01. 20.) ■, **-10 °C** (2006. 01. 29.) ■, és az **helyreállítás** (2006. 02. 13.) ■ időpontokban, ahol a B – *Echinocereus reichenbachii* ssp. *baileyi*, N – *Escobaria vivipara* var. *neomexicana*, V – *Escobaria vivipara*, A – *Agave parryi*.

A Titavit kezelés ugyan fajtól és változattól különböző módon befolyásolta az enzimaktivitási értékeket, összességében elmondható, hogy minden esetben kedvezően hatott, mely a túlélő növények nagyobb számában is megmutatkozik (**4. ábra**)

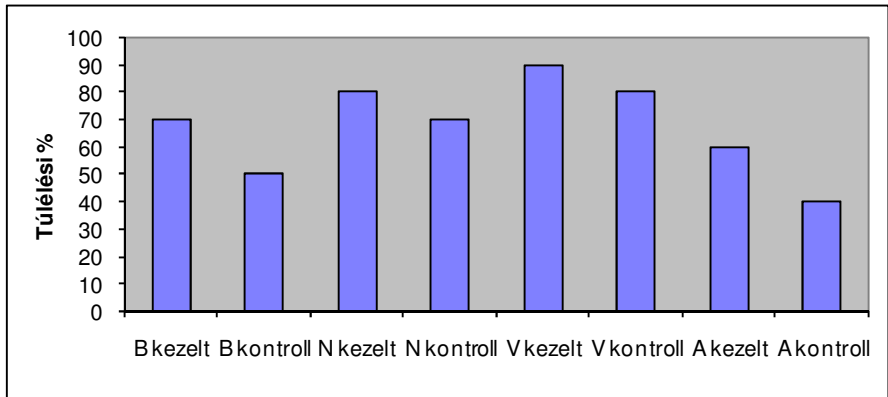
### Az összes fenoltartalom meghatározása

A növényekben levő fenoltartalom a peroxidáz enzimhez hasonlóan a stresszfolyamatokkal kapcsolatba hozható. A vizsgálatok során a fagyérzékeny *Mammillaria prolifera* fajból gyűjtött minták összes fenoltartalma többszöröse volt a télálló *Escobaria vivipara* egyedekből származó minták fenoltartalmának, függetlenül attól, hogy titánaszorbáttal kezelt növényről volt szó, vagy sem. A fagyérzékeny növény magas fenoltartalma, a védelmi funkcióra képződött flavonoidok mennyiségének növekedésével magyarázható.

### 4. Szaporítási vizsgálatok

#### Az *Opuntia tortispina* gyökeresedése

A kladódiumok járulékos gyökérképződését kevésbé, a gyökeresedés idejét azonban határozottan befolyásolta a gyökereztető közeg. A megfigyelés 1 hónapja alatt 3 szártagon, kladódiumon nem fejlődött járulékos gyökér, a gyökérképződést azonban semmilyen károsodás, leromlás nem hátráltatta, valószínűleg néhány hét elteltével behozták a lemaradásukat. A legjobb eredményt a szártagokon fejlődött járulékos gyökerek számát, és a gyökérfejlődés gyorsaságát tekintve is a perlit és a föld/homok keveréke nyújtotta.



**4. ábra.** Az *Echinocereus reichenbachii* ssp. *baileyi* (B), *Escobaria vivipara* var. *neomexicana* (N), *Escobaria vivipara* (V), és az *Agave parryi* (A) Titavittal kezelt és kontroll egyedei, melyek túléltek a 2005/2006 telet (túlélési %).

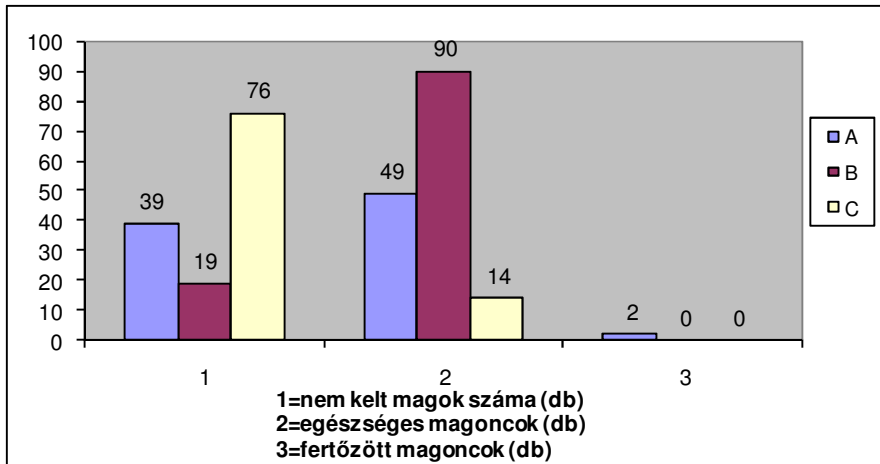
#### A télálló kaktuszok magvetése steril és hagyományos körülmények között

A magvetés során a teljes magadag (270 db) 49,6% nem csírázott ki, leginkább a hagyományos magvetést lerontó külső körülmények miatt. A steril magvetés nehézsége a sterilizálásban van, ennek ellenére a kísérlet azt igazolta, hogy a steril magvetés jobb eredménnyel alkalmazható. A vizsgálat a hagyományos vetés elégtelensége miatt igen szélsőségesre sikerült. Az egyszerű, egyéb berendezések nélküli (pótfűtés és megvilágítás) hagyományos magvetés módszerével elvetett magok sokkal inkább ki vannak téve a külső környezet hatásainak, azonban valószínűleg éppen ennek köszönhetik a hagyományos módon kelt magoncok az edzettségüket, amely a sterilen vetett magoncoknál hiányzik.

A **5. ábrán** összesítve mutatom be a magvetés eredményességét a különböző módszerek és a vizsgált változók tekintetében, ahol a taxonok összevontan szerepelnek. A fertőzött magoncok esetén a taxonok egyformán viselkednek, és a magvetési módszerek között sem várható szignifikáns különbség. A kezelési hatásokat a Games-Howell próbával hasonlítva össze, az első 2 jellemzőnél (a ki nem kelt magok és az egészséges magoncok) a B-vel jelölt magvetésmód (klórmésszel történt fertőtlenítés alkalmazása) bizonyult szignifikánsan eredményesebbnek a C-vel jelölt kontroll/hagyományos magvetésmóddal szemben.

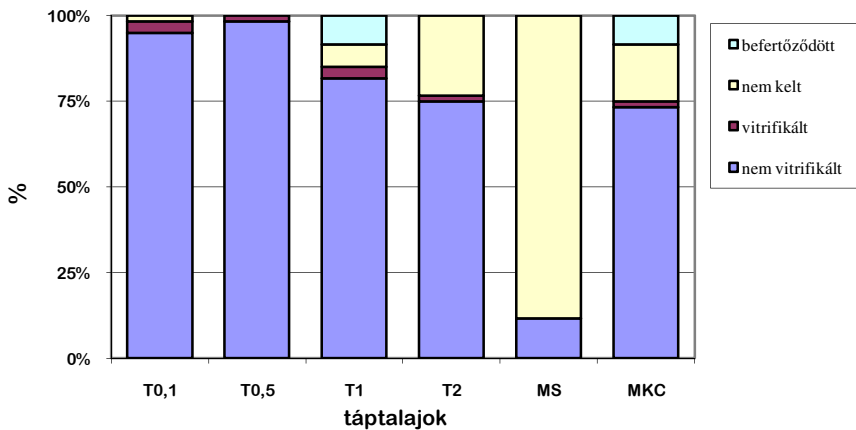
#### A télálló kaktuszok magvetésénél alkalmazott táptalajok

A vitrifikáció kiküszöbölése és a csírázás % növelése érdekében beállított steril magvetési kísérlet során, a vizsgált változók alapján az alkalmazott táptalajok közül optimális táptalajnak a 0,5 mg/l Titavittot tartalmazó T0,5 jelölésű bizonyult (**6. ábra**) Egyenlő mértékben 3,3 %-os volt a vitrifikáció T0,1 és a T1-es táptalajokon. Az MS táptalajon, bár a kikelt magoncok között nem fejlődött vitrifikált egyed és fertőzött sem volt, igen kedvezőtlennek bizonyultak a csírázási folyamatok, ugyanis az elvetett magok 88,3 %-a nem kelt ki.



**5. ábra** A magvetés eredményének összesítése a vizsgált változók alapján, ahol az A a hypos, a B a klórmézzsel történt fertőtlenítést, a C pedig a kontrollként alkalmazott hagyományos magvetést jelenti.

A télálló *Escobaria vivipara* változatok magvetési vizsgálata során kapott eredmények alapján elmondható, hogy a különböző koncentrációjú Titavitot tartalmazó, és a kontrollként használt MKC táptalajoknak a vitrifikációra valamint a csírázási %-ra számottevő, szignifikánsan kimutatható hatásuk nem volt. Ellenben a magas só- és cukorkoncentrációjú MS táptalaj a csírázási %-ot erősen lerontotta.



**6. ábra** Az adott táptalajok hatására bekövetkezett, a kísérlet során kialakult jellemző állapotok mag/magonc száma az *Escobaria vivipara* változatainál a BCE Dísznövénytermesztési és Dendrológiai Tanszéken, 2007-ben.

## IV. ÚJ TUDOMÁNYOS EREDMÉNYEK

1. Bevezettem a magyar szakirodalomba a kaktuszok evolúciójának egyik jellegzetességét az ún. széles-nyaláb tracheida kifejezést.
2. Megállapítottam, hogy a tenyészidőszak alatti időjárás körülmények (hőmérséklet, csapadék) befolyással vannak a szártagok, tövisek méretére.
3. Azt a következtetést vontam le, hogy az időjárás kedvezőtlen hatására bekövetkezett pusztulás egy évvel később jelentkezik.
4. Meghatároztam a növények peroxidáz enzim aktivitását és feltártam az összefüggéseket a növények fagytűrése és a peroxidáz enzim aktivitásának változása között.
5. Különbséget találtam a télálló és a fagyérzékeny kaktuszok összes fenoltartalmának alakulása között.

### A gyakorlatnak közvetlenül átadható eredmények

1. A szaporítási kísérletek során — az *Opuntia tortispina* példáján — kiválasztottam a gyökérféjződésre és a gyökérfejlődésre legalkalmasabb közeget, amely hatással van a szártagok minőségi és mennyiségi fejlődésére is.
2. A télálló kaktuszoknál összehasonlítottam a steril és hagyományos magvetés eredményességét, valamint kiválasztottam a kaktusz magoncok kezdeti fejlődésében leginkább alkalmas táptalajt.
3. Megállapítottam, hogy a steril magvetés során alkalmazott titavit tartalmú táptalajoknak a vitrifikációra, csírázási %-ra szignifikánsan kimutatható hatásuk nincs.
4. Megállapítottam, hogy a magas só- és cukor tartalmú táptalaj a kaktuszok csírázási %-át erősen lerontja.
5. Elkészítettem a télálló kaktusz fajok szinonima táblázatát.
6. Összesítettem a legismertebb hazai télálló kaktuszgyűjtemények növényanyagát

## V. AZ ÉRTEKEZÉS TÉMAKÖRÉBŐL KÉSZÜLT PUBLIKÁCIÓK JEGYZÉKE

### 1. Publikációk folyóiratban

- SZABÓ, K., MÉSZÁROS, Z. (1999): Observations of winter-hardy cacti in two open-ground collections in Hungary. KÉE Közleményei (Publ. Uni. Ind. Alim.) Budapest. 99: 122-128.
- SCHMIDT, G., SZABÓ, K. MÁTYUS, SZ., FODOR, A., SZENDRÁK, E., (1999): Preliminary observations on the winter-hardy Opuntias in Buda Arboretum. KÉE. Közleményei (Publ. of the Uni. of Hort. Food Indust.) Budapest. 98: 105-112.
- MOHÁCSINÉ SZABÓ, K. (2002): Pediocactus knowltonii. Debreceni Pozsgástár (Rec. Succ. Deb.) Debrecen. 5 (4): 217-224.
- MOHÁCSINÉ SZABÓ, K. (2003): Néhány kaktuszfaj megjelenése a Cactaceae család elterjedésének északi határán. Kaktusz-Világ (Succ. Hung.) Budapest 27 (2): 40-45.
- MOHÁCSI, G., MOHÁCSINÉ SZABÓ, K. (2005): Agave fajok hazai adaptációs lehetőségei. Kaktusz-Világ (Succ. Hung.) Budapest 30 (4): 138-145.
- MOHÁCSINÉ SZABÓ, K., TILLYNÉ MÁNDY, A. (2006): Az *Escobaria* nemzetség (Cactaceae) Magyarországon is télálló fajainak magvetése steril és hagyományos körülmények között. Kaktusz-Világ (Succ. Hung.) Budapest 30 (6): 239-245.
- MOHÁCSINÉ SZABÓ, K., MÉSZÁROS, Z. (2006): A szélsőséges időjárás hatása a télálló kaktuszok morfológiájára. Kertgazdaság (Horticulture) 38 (3): 42-46.
- MOHÁCSINÉ SZABÓ, K., CSÁRÁDI, K. (2007): A télálló *Opuntia tortispina* Engelman & J.M. Bigelow (Cactaceae) szártagok járulékos gyökérképződésének és fejlődésének vizsgálata különböző közegekben. Kertgazdaság (Horticulture) 39 (1): 41-47.

### 2. Konferencia kiadványban

- MOHÁCSI, G., MOHÁCSINÉ SZABÓ, K. (2005): Télálló agavék hazai adaptációs lehetőségei. A *Lippay János - Ormos Imre – Vas Károly Tudományos Ülésszak Előadásainak és Poszttereinek Összefoglalói*. Budapesti Corvinus Egyetem Dísznövénytermesztési és Dendrológiai Szekció (2005. október 19-21.), Budapest, pp 17.
- SZABÓ, K., TILLYNÉ MÁNDY, A.: (2007): Télálló kaktuszok magvetése titán-aszkorbát tartalmú táptalajokra. A *Lippay János - Ormos Imre – Vas Károly Tudományos Ülésszak Előadásainak és Poszttereinek Összefoglalói*. Budapesti Corvinus Egyetem Dísznövénytermesztési és Dendrológiai Szekció (2007. november 7-8.), Budapest, 20-21.
- SZABÓ, K., TILLYNÉ MÁNDY, A., STEFANOVITSNÉ BÁNYAI, É. (2007): A peroxidáz enzim aktivitásainak változásai télálló szukkulens növényekben. A *Lippay János - Ormos Imre – Vas Károly Tudományos Ülésszak Előadásainak és Poszttereinek Összefoglalói*. Budapesti Corvinus Egyetem Dísznövénytermesztési és Dendrológiai Szekció (2007. november 7-8.), Budapest, 34-35.