



VÍZHIÁNY HATÁSA *OCIMUM BASILICUM* L. ÉS *SATUREJA HORTENSIS* L. NÉHÁNY STRESSZPARAMÉTERÉRE

DOKTORI ÉRTEKEZÉS TÉZISEI

INOTAI KATALIN

TÉMAVEZETŐ: ZÁMBORINÉ DR. NÉMETH ÉVA (DSc)

BUDAPEST

2013

A doktori iskola

- megnevezése:** Kertészettudományi Doktori Iskola
- tudományága:** Növénytermesztési és kertészeti tudományok
- vezetője:** Dr. Tóth Magdolna
egyetemi tanár, DSc
Budapesti Corvinus Egyetem, Kertészettudományi Kar,
Gyümölcsstermő Növények Tanszék
- Témavezető:** Zámboriné Dr. Németh Éva
egyetemi tanár, DSc
Budapesti Corvinus Egyetem, Kertészettudományi Kar,
Gyógy- és Aromanövények 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, azért az értekezés védési eljárásra bocsátható.

.....
Az iskolavezető jóváhagyása

.....
A témavezető jóváhagyása

1. A MUNKA ELŐZMÉNYEI, A KITÚZÓTT CÉLOK

A jelzett környezeti változások valamint az előállított termékekkel szembeni minőségi követelmények szigorodása azt eredményezi, hogy a gyógy- és aromanövények számára az elmúlt évtizedekben kidolgozott termesztéstechnológiákat a gazdaságosság érdekében szükségszerűen módosítani, optimalizálni kell. Az optimalizálás alapfeltétele, hogy minél több ponton legyünk képesek az agrár-rendszer tényezőit befolyásolni, a kívánalmaknak megfelelően alakítani. A mind nagyobb gyakorisággal fellépő klíma-stresszhez való alkalmazkodás során ilyen beavatkozási pontok lehetnek a megfelelő ökotípus vagy fajta kiválasztása, okszerű területválasztás, a konkurens növényfajok visszaszorítása, a tápanyag és vízellátottság optimalizálása. Az intenzív termesztéstechnológia kimunkálását megalapozó elméleti ismeretek megszerzése és erre épülő korszerű agrárrendszerek működtetése ma már egymás nélkül elképzelhetetlen.

Az optimálisnál alacsonyabb szintű vízellátás miatt csökkenhet a növény növekedése és a termés hozam is. A stressz következtében változik a növényi anyagcsere, egyúttal oxidatív stressz is éri a növényt, aminek következtében aktiválódik az antioxidáns védelmi rendszer. Ezért különösen fontos az optimális vízmennyiség meghatározása olyan egyéves, lágyszárú fűszernövényfajok esetében, ahol a teljes föld feletti biomaszát maximalizálása a cél, ahol a leveles, virágos hajtás adja a drogot, és optimalizálásra vár mind ennek mennyisége, mind az abban felhalmozódó hatóanyag szintje.

A kerti borsfű (*Satureja hortensis* L.) a *Lamiaceae* családba tartozó egyéves, lágyszárú növény. Származási helye a Földközi-tenger és Nyugat-Ázsia vidéke (Halászné, 2000). Dél-, Délkelet Európában honos fűszernövény, amely kedveli a meleget és jól tűri a szárazságot, így hazánkban a gyakorlati tapasztalatok szerint a termesztése legtöbb esetben öntözés nélkül is megoldható. A virágzó, föld feletti része 0,3-2% illóolajat, valamint 4-8% cseranyagot, nyálkát, gyantát és cukrot tartalmaz (Halmai és Novák, 1963).

A kerti bazsalikom (*Ocimum basilicum* L.) szintén a *Lamiaceae* családba tartozó széleskörűen elterjedt és kedvelt egyéves, lágyszárú fűszer- és gyógynövényfaj. A Dél-Ázsiából származó bazsalikom nagy morfológiai és kémiai variabilitással rendelkezik.

Illóolaj tartalma 0,2-5,2% (Simon et al., 1999). Összetétele igen változatos, napjainkig közel 140 komponenst azonosítottak az *Ocimum basilicum* illóolajából. (Hiltunen és Holm, 2006). Több kemotípusát különböztetjük meg, melyek legfőbb komponensei a linalool, metil-kavicol és eugenol (Telci et al., 2006).

Célkitűzéseink

A munka célja az volt, hogy a hazai viszonyok között is egyre gyakoribbá váló szélsőséges időjárás, ezen belül alapvetően a száraz periódusok gyógynövény kultúrákban való – jelenleg kevésbé ismert – hatását modellezzük. A vízellátás különböző mértékének hatását néhány, az irodalom alapján a stresszreakciókban szerepet játszó élettani paraméterrel kívántuk első lépésben jellemezni. Modellfajként két gyakran termesztett, de tudományosan ilyen szempontból kevésbé vizsgált fűszernövényt, a kerti bazsalikomot (*Ocimum basilicum* L.) és az egyéves borsfűvet (*Satureja hortensis* L.) vizsgáltuk, hogyan reagálnak az eltérő vízellátottságra.

A vizsgálatokban választ kerestünk arra, hogy a feltételezett vízhiány hogyan hat

- a *membránlipid-peroxidációs folyamatokra*, amit a peroxidáció során keletkező malondialdehid (MDA) mennyiségi változásával jellemeztünk;
- az *antioxidáns enzimrendszerre*, különösen a szuperoxid-dizmutáz (SOD) aktivitás változására;
- az ozmotikus stresszreakciók nyomán beinduló *védekezési folyamatokra*, amit az általában felhalmozódó ozmoprotektáns markermolekulák koncentrációjával és annak változásaival jellemeztünk. Ezen belül tanulmányozni kívántuk az oldható cukortartalom, továbbá az ozmoprotektánsként, de egyben regulátor molekulaként is ismert prolin előfordulását, felhalmozódási dinamikáját.

Meg akartuk állapítani, hogy a stressz elleni védekezési mechanizmusokkal kapcsolatos fenti reakciók és az azokat jellemző biokémiai markerek milyen összefüggésben állnak

- a növények *egyedfejlődési dinamikájával*, mennyiben köthetők meghatározott fenológiai fázisokhoz;
- illetve a modell gyógy- és fűszernövények *jellemző hatóanyagával* az illóolaj felhalmozódásával.

Végezetül össze kívántuk hasonlítani a felmért tulajdonságok és válaszreakciók irányát, mértékét és jellegzetességeit a két, eltérő származású gyógynövényfaj esetében, hogy az esetleges fajspecifikus sajátosságokat is megállapíthassuk.

Fontos szempontként merült fel ezen kívül, hogy vizsgálataink elsősorban elméleti jelentősége mellett a gyakorlat számára, a száraz időszakokban biztosított vízutánpótlás várható hatásaira is iránymutatást adhassunk.

2. ANYAG ÉS MÓDSZER

Kísérleteinket 2008 -2010-ben a Budapesti Corvinus Egyetem Gyógy- és Aromanövények Tanszékén és Soroksáron, az egyetem Kísérleti Üzem és Tangazdaságának tanszéki területén végeztük.

2.1. Fitotronban folytatott kísérletek, növénynevelési körülmények

2008-tól 2010-ig évente Conviron E-15 típusú klímakamrában neveltünk növényeket. Kísérleti kezelésként 3 talaj vízkapacitással dolgoztunk: bő vízellátás esetén 70%-os talaj vízkapacitást (TVK) (továbbiakban: „K”) állítottunk be, míg enyhe szárazság előidézésére 50% (továbbiakban: „S1”), erős szárazság stimulálására pedig 30%-ot (továbbiakban: „S2”). Kezelésként 13 cserép ismétlést alkalmaztunk. A közeg vízkapacitását gravimetriás módszerrel határoztuk meg. A klímakamrákban 14 órás megvilágítási periódust alkalmaztunk, állandó, 25°C-os nappali és 17°C-os éjszakai hőmérsékletet állítottunk be. A légtér relatív páratartalma 65%-volt.

2008-ban az *Ocimum basilicum* L. 'Keskenylevelű' fajtájával és a *Satureja hortensis* 'Budakalászi' fajtájával dolgoztunk. Mindkét modellnövény esetében 4-4 egyedat ültettünk cserepenként. 2009-ben és 2010-ben a 'Keskenylevelű' fajtát nagyfokú heterogenitása miatt a gyakran termesztett 'Genovese' fajtával helyettesítettük.

2.2. Szabadföldi kísérletek

Szabadföldi kisparcellás kísérletek során *Ocimum basilicum* 'Keskenylevelű', valamint *Satureja hortensis* 'Budakalászi' fajtáját alkalmaztuk.

A szabadföldi parcellákon a palántákat mindkét évben 4-6 lomblevelés állapotban 50×30 cm-es térállásba ültettük ki a Budapesti Corvinus Egyetem Soroksári Kísérleti Üzemében. Öntözött és öntözetlen (kontroll) kezelés került beállításra, 2 ismétlésben. Az öntözött parcellákra hetente két alkalommal, 20 mm vízmennyiséget juttatunk ki a természetes csapadék kiegészítéseként.

2.3. Mintavétel

Mind a klímakamrás, mind a szabadföldi kísérletek során három időpontban történt a mintavételezés a növények leveleiből, virágzás előtt, teljes virágzás idején, valamint virágzás után. A parcellákról minden esetben átlagmintákat szedtünk, 3-5 ismétlésben.

2.4. Laboranalitikai módszerek

- Relatív víztartalom (RWC) meghatározása: Schonfeld és munkatársai (1988) módosított módszere alapján határoztuk meg.
- Malondialdehid (MDA) mennyiségi meghatározása: tiobarbitursavas reagens alkalmazásával, spektrofotometriásan.
- Szuperoxid-dizmutáz (SOD) aktivitás mérése, össz-fehérje tartalom meghatározása: A fehérje tartalmat Bradford (1976) módszere alapján mértük. A SOD aktivitást az NBT (nitrotetrazóliumkék) riboflavin jelenlétében történő fotokémiai redukciójának gátlása alapján határoztuk meg.
- Cukorkomponensek analízise: HPLC módszerrel, standardokkal történt.
- Prolintartalom meghatározása: ninhidrin reagens alkalmazásával, spektrofotometriásan.
- Illóolajtartalom meghatározása: Clevenger-típusú vízgőzdesztillációval, a VII. Magyar Gyógyszerkönyvnek megfelelően (ml/100 g sz.a.).

A statisztikai analízist ismételt méréses ANOVA modellel végeztük, PASW software (<http://www.spss.com>) alkalmazásával.

3. EREDMÉNYEK ÉS KÖVETKEZTETÉSEK

Megállapítottuk, hogy a bazsalikom és a borsfű szárazságstresszre (vízmegvonásra) adott reakcióválaszai jól követhetők a szuperoxid-dizmutáz (SOD) aktivitás értékek hasonlóan alakultak a két fajban, míg az MDA tartalom eltérő nagyságrendben volt jelen, a borsfűben másfélszer magasabb értékeket mértünk, mint a bazsalikomban. A prolin nagyságrendileg hasonló koncentrációban halmozódik fel a két fajban. Az oldható cukorkomponensek azonban a bazsalikomban jóval alacsonyabb nagyságrendben - esetenként 1/2 és 1/3 részben - voltak jelen, mint a borsfű növényekben.

A tesztfajok hajtásaiban a malondialdehid (MDA) tartalom a növény egyedfejlődése során növekedik, legmagasabb értéket a legintenzívebb anyagcsere fázisban, teljes virágzás idején éri el. Az adatokból úgy tűnik, hogy a vízellátásnak a reprodukzív időszakban fontos szerepe van a membrán integritás megőrzésében. Ugyanakkor a vízmegvonást célzó kezeléseknek a legtöbb esetben se a borsfű, sem a bazsalikom egyedekben nem volt negatív hatása a lipid-peroxidációra, különösen az enyhe vízhiány (50% TVK) esetén. Az antioxidáns

enzimek aktiválódása fontos szerepet játszhat abban, hogy a lipidperoxidáció nem emelkedik még az enyhébb stressz hatására.

A hidrogén-peroxid termelő SOD enzim aktivitása méréseink szerint mindkét tesztfajban teljes virágzáskor emelkedett meg jelentősen, és a magasabb értékek többnyire elvirágzáskor is megmaradnak. A bazsalikom esetében a SOD aktivitás fenofázis függése kevésbé volt bizonyítható, mint a borsfűben, így ez fajra jellemző sajátosságnak tűnik. Az, hogy a két tesztfaj lényegében hasonló módon reagált a SOD aktivitás tekintetében a vízmegvonási kezeléseinkre, némiképp eltér a várakozástól. A borsfű esetében ugyanis a tolerancia ismeretében jelentősebb változás volt feltételezhető, mint a szárazság érzékeny bazsalikomban.

A növények össz-fehérje tartalma kísérleteinkben a fejlődés során növekedett: bizonyos esetekben csak virágzásig, de más körülmények között tovább is. A két faj viselkedése között lényeges eltérést e szempontból sem találtunk.

A vízellátás hatása az oldható cukrok (glükóz, fruktóz, szacharóz) mennyiségi változására kísérleteink körülményei között csekély. A két faj hasonló eredményeket produkált: az alkalmazott kezelések között csak egyes esetekben tapasztalható szignifikáns eltérés, ekkor a rosszabb vízellátású (30% és 50% TVK illetve szabadföldön a nem öntözött) növények cukortartalma megnő. A szárazságtűrőbbnek ismert borsfű esetében fitotronban mintegy 5,5-ször, szabadföldön 13,5-ször magasabb értékeket mértünk, mint a vízigényesebb bazsalikom leveleiben. Az egyes cukorkomponensek aránya általában a monoszaharidok javára tolódik el, ezek –különösen a glükóz- reagálnak érzékenyebben.

Vizsgálatainkban a cukor felhalmozódás azonban nem kötődik egyértelműen az egyedfejlődési fázisokhoz. Az elemzett mono- és diszaharidok koncentrációja a borsfűben esetenként a vegetációs idő vége felé emelkedik meg enyhén. A bazsalikom mintákban mért cukortartalom még kevésbé mutat fenofázis függést.

A prolintartalom ezzel szemben mindkét növényfajban jellegzetes dinamikát mutatott: az akkumulációs szint növekedett az egyedfejlődés folyamán, maximumát elvirágzás után, azaz az utolsó fenológiai fázisban mértük. Úgy tűnik, hogy a folyamatos vízhiány egyre fokozódó hatást gyakorol a prolinszintre, azaz valószínűsíthető, hogy a kumulálódó stressz növekvő szintézist, - vagy épp a lebontás inaktiválódását indukálja.

Az illóolaj tartalom a kísérleteink nagy részében a gyengébb vízellátási körülmények között volt magasabb. Feltehetően ez azonban közvetett reakció: a vízmegvonás hatására mérséklődik a növekedés és ennek következtében emelkedik a levél/szár arány, ami az illóolaj egységnyi drogtömegre számított szintjének emelkedését okozhatja.

Összességében, a mért adatsorok alapján az igazolható, hogy a két faj reakcióválaszai az indukált szárazságstresszre mindenképpen több komponensűek. A SOD antioxidáns enzimrendszer erős aktiválódása mindkét fajban bizonyítható. A növények egyedfejlődése során a reakció erősödik, de a növekedési dinamika a borsfűben határozottabban jelentkezik. Ez arra utal, hogy a borsfű szövetei alkalmazkodóképesebbek, erősebb védekező potenciállal rendelkeznek. Feltételezhetően – többek között – az erős antioxidáns enzim aktivitás következtében nem változik jelentősen a lipid peroxidáció az ezt jelző MDA szint. Nem zárható ki természetesen más védekező mechanizmus sem, ami azonban úgy tűnik, hasonló eredménnyel van jelen a két fajban.

A védekezésben kísérleteink alapján a nem enzimatis rendszernek is fontos szerepe lehet a modellfajok szárazságtűrésében. Mindkét fajban bizonyítható a jelentős prolin akkumuláció a stressz következtében. A szerepe feltehetően mint ozmolitikum fontos, de részt vehet szignál átvitelben is, ami a vizsgálatok alapján nem határozható meg egyértelműen. A SOD mellett tehát ez a molekula az, ami a növények vegetációs idejében végig hozzájárulni látszik a szárazságstressz kivédéséhez. Ezzel kapcsolatban a két faj között sem a reakcióban, sem a prolin szint nagyságrendjében nem tapasztalható lényeges eltérés. Más fehérje természetű védőmolekulák szerepe sem zárható ki, de munkánk nyomán nem egyértelmű.

A nem enzimatis védekezési rendszer másik eleme az oldható, kis molekulájú cukormolekulák ozmolitikumként történő felhalmozódása. Ennek szerepe a prolinhoz képest a két modellfajban kevésbé jelentős. Adataink elemzése azonban azt mutatja, hogy a borsfűben erősebben hozzájárulhat a szárazságtűréshez, mint a bazsalikomban. A friss levéltömegre számított cukor mennyiség a borsfűben 3-5szörös értékeket mutat a bazsalikomhoz viszonyítva. E faj jobb alkalmazkodóképességére utalhat az is, hogy a stressz tartóssá válásával, az egyedfejlődés során minden esetben növekvő értékeket tapasztalhatunk, míg a másik tesztfajban kevésbé bizonyítható a fenofázis függés. A borsfű cukor frakciójában a mért komponensek összetételben is gazdagabbnak mondhatók, a szaharóz csak itt jelenik meg rendszeresen.

Gyakorlati oldalról a kapott eredményekből úgy tűnik, hogy az alkalmazott 30 és 50%-os talajvíz kapacitás kedvezőtlen volt mindkét modell növényünk számára, mivel stresszválaszokat indukált.

A növények szárazságtűrését a jövőben hatékonyan javíthatjuk a jelentősnek bizonyult védekező mechanizmusok nemesítés útján való felerősítésével. Mivel azonban ehhez a bioszintetikus folyamatok teljesebb megértése és molekuláris szintű feltérképezése szükséges, valószínűleg csak a távolabbi jövőben lesz reális cél.

A gyakorlatban viszont egyes általunk vizsgált paraméterek, különösen a SOD, MDA és prolin lehetőséget adnak rá, hogy ezek meghatározásával definiáljuk a növény számára kedvezőbb vízellátási feltételeket, amelyek mint biokémiai marker molekulák, rendszerre fejlesztve az öntözés fajspecifikus optimalizálásában is kiemelkedő szerepet játszhatnak a jövőben.

4. ÚJ TUDOMÁNYOS EREDMÉNYEK

1. Megállapítottuk tehát, hogy a két, hazánkban gyakran termesztett és a gyakorlatban eltérő vízigénnyel jellemzett egyéves *Lamiaceae* faj, a bazsalikom és a kerti borsfű a vízmegvonás hatására számos reakcióban hasonlóságot mutat. Ugyanakkor a szárazságtűrésnek vannak olyan elemei is, melyek aktiválódásával a borsfű előnyre tehet szert, ilyen módon jobban alkalmazkodik az arid körülményekhez és gazdaságos hozamokat tud produkálni öntözés nélkül is. Különösen a hosszan tartó, - pl. száraz nyarak - indukálhatják a további védekező mechanizmusok belépését.

2. Az eltérő vízellátási körülmények mindkét fajban módosíthatják a SOD aktivitást. A borsfű esetében gyenge vízellátás mellett (30% TVK) az enzim aktivitás fitotronban 1,3- 2,3-szor, bazsalikomban 1,2-2,0 szer nagyobb volt, mint a kiegyenlített vízellátásban részesült kontroll növények mintáiban. A SOD enzim aktivitása borsfűben szignifikánsan a teljes virágzáskor emelkedett meg szignifikánsan. A bazsalikom esetében a SOD aktivitás fenofázis függése kevésbé volt bizonyítható, így ez fajra jellemző sajátosságnak tűnik. A vízmegvonást célzó kezelések negatív hatását a lipid-peroxidációra – feltételezhetően a fentiekkel összefüggésben - a legtöbb esetben nem tudtuk detektálni.

3. A borsfű növényben a vízellátás mértéke az általunk vizsgált ozmoprotektáns jellegű molekulák felhalmozódását befolyásolja, ami e molekulák stresszvédő szerepére utal. A 30% TVK-on nevelt növényekben az oldható cukorkomponensek (glükóz, fruktóz, szacharóz) mennyisége borsfűben akár 4 szeresre, bazsalikomban nyolcszoros értékre emelkedhet a kontrollhoz (70% TVK) képest.

4. A nem enzimes védekező mechanizmusok közül emellett a prolin valószínűleg a szárazságtűrés jelentős tényezője mindkét kísérleti fajban. A prolintartalom mindkét

növényfajban jellegzetes dinamikát mutatott: az akkumulációs szint növekedett az egyedfejlődés folyamán, maximumát elvirágzás után mértük.

5. A két faj szárazanyagra vonatkoztatott illóolajtartalma a vízellátás következtében módosulhat, a gyengébb talaj vízellátottság hozzájárulhat az illóolaj felhalmozódási szint növekedéséhez, borsfűben akár 28%-kal, bazsalikomban pedig közel 10%-kal emelkedhet a kontrollhoz képest.

5. IRODALMI HIVATKOZÁSOK

Bradford, M. M. (1976): A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. *Analytical Biochemistry*, 72: 248-254.

Halászné Zelnik, K. (2000): *Satureja hortensis* – borsfű. In: Bernáth Jenő (szerk.): Gyógy és Aromanövények. *Mezőgazda Kiadó*, Budapest, 525-527.

Halmi, J., Novák, I. (1963): Farmakognózia. *Medicina Kiadó*, Budapest, 685.

Hiltunen, R., Holm, Y. (2006): Essential oil of *Ocimum*. In: Hiltunen, R., Holm, Y., (ed.) *Basil the genus Ocimum*, Harwood Academic Publisher, Amsterdam, 77-111.

Schonfeld, M.A., Johnson, R.C., Carver, B.F., Mornhinweg, D.W. (1988): Water relations in winter wheat as drought resistance indicators. *Crop Science*, 28: 526-531.

Simon, J.E., Morales, M.R., Phippen, W.B., Vieira, R.F., Hao, Z. (1999): Basil: A source of aroma compounds and a popular culinary and ornamental herb. In: J. Janick (ed.): *Perspectives on new crops and new uses*. *ASHS Press*, Alexandria, VA. 499–505.

Telci, I., Bayram, E., Yilmaz, G., Avci, B. (2006): Variability in essential oil composition of Turkish basils (*Ocimum basilicum* L.). *Biochemical Systematics and Ecology*, 34: 489-497.

Az értekezés témaköréhez kapcsolódó publikációk:

IF-es folyóiratcikk:

Inotai, K., Radácsi, P., Czövek, P., Sárosi, Sz., Ladányi, M., Németh, É.(2012): Lipid peroxidation and changes in the activity of superoxide dismutase caused by water deficit in basil (*Ocimum basilicum* L.) and savory (*Satureja hortensis* L.), Journal of Horticultural Science and Biotechnology, 87, (5), p. 499-503. (IF: 0,637)

Radácsi, P., **Inotai, K.**, Sárosi, Sz., Czövek, P., Bernáth, J., Németh, É., (2010): Effect of Water Supply on the Physiological Characteristic and Production of Basil (*Ocimum basilicum* L.), European Journal of Horticultural Science, 75 (5), p.193-197. (IF:0,489)

Konferencia kiadványok (magyar nyelvű):

Inotai, K., Radácsi, P., Németh, É., Bernáth, J., Végvári, Gy., Sándor, G., Czövek, P., (2009): Szárazságstressz által kiváltott biokémiai változások bazsalikomban és borsfűben, Lippay János – Ormos Imre – Vas Károly Tudományos Ülésszak. Budapest, 2009. október 28-30. Összefoglalók p. 106-107.

Radácsi, P., Göblyös, J., **Inotai, K.**, Deák, T., Bernáth, J., (2009): A levélfelület vizsgálata különböző vízkapacitáson nevelt bazsalikom növények esetében, Lippay János – Ormos Imre – Vas Károly Tudományos Ülésszak. Budapest, 2009. október 28-30. Összefoglalók p. 122-123.

Radácsi, P., **Inotai, K.**, Sárosi, Sz., Papp, I., Németh, É., Bernáth, J., (2009): Szárazságstressz hatása a bazsalikom és egyéves borsfű hatóanyagtartalmára és élettani folyamataira, Lippay János – Ormos Imre – Vas Károly Tudományos Ülésszak. Budapest, 2009. október 28-30. Összefoglalók p. 124-125.

Radácsi, P., **Inotai, K.**, Sárosi, Sz., Bacsó, R., Varga, L., Lukács, N., Németh, É., Bernáth, J. (2008): A vízhiány hatása a bazsalikom és a borsfű produkciós és élettani tulajdonságaira, Gyógynövény Szimpózium Pécs, 2008. október 16-18., Gyógyszerészet-Supplementum-Előadás-összefoglalók, LII. évf. 2008. nov., p. 19.

Nemzetközi konferencia kiadványok (full paper):

Radácsi, P., **Inotai, K.**, Rajhárt, P., Sárosi, Sz., Zámboriné, N.É., (2012): Effect of Two Irrigation Regimes on the Production and Secondary Metabolites of Sweet Basil (*Ocimum basilicum* L. 'Genovese'), 7th Conference on Medicinal and Aromatic Plants of Southeast European Countries, 27-31.05.2012. Subotica, Republic of Serbia, Proceedings, p. 267-272.

Nemzetközi konferencia kiadványok (abstract):

Inotai, K., Radácsi, P., Czövek, P., Sárosi, Sz., Ladányi, M., Németh, Z.É. (2012): Effects of water deficit on two *Lamiaceae* species, 7th Conference on Medicinal and Aromatic Plants of Southeast European Countries, 27-31.05.2012. Subotica, Republic of Serbia, Book of Abstracts, p. 173.

Inotai, K., Radácsi, P., Sárosi, Sz., Németh, É., Czövek, P., (2010): Der Effekt des Wassermangels auf den Wirkstoffgehalt und physiologische Prozesse des Basilikums (*Ocimum basilicum* L.), 20. Bernburger Winterseminar zu Fragen der Arznei- und Gerüstpflanzenproduktion 23.02-24.02.2010, Programm Kurzfassung der Referate und Poster Teilnehmerliste, p. 38.

Inotai, K., Radácsi, P., Sárosi, Sz., Czövek, P., Németh, É., Bernáth, J., (2009): The effect of lack of water on the malondialdehyde (MDA) content, total antioxidant capacity and total phenol content of savory (*Satureja hortensis* L.), Deutsche Gesellschaft für Qualitätsforschung, 44. Vortragstagung (16.-17. März 2009 in Freising), Book of Abstract p 116.

Radácsi, P., **Inotai, K.**, Sárosi, Sz., Kiss, E., Németh, É., Bernáth, J., (2009): Effect of the lack of water on the antioxidant capacity, total phenol content, essential oil content and essential oil quality of basil (*Ocimum basilicum* L.), Deutsche Gesellschaft für Qualitätsforschung, 44. Vortragstagung (16.-17. März 2009 in Freising), Book of Abstract p 118.

Inotai, K., Radácsi, P., Sárosi, Sz., Miklódy, D., Sándor, G., Lukács, N., Németh, É., Bernáth, J., (2008): The effect of drought stress on the accumulation of sugar and proline in essential oil bearing medicinal plants, Fifth Conference on Medicinal and Aromatic Plants of Southeast European Countries, 02-05.09.2008., Book of Abstract, p.114