



**AZ ELTÉRŐ VÍZELLÁTÁS HATÁSA A KERTI BAZSALIKOM (*OCIMUM BASILICUM*
L.) ÉS AZ EGYÉVES BORSFŰ (*SATUREJA HORTENSIS* L.) ÉLETTANI,
PRODUKCIÓBIOLÓGIAI ÉS BELTARTALMI JELLEMZŐIRE**

DOKTORI ÉRTEKEZÉS TÉZISEI

RADÁCSI PÉTER

TÉMAVEZETŐ: ZÁMBORINÉ DR. NÉMETH ÉVA (DSc)

BUDAPEST
2014

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.

.....
Dr. Tóth Magdolna
iskolavezető jóváhagyása


.....
Zámboriné Dr. Németh Éva
témavezető jóváhagyása

1. A MUNKA ELŐZMÉNYEI, A KITŰZÖTT CÉLOK

Sokáig a hazai gyógynövénykultúrák egyik jellemzője az volt, hogy a kedvezőtlen adottságú, más mezőgazdasági tevékenységben nem hasznosítható területek is gazdaságosan alkalmazhatóak voltak a gyógynövények termesztésére. Kis költség ráfordítással a gyengébb adottságú területeken is gazdaságosan lehetett termesztani. Mindamellettt sokáig tartotta magát az a megállapítás, hogy a nagy felületen termesztett gyógynövényeink termesztési költségei nem bírják el a kiegészítő öntözés ráfordításait. Az intenzívebb, kézimunka igényes növények (pl.: körömvirág, bazsalikom) esetében is csupán nagy szárazság esetén alkalmaztak csapadékpótló öntözést. Az elmúlt időszak világpiaci trendjei, a minőség iránti fokozott igény azonban ezt a hozzáállást erősen megkérdőjelezi. Számos olyan országban is intenzív gyógynövénytermesztés folyik, amely korábban jellemzően importőrként szerepelt a világpiacon. Ezáltal a hazai előállított termékek, gyógynövények egyre erősödő konkurenciával néznek szembe. Bár Lange (1998) szerint Magyarország a jelentősebb gyógynövény exportőr országok közé tartozik, pozíciójuk megtartása, világpiaci részesedésünk fokozása érdekében feltétlen szükséges a hazai termesztés- és feldolgozási technológiák fejlesztése, optimalizálása. Különös tekintettel arra, hogy már a korábbi elemzések is azt támasztották alá, hogy a gyógy- és aromanövények speciális anyagtermelése, az előállított nyersanyagban felhalmozott biológiailag aktív anyagok mennyisége és minősége jelentős mértékben függ a növényre ható környezeti tényezőktől (Bernáth 1986). Az előre jelzett éghajlati változások tehát jelentősen befolyásolhatják a hazai gyógynövények termesztését.

A gyógynövények sikeres és gazdaságos termesztésének egyik alapfeltétele, hogy a régebben kidolgozott termesztéstechnológiákat a prognosztizált klímaváltozás tükrében módosítsuk. Gondoskodnunk kell a megfelelő csapadék utánpótlásról, az öntözővíz kijuttatási technológiájáról, de az agrotechnikában és a fajtaválasztásban is figyelmet kell fordítanunk az előttünk álló változásokra. Az öntözés mértékének, módjának alkalmazása, bevezetése a termesztésbe azonban megalapozott döntést igényel.

A csapadék utánpótlás kérdésének eldöntése előtt fontos, hogy tisztában legyünk azzal, hogy a termesztett növényeink miként reagálnak a hőmérséklet emelkedésére, illetve a szárazabb éghajlatra.

A rendelkezésre álló irodalmi adatok elemzése alapján vélelmezhető, hogy a prognosztizált felmelegedés nem azonos mértékben, hanem faj, illetve kemotaxon

specifikusan módosítja a gyógy- és aromanövények biomassza és speciális anyagprodukciónak (Bernáth és Németh, 2004).

Kísérleteinket két – szakirodalmi adatok és korábbi tapasztalatok alapján – eltérő vízigényű egyéves növényfajjal, a kerti bazsalikkal (*Ocimum basilicum* L.) és az egyéves borsfűvel (*Satureja hortensis* L.) végeztük.

Munkánk során célkitűzéseink a következők voltak:

- A két, a gyakorlatban eltérő vízigényűnek ismert növényfaj produkcióbiológiai jellemzőinek megismerése. A szárazságstressznek a növények produkciójára gyakorolt hatásának felmérése.
- A modellnövények vízháztartásának jellemzésére szolgáló élettani paraméterek meghatározása. A relatív víztartalom, a klorofill tartalom, a sztómakonduktancia és vízpotenciál változásának, ezek összefüggéseinek feltárása a produkcióval és hatóanyag tartalommal kapcsolatban.
- A vízellátás hatásának meghatározása a modellnövények fő hatóanyaga, az illóolaj felhalmozódására valamint annak spektrumára, komponenseinek arányára, mennyiségi és minőségi jellemzőire.
- Annak megállapítása, hogy a vízhiányra adott válaszreakciók milyen mértékben általánosíthatók a két rokon fajra, illetve milyen faj, vagy (a bazsalikkal esetében) intraspecifikus jellemzőkkel számolhatunk a gyakorlatban.

Annak érdekében, hogy minél megbízhatóbb, a gyakorlat számára is felhasználható eredményeket kapjunk, kísérleteinket részben kontrollált körülmények között (fitotron, konténeres, fedett szén) részben pedig szabadföldi körülmények között végeztük, három éven keresztül.

2. ANYAG ÉS MÓDSZER

Kísérleteink során két modell növényvel, a kerti bazsalikkal (*Ocimum basilicum* L.) és az egyéves borsfűvel (*Satureja hortensis* L.) dolgoztunk. A különböző kísérlet típusokat és a kísérletek során felhasznált fajokat és fajtákat az 1. táblázat szemlélteti.

1. táblázat A kísérletek során alkalmazott bazsalikom és borsfű fajták

Kísérlet éve	Kísérlet típusa	Faj	Fajta	
2008	Klímakamra	<i>Ocimum basilicum</i>	'Keskenylevelű'	
		<i>Satureja hortensis</i>	'Budakalászi'	
	Szabadföld	<i>Satureja hortensis</i>	'Budakalászi'	
2009	Klímakamra	<i>Ocimum basilicum</i>	'Genovese'	
		<i>Satureja hortensis</i>	'Budakalászi'	
	Szabadföld	<i>Ocimum basilicum</i>	'Genovese'	
			'Kasia'	
			'Keskenylevelű'	
	Klímakamra	<i>Satureja hortensis</i>	'Budakalászi'	
			<i>Ocimum basilicum</i>	'Genovese'
			<i>Satureja hortensis</i>	'Budakalászi'
			<i>Satureja hortensis</i>	'Genovese'
2010	Szabadföld	<i>Ocimum basilicum</i>	'Kasia'	
			'Keskenylevelű'	
			'Wala'	
	Konténer	<i>Satureja hortensis</i>	'Budakalászi'	
			<i>Ocimum basilicum</i>	'Genovese'
			<i>Satureja hortensis</i>	'Budakalászi'

2.1. Klímakamrában folytatott kísérletek körülményei

Kísérleteinkhez két Conviron E-15 típusú klímakamrát használtunk.

Korábbi tapasztalatokra alapozva, illetve a vizsgált növények ökológiai igényeit szem előtt tartva, 14 órás nappali/fény szakaszt, valamint 10 órás éjszakai/sötét szakaszt alkalmaztunk. A megvilágított periódus során a fényerősség 14,5 klx volt, melyről fénycsőek (5200 K), valamint 60 W-os izzók (2700 K) gondoskodtak. A fényszakasz során a levegő hőmérséklete 25 °C volt, míg a sötét periódus során 17 °C. A relatív páratartalom 65-70 %-os intervallum között változott.

A klímakamrában minden évben, 1600 cm³ űrtartalmú, kifolyással nem rendelkező cserepeket használtunk. A cserepek aljába 140 g 5-8 mm átmérőjű mosott folyami kavicsot helyeztünk el, drén réteggént. Ide egy átlukasztott falú normál kémcső segítségével juttattuk el az öntözővizet.

Kezelésként mindhárom évben gravimetriás módszerrel a talaj vízkapacitás (TVK) 3 eltérő százalékát állítottunk be. A beállított talaj vízkapacitások, a következők voltak: kontroll kezelésként (K) a TVK 70 %-át, enyhe szárazság indukálásához (S1) a TVK 50%-át, míg erős szárazság előidézéséhez a TVK 30%-át alkalmaztunk.

A vízkapacitásokat hetente 3 alkalommal, grammos pontosságú mérleg segítségével ellenőriztük, amikor is a cserepeket az előre meghatározott tömegre töltöttük fel csapvízzel.

2.2 Szabadföldi kisparcellás kísérlete körülményei

A szabadföldi kísérletekben a növényeket a Budapesti Corvinus Egyetem (BCE) Gyógy- és Aromanövények Tanszék Soroksári kísérleti telepén neveltük.

A Soroksári Kísérleti Üzem Magyarország egyik legszárazabb területén fekszik. A talaj jellemzően homokos (a Duna öntésterülete), melynek humusztartalma alacsony, víztartó képessége pedig csekély.

A vetést üvegházban, szaporító ládában végeztük, majd az 1-2 lomblevelés állapot elérésével 1 dl-es műanyag poharakba tűzdeltük a növényeket. Rövid edzést követően a növényeket a végső helyükre 50×30 cm-es térállásba ültettük ki. Parcellánként 36-36 növényt helyeztünk el (6 sor, 6 oszlop).

A vízellátás hatásainak vizsgálatát célzó kezeléseink a következők voltak: öntözetlen kontroll mellett az öntözött parcellák hetenként 2 alkalommal 20 mm kiegészítő öntözésben részesültek. Az öntözés esőztető rendszerű volt, kerti öntözőcsővel történt, melynek végére, a pontos kijuttatott vízmennyiség mérésére egy vízórárt helyeztünk el. A parcellák szegélyein bakhátat húztunk, megakadályozandó az öntözővíz elfolyását. Az öntözött és öntözetlen parcellák között 1 m-es távolságot tartottunk.

2.3. Szabadföldi konténeres kísérlet körülményei

Fedett szín alatt, a természetes csapadék kizárásával, de természetes megvilágítás mellett 12 literes konténerekben neveltünk növényeket. Nevelőközegként a Soroksári Kísérleti Üzem talaját alkalmaztuk.

A konténerekbe 10 l közeg került. Egy konténerbe 3 palántát ültettünk ki, a szabadföldi kísérletek kezdetének időpontjában (2010. május 19.). Ez kezelésként 15 növényt jelentett. Két vízellátási kezelést alkalmaztunk: az első kezelés esetében 1 l öntözővizet juttattunk ki konténerenként, amennyiben a TVK 20 v/v % alá csökkent (Öntözött kezelés). A második kezelésnél 0,5 l öntözővizet, ha a TVK 10 (v/v) % alá esett (Öntözetlen kezelés). A TVK-t a Delta-T cég által forgalmazott ML2x talajszondával és HH2 olvasó egységgel határoztuk meg kétnaponta.

Ebben a kísérletben a bazsalikom növényeket kétszer is be tudtuk takarítani, ezért a kísérletek értékelésekor a vágásidőt, mint második tényezőt is bevontuk.

2.4. Mérési módszerek ismertetése

2.4.1. A vízpotenciál meghatározása

Klímakamrában nevelt növények vízpotenciáljának (ψ) meghatározásához hajtáscsúcs alatti 2-3. náduszról származó, kifejlett leveleket vizsgáltunk, 9 ismétlésben, a teljes virágzás fenofázisában. A ψ meghatározása az öntözést követő 2. napon dél és délután 2 óra között történt nyomáskamra (Model610 PressureChamber Instrument) segítségével. A nyomáskamra tartályának telítéséhez használt gáz CO_2 volt. Borsfű esetében a levélnyél hiánya és a levél apró mérete miatt a hajtáscsúcs felső 5-6 cm-es darabján végeztük el a méréseket.

A konténeres kísérletekhez SKYE SKPM 1405-ös típusú mobil nyomáskamrát alkalmaztunk. Ebben az esetben nitrogén volt az alkalmazott gáz. Kezelésként 10 ismétlésben végeztük el a méréseket.

2.4.2. A klorofilltartalom meghatározása

A növények levelének klorofill tartalmát KonicaMinolta SPAD-502Plus típusú műszerrel határoztuk meg. A mérésekre minden esetben a betakarítást megelőző napokban került sor. Mindkét fajnál a virágzat alatti 3-4. elágazáson fejlődött leveleket vizsgáltuk. A levéllemez területén 8 mérést végeztünk, majd ezeket a készülék átlagolta. Az így kapott mérést ismételtük kezelésként 10 alkalommal.

2.4.3. A relatív víztartalom meghatározása

A növények leveleinek relatív víztartalmát Turner és Thomas (1998) módosított módszere alapján határoztuk meg. Méréseink során, 2009-ben bazsalikom esetében 12,7 mm átmérőjű mintákat szedtünk a növények felső harmadán található kifejlett levelekből, melyeket azonnal lemérve megkaptuk a m_f -t (friss tömeg). A korongokat 24 órára 0,5 mM-os CaSO_4 oldatban áztattuk, majd szűrőpapíron a felületi nedvességet eltávolítottuk, így megkapva a m_t -t (telített tömeg). A telített mintákat 105 °C-on 24 órán szárítva a m_{sz} (száraz tömeg) is meghatározásra került. Kezelésként 6 mintát vettünk. A borsfű esetében a kivágott korongok száraz tömege annyira alacsony volt, hogy 4 tizedes pontosságú analitikai mérleggel sem lehetett a tömegeket biztosan meghatározni, így a következő kísérleti ciklusban mind a borsfű, mind pedig a bazsalikom esetében ehhez folyamodtunk. A növények felső harmadából származó egész leveleket vizsgáltunk, 8 levél/kezelés ismétlésben.

A RWC meghatározása a következő képlet alapján történt:

$$\text{RWC (\%)} = [(m_f - m_{sz}) / (m_t - m_{sz})] \times 100$$

2.4.4. A sztómakonduktancia meghatározása

Mindkét növény sztómakonduktanciáját AP4 porométerrel (Delta-T Devices, UK) határoztuk meg. A bazsalikomnál a hajtáscsúcstól számított 3-4. nóduszon lévő kifejlett levelek fonákát vizsgáltuk. Borsfűnél a jellemzően szélesebb levéllemezű, alsóbb leveleket tudtuk vizsgálni, mivel a készülék mintavételezési felülete meghaladta a felsőbb levelek méretét.

A méréseket kifejlett, virágzás kezdetén lévő növényeken végeztük, klímakamrában és szabadföldön is az öntözést követő 2. napon, 18 mérés/kezelés ismétlésben.

2.2.5. A növénymagasság és produkciós értékek meghatározása

A klímakamrában nevelt növények esetében a növényeket egy alkalommal takarítottuk be, a növények teljes virágzásának fenofázisában. A vágás előtt felvételezésre került a növények magassága, 10 ismétlésben. A növényeket rögtön a betakarítást követően digitális mérleggel lemértük, így megállapítva a friss tömeget.

Ezt követően a növényanyagot szobahőmérsékleten, száraz, árnyékos helyen pattanva törő állapotig szárítottuk. A száraz növényanyagot lemértük (száraz tömeg), majd a levelek lefosztása révén megállapítottuk a növények levél/szár arányát. A továbbiakban a levélarány kifejezés magában foglalja a virágzatot és a leveleket is.

A szabadföldi kísérletek során a növényeket szintén teljes virágzás állapotában takarítottuk be. A növények (a leghosszabb hajtás) magasságát a helyszínen mértük fel 10 ismétlésben. A friss tömegek meghatározása közvetlen a betakarítást követően történt meg. Kezelésként 10 növényt vágunk le az első levélpár fölött. A növényanyagot ezután szárítókeretre helyeztük, majd természetes körülmények között, árnyékban, pattanva törő állapotig szárítottuk. Mértük a száraz tömeget, majd a lefosztás után meghatároztuk a levél/szár arányt.

2.2.6. A mirigyszőr sűrűség mérése

A növények „peltate-típusú” mirigyszőr sűrűségének megállapítása a klímakamrában és szabadföldön nevelt egyedekről is teljes virágzásban történt 2009-ben. A bazsalikom esetében a hajtáscsúcstól számított 3. internódiumról, a levélfelület közepéről vettük a mintát, elkerülve azt, hogy a levél főere a mintaterületre essen. A mintavételezéshez 4 mm átmérőjű bőrlukasztót alkalmaztunk. A mintákat sztereomikroszkóp segítségével vizsgáltuk, ahol a

mintakorongokról felvételt is készítettünk. A mirigyszőrök számát a levél fonáki részén számoltuk.

Borsfű esetében a hajtáscsúcstól számítva 5-6 cm távolságban lévő levelekről vettünk mintát. A levél keskeny mivoltára való tekintettel a mintavételezésre 3,2 mm átmérőjű bőrlukasztót használtunk. Mivel elkerülhetetlen volt, hogy a levél főere a mintavételezési területre essen, arra törekedtünk, hogy az minden esetben középen haladjon át. A mirigyszőrök számát szintén a fonákon vizsgáltuk.

A klímakamrában nevelt növényekről kezelésenként 15-15 ismétlésben szedtünk mintát, míg szabadföldön, a bazsalikomnál 10 ismétlést alkalmaztunk kezelésenként, minden fajta esetében. A borsfűnél szabadföldön nem került sor e mérésre.

2.2.7. Az illóolaj-tartalom mérése

Az illóolaj-tartalom meghatározása a VII. Magyar Gyógyszerkönyv (1986) által előírt Clevenger berendezés segítségével történt. Mindkét faj esetében száraz növényi anyagot használtunk. 2008-ban a növények teljes herbáját (mely magába foglalta a szár, levél és virágzati részeket) pároltuk le, ezt követő években a növények szártól elválasztott föld feletti részeit. A lepárlás időtartama forrástól számított 2 óra volt. A rendelkezésre álló növényanyagtól függően 2-4 ismétlést alkalmaztunk. A lepárlást követően az illóolajat felfogtuk, majd az összetétel elemzéséig hűtőszekrényben tároltuk.

2.2.8. Az illóolaj összetételének meghatározása

Az illóolaj összetevőinek meghatározásához 6890 N típusú gázkromatográfot alkalmaztunk, mely 5975 Inert mass selective detektorral, (Agilent Technologies, USA), valamint HP-5MS (5 % phenyl methyl siloxane, hossz: 30 m, d=250 mm, filmvastagság: 0,25 mm) típusú kolonnával rendelkezett. Az injektor 230 °C, míg a detektor: 240 °C hőmérsékleten üzemelt. A hőmérsékleti program: 60 – 240 °C között 3 °C/perc rátával emelkedett. Vivőgázként héliumot alkalmaztunk, melynek áramlási sebessége konstans 1 ml/perc volt. Az injektált mennyiséget 0,2 ml (10 %-os hexános oldat) automata injektor (7683B, Agilent Technologies, USA) segítségével injektáltuk be. A GC-MS detektáláshoz 70 eV ionizációs energiát alkalmaztunk. A komponensek azonosítása tömegspektrum alapján, NIST könyvtár és saját illóolajos könyvtár segítségével, illetve a retenciós idők felhasználásával történt.

2.2.9 Az illékony komponensek meghatározása (SPME technikával)

Az SPME (Solid Phase Microextraction) gőztéranalízis során 20 ml térfogatú, csavarzárás üvegfiolát alkalmaztunk. Az edény légmentesen záródik, a mintavételezés szeptumon keresztül történt. Az edényekbe 2,5 g friss, átlagmintát gyűjtöttünk minden kezelésből. A bazsalikom és borsfű esetében is virágzó hajtásvég alkotta a mintát. A növényanyag behelyezése után a mintákat 19 °C-os helységben 30 percig inkubáltuk, majd a szeptum átszúrása révén 10 percen keresztül történt a mintavétel. Az injektálást manuálisan végeztük. Az adszorbens szálát (Supleco, 100 µ-os polydimethyl-siloxane bevonatú fiber) 33 másodpercig tartottuk az inletben. A gázkromatográfia során alkalmazott hőmérsékleti program mindenben megegyezett az illóolaj analízis esetében használtakkal.

2.3. Az adat elemzés módszerei

A mért adatokat Microsoft Office 2003-as illetve PASW szoftver 20-as verziójával elemeztük. Amennyiben a paraméteres próbák feltételei teljesültek, úgy a kezelések számától függően egytényezős, vagy többtényezős varianciaanalízist végeztünk. Amennyiben az adatok nem normális eloszlású sokaságból származtak, és az adatsorok lehetővé tették, úgy az adatsorokat transzformáltuk. A kezelések páronkénti összehasonlítására - a szóráshomogenitás esetében - Tukey HSD post hoc összehasonlítást végeztünk. Amennyiben a szórások homogenitása nem egyezett, úgy az adatok páronkénti összehasonlítása Games-Howel teszt által történt.

Az adatsorok közötti kapcsolatot Pearson-féle korrelációs együtthatóval vizsgáltuk.

3. EREDMÉNYEK ÉS KÖVETKEZTETÉSEK

Megállapítottuk, hogy mindkét faj vízpotenciálja jelentősen csökkent a talaj alacsonyabb víztartalma következtében. Klímakamrás kísérletek során a bazsalikomnál 25-170 %-kal, borsfűben 44-380 %-al erősebb szívóerőt mértünk a TVK 30 %-án a 70 %-os feltöltöttségű talajhoz képest. A borsfű vízpotenciálja tapasztalataink szerint általánosan alacsonyabbnak mondható, mint a bazsalikomé. A klorofilltartalom változása a klímakamrában végzett kísérletek során detektálható erőteljesebben. A klorofill-tartalmat jellemző SPAD értékek egyes esetekben akár 50 %-os emelkedést is mutattak a szárazságstressz hatására. Szabadföldi kísérletek során kevésbé volt erőteljes ez a tendencia, borsfű növényeken a szabadföldi kisparcellás kísérletekben nem találtunk eltérést a növények SPAD értékei között. A relatív víztartalom minden kísérlet során pozitívan korrelált a

vízhiány fokozódásával, vagyis a talaj víztartalom csökkenésével csökkent a növények relatív víztartama. A két faj RWC értékei között nem találtunk lényeges eltérést. A legmagasabb bazsalikomnál mért RWC érték 97,5 %, a legalacsonyabb 65,4 % volt. Borsfűnél ez az érték 93,1- és 75,2 % között változott.

A két faj sztómakonduktanciája jelentősen, akár egy nagyságrenddel csökkent a vízhiány hatására. A bazsalikom sztómakonduktanciája azonban a jobb vízellátottság esetén ($131 \text{ mmol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$) magasabbnak bizonyult a borsfűnél ($77 \text{ mmol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$), vagyis intenzívebben párologtatott.

A vízhiány negatívan befolyásolta a vizsgált fajok főbb produkciós tulajdonságait, valamint a bazsalikom növénymagasságát is minden kísérlet típus esetében korlátozta. Kontrollált körülmények között 19-26 %-os csökkenést tapasztaltunk az erős vízhiány hatására. A borsfű magasságára szintén negatívan hatott a rosszabb vízellátás: kontrollált körülmények között 22-23 %-os csökkenést detektáltunk, azonban a szabadföldi kísérletekben nem találtunk szignifikáns változást e tekintetben. A friss- és drogtömegek egyaránt csökkentek. A klímakamrában végzett kísérletekben a TVK 30 %-ának hatására a 70 %-os telítettséghez képest a bazsalikom drogtömegében 28-30 %-os csökkenést tapasztaltunk, ugyanez a tendencia a borsfűnél is megfigyelhető volt: a kontrollhoz képest 32-47 %-kal csökkent a drogtömeg a TVK 30 %-ára töltött talajban.

Szabadföldi körülmények között a kiegészítő öntözés pozitívan hatott a növények friss tömegére, kivételt képezett a 2010-es, csapadékosabb évjárat, amikor csak a bazsalikom friss tömegében találtunk eltérést, a borsfű friss tömege viszont nem változott matematikailag igazolhatóan.

A bazsalikom szárnak a levélhez viszonyított aránya enyhén, de kimutathatóan csökkent (1-7 %) a rosszabb vízellátás hatására, míg a borsfűnél tapasztalt csekély eltérés (1-3 %) nem volt statisztikailag igazolható.

Kiseb TVK hatására a borsfű és bazsalikom növények egységnyi felületre eső mirigyszőr számának növekedését tapasztaltuk kontrollált körülmények között. A mirigyszőrök számának növekedése borsfűnél 40 %-ot, még a bazsalikomnál akár a 78 %-ot is meghaladta. Szabadföldi körülmények között az öntözés nem befolyásolta a mirigyszőr számot. A vizsgált bazsalikom fajták között azonban eltérést tapasztaltunk: a legnagyobb mirigyszőr sűrűséget ($42-43 \text{ db} \cdot 100 \text{ mm}^{-2}$) a 'Genovese' fajta levelein mértük.

A nagyszámú kísérlet ellenére sem lehetett egyértelmű kapcsolatot meghatározni a vízellátás és a növények illóolaj felhalmozódása között. Klímakamrában egyedül a borsfű illóolaj tartalmában találtunk szignifikáns változást: a legmagasabb felhalmozódási szintet a

TVK 50 %-án mértük, ehhez képest a 70 %-os TVK-on 8 %-os, míg a 30 %-os TVK-on 10 %-os csökkenést tapasztaltunk. A szabadföldi kísérletek közül a 2009-es kifejezetten száraz, meleg évszázad hatására a bazsalikom fajták, valamint a borsfű esetén is magasabb illóolaj tartalom értékeket mértünk az öntözetlen parcellák növényein. Az illóolaj hozam azonban ebben az esetben is az öntözött parcellákon jelentősen magasabb volt. A csapadékos, 2010-es évben azonban már nem találtunk változást a növények illóolaj tartalmában. A konténerben nevelt borsfűvek illóolaj tartalma a rosszabb vízellátás hatására szignifikánsan magasabbnak bizonyult, ugyanakkor a bazsalikomnál sem a vízellátás sem pedig a második tényezőként bevont betakarítási idő nem befolyásolta az illóolaj tartalmat. A bazsalikom illóolaj tartalma szabadföldön jelentősen magasabbnak bizonyult, a klímakamrában nevelt növényekéhez képest.

A borsfű illóolaj összetételében nem találtunk tendencia jellegű változást a vízellátottság változása során. Meghatározó komponensek a *γ-terpinén* és a *karvakrol* voltak. Ezzel szemben a bazsalikom összetételében jelentősebb változásokat detektáltunk. A rosszabb vízellátás hatására a *linalool* részaránya 5-10 %-kal csökkent, míg az *1,8-cineol* és *tau-kadinol* részaránya emelkedett.

A növények SPME technikával végzett gőztéranalízise során meghatároztuk a minták illékony komponenseinek összetételét, azonban egyik faj esetében sem találtunk tendencia jellegű változást a vízellátás hatására. Az illóolajok fő komponensei megegyeztek a lepárolt illóolajban detektáltakal.

Munkánk során jellemeztük az *Ocimum basilicum* és *Satureja hortensis* egyes élettani paramétereit, produkcióbiológiáját és hatóanyagainak felhalmozódását. Megállapítottuk, hogy az általunk vizsgált élettani paraméterek alkalmasak lehetnek a szárazságstressz mértékének detektálására. A vizsgált élettani paraméterekre vonatkozóan kimutattuk, hogy a fajok hasonló tendenciát mutattak, azonban a változás mértéke a két faj esetében eltérő volt. Ezek az eltérések (negatívabb vízpotenciál, alacsonyabb sztómakonduktancia) magyarázhatják a két modellfaj eltérő vízigényét, vagy szárazsággal szembeni különböző ellenálló képességét. A vízhiány negatívan befolyásolta a fajok biomassa termelését. Noha egyes esetekben a csökkentett vízellátás hatására az illóolaj-tartalom enyhe emelkedését tapasztaltuk, megállapítottuk, hogy a biomassa csökkenéséből adódó kiesést, a fokozott illóolaj felhalmozódás nem tudja fedezni. Ennek tükrében elmondható, hogy mindkét faj termesztésében ajánlott lehet a kiegészítő öntözés alkalmazása. Az optimális öntözés módjának, gyakoriságának és mértékének meghatározása azonban a két vizsgált faj és számos más termesztett gyógynövényünk esetében is további kísérleteket tesz szükségessé.

4. ÚJ TUDOMÁNYOS EREDMÉNYEK

Munkánk során az alábbi új tudományos és a gyakorlat számára is hasznos eredményeket értük el:

Komplexen jellemeztük a két eltérő vízigényűnek ismert faj, a bazsalikom és a borsfű élettani és produkciós paramétereit, valamint az illóolaj tartalom és összetétel változását a különböző szintű vízellátás hatására.

1. Megállapítottuk, hogy a vízpotenciál és a sztómák nyitottsága valószínűleg jelentős szerepet játszik a két faj eltérő szárazságtűrésében. Mindkét faj vízpotenciálja jelentősen csökkent a talaj alacsonyabb víztartalma következtében. A bazsalikomban 25-170 %-kal, borsfűnél 44-380 %-kal erősebb szívóerőt mértünk a TVK 30 %-án a 70 %-os feltöltöttségű talajhoz képest. A borsfű szívóereje mindig erősebbnek bizonyult, mint a bazsalikomé. A vizsgált fajok sztómakonduktanciájáról elsőként közöltük adatokat az irodalomban. A vízellátás romlásával a bazsalikom sztómakonduktanciája hatodára, tizedére csökkent, a borsfű kevésbé érzékenyen reagált, ez utóbbinál a záródás csak mintegy 30 %-os.

2. A szárazságstressz jellemzésére kevésbé alkalmas paraméternek bizonyult modellfajainknál a SPAD klorofill érték és a levélen található mirigyszőrök száma. Eredményeink szerint a klorofilltartalom (SPAD érték) emelkedik a talaj víztartalom csökkenésével, de ez igazolhatóan a levél víztartalmával, azaz a sejtek duzzadási állapotával van elsősorban kapcsolatban. Az egységnyi felületre jutó mirigyszőr szám a vízhiány hatására mindkét faj esetében nőtt. Ez azonban nincs szoros összefüggésben a növények illóolaj tartalmával. E tulajdonság valószínűleg szintén a turgorral függ össze. Igazoltuk, hogy mind a klorofilltartalom, mind a mirigyszőr sűrűség a bazsalikomnál a fajtára jellemző, intraspecifikus eltéréseket mutat.

3. Megállapítottuk, hogy a csökkenő talaj víztartalom mindkét fajnál a biomassza és a drogtömeg csökkenését okozza, de ez utóbbi kevésbé intenzíven változik. A bazsalikomban a TVK 30 %-a esetén 28-35 %-kal, borsfűben 32-47 %-kal kaptunk kisebb drogprodukción, mint a kontrollnál (TVK 70 %-a). A magasság a bazsalikomban egyértelműbben követi a biomassza változását, mint a borsfűben. A rosszabb vízellátási viszonyok a levél/szár arány 1-7 %-os javulását eredményezhetik bazsalikomnál, illetve 1-3 %-os emelkedést borsfűnél, azonban ez nem kompenzálja a hozamcsökkenést.

4. Rámutattunk arra, hogy az illóolaj-hozamot alapvetően a droghozam befolyásolja. Kimutattuk, hogy a két faj illóolaj tartalma a változó vízellátás hatására nem módosult jelentős mértékben illetve egyes esetekben enyhe emelkedést mutatott az alacsonyabb víztartalmú talajban. Az illóolaj összetételét a vízellátás csak a bazsalikomnál módosította. A *linalool* jelentős (~10 %) mértékű csökkenését s ezzel párhuzamosan az *1,8-cineol* és *terpinol* komponensek emelkedő részarányát tapasztaltuk a szárazságstressz hatására, ami a szakirodalomban új eredmény. A módosulás csak a desztillált illóolajra jellemző, az SPME módszerrel nyert frakcióra nem. A *S. hortensis* illóolaj összetételét a kezeléseink nem befolyásolták lényegesen.

5. FELHASZNÁLT IRODALMAK JEGYZÉKE

1. Bernáth, J. (1986): The production ecology of secondary plant products. In: Craker, L., Simon, E. (Ed.): Recent Advances in Botany (Horticulture and Pharmacognosy) Vol. 1. Oryx Press. Ind., Phoenix, Arizona.
2. Bernáth, J.- Németh, É. (2004): A hazai gyógy- és aromanövény spektrum elemzése ökológiai sajátosságai alapján. Agro 21 sorozat, Agro 21 programiroda, 34:79-95.
3. Lange, D. (1998): Europe's medicinal and aromatic plants: their use, trade and conservation. Traffic International, Cambridge, UK., 77.
4. Turner, D.W., Thomas, D.S. (1998): Measurements of plant and soil water status and their association with leaf gas exchange in banana (*Musa* spp.): a laticiferous plant. Scientia Horticulturae, 77: 177-193.

AZ ÉRTEKEZÉS TÉMAKÖRÉHEZ KAPCSOLÓDÓ PUBLIKÁCIÓK

IF-es folyóiratcikk:

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)

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)

Konferencia kiadványok (magyar nyelvű):

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.

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.

Nemzetközi konferencia kiadványok (full paper):

Radácsi, P., Inotai, K., Rajhárt, P., Sárosi, Sz., Zámoriné, 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.**, 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

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., 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 os savory (*Satureja hortensis* L.), Deutsche Gesellschaft für Qualitätsforschung, 44. Vortragstagung (16.-17. März 2009 in Freising), Book of Abstract p 116.

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 Gerüzpflanzenproduktion 23.02-24.02.2010, Programm Kurzfassung der Referate und Poster Teilnehmerliste, p. 38.

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.

Radácsi, P., Inotai, K., Rajhárt, P., Sárosi, Sz., Németh, Z.É. (2013): Effect of two irrigation regimes on the production and secondary metabolites of summer savory (*Satureja hortensis* L. 'Budakalászi'). 44th International Symposium on Essential Oils, 2013. szeptember 8-12, Budapest. Book of Abstracts, p. 58.