

BUDAPESTI CORVINUS EGYETEM  
KERTÉSZETTUDOMÁNYI KAR  
GYÓGY- ÉS AROMANÖVÉNYEK TANSZÉK

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

**DOKTORI ÉRTEKEZÉS**

**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,  
Gyümölcstermő 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

**A Budapesti Corvinus Egyetem Élettudományi Területi Doktori Tanácsának 2014. június 3-i határozatában a nyilvános vita lefolytatására az alábbi bíráló Bizottságot jelölte ki:**

**BÍRÁLÓ BIZOTTSÁG:**

**Elnöke:**

Papp István, DSc

**Tagjai:**

Rimóczi Imre, DSc

Füstös Zsuzsa, PhD

Helyes Lajos, DSc

**Opponensek:**

Mihalik Erzsébet, CSc

Halász Krisztián, PhD

**Titkár**

Gáspár László, PhD

## TARTALOMJEGYZÉK

<b>I. BEVEZETÉS ÉS CÉLKITŰZÉS .....</b>	<b>6</b>
<b>II. IRODALMI ÁTTEKINTÉS .....</b>	<b>9</b>
2.1. A kerti bazsalikom és az egyéves borsfű farmakobotanikai jellemzése .....	9
2.1.1. A kerti bazsalikom botanikai jellemzése .....	9
2.1.2. A kerti bazsalikom drogjai .....	10
2.1.3. A bazsalikom hatóanyagai .....	10
2.1.3.1. Fenolos jellegű vegyületek .....	10
2.1.3.2. A kerti bazsalikom illóolaja .....	11
2.2.1. Az egyéves borsfű botanikai jellemzése .....	13
2.2.2. Az egyéves borsfű drogjai .....	14
2.2.3. A borsfű hatóanyagai .....	14
2.2.3.1. Fenolos jellegű vegyületek .....	14
2.2.3.2. Az egyéves borsfű illóolaja .....	15
2.3. A stressz fogalma .....	18
2.4. A vízhiány, mint abiotikus stresszor .....	20
2.5. A vízhiány hatása a gyógy- és aromanövényekre .....	23
<b>3. ANYAG ÉS MÓDSZER .....</b>	<b>32</b>
3.1. A kísérletekben felhasznált növényanyag .....	32
3.2. A növénynevelés körülményei .....	33
3.2.1. Növénynevelés a klímakamrában .....	33
3.2.1.1. 2008. évi kísérlet .....	34
3.2.1.2. 2009. évi kísérlet .....	34
3.2.1.3. 2010 évi kísérletek .....	35
3.2.2. Szabadföldi kísérletek körülményei .....	35
3.2.2.1. A 2008. évi kísérlet körülményei és időjárási viszonyai .....	36
3.2.2.2. A 2009. évi kísérlet körülményei és időjárási viszonyai .....	36
3.2.2.3. A 2010. évi kísérlet körülményei és időjárási viszonyai .....	37
3.2.3. Konténeres kísérlet körülményei .....	38
3.3. Mérési módszerek .....	39
3.3.1. Élettani jellemzők vizsgálata .....	39
3.3.1.1. A vízpontenciál meghatározása .....	39
3.3.1.2. A klorofilltartalom meghatározása .....	40
3.3.1.3. A relatív víztartalom meghatározása .....	41
3.3.1.4. A sztómakonduktancia meghatározása .....	41
3.3.2. A növénymagasság és produkciós értékek meghatározása .....	42
3.3.3. A hatóanyaggal összefüggő vizsgálatok .....	42
3.3.3.1. A mirigyszőr sűrűség mérése .....	42
3.3.3.2. Az illóolaj-tartalom mérése .....	43
3.3.3.3. Az illóolaj összetételének meghatározása .....	44
3.3.3.4. Az illékony komponensek meghatározása (SPME technikával) .....	44
3.4. Az adat elemzés módszerei .....	45
<b>4. EREDMÉNYEK.....</b>	<b>46</b>
4.1. A vízellátottság hatása a bazsalikom élettani jellemzőire .....	46
4.1.1. A vízellátás hatása a bazsalikom vízpontenciáljára .....	46
4.1.2. Az eltérő vízellátás hatása a bazsalikom klorofill tartalmára .....	48
4.1.3. A vízellátottság hatása a bazsalikom relatív víztartalmára .....	50
4.1.4. A vízellátottság hatása a bazsalikom sztóma konduktanciájára .....	50
4.2. A vízellátottság hatása a borsfű egyes élettani jellemzőire .....	52
4.2.1. A vízellátottság hatása a borsfű vízpontenciáljára .....	52

4.2.2. A vízellátottság hatása a borsfű klorofill tartalmára .....	53
4.2.3. A vízellátottság hatása a borsfű relatív víztartalmára .....	54
4.2.4. A vízellátottság hatása a borsfű sztóma konduktanciájára .....	55
4.3. Eltérő vízellátottság hatása a bazsalikom növénymagasságára és produkciójára .....	55
4.3.1. Az eltérő vízellátottság hatása a bazsalikom magasságára .....	55
4.3.2. Az eltérő vízellátottság hatása a bazsalikom friss tömegére .....	58
4.3.3. Az eltérő vízellátottság hatása a bazsalikom drogtömegére .....	61
4.3.4. Az eltérő vízellátottság hatása a bazsalikom levélarányára .....	64
4.4. Eltérő vízellátottság hatása az egyéves borsfű növénymagasságára és produkciójára .....	67
4.4.1. Az eltérő vízellátottság hatása a borsfű növénymagasságára .....	67
4.4.2. Az eltérő vízellátottság hatása az egyéves borsfű friss tömegére .....	68
4.4.3. Az eltérő vízellátottság hatása az egyéves borsfű drogtömegére .....	69
4.4.4. Az eltérő vízellátottság hatása az egyéves borsfű levélarányára .....	70
4.5. A vízellátottság hatása a bazsalikom hatóanyagaina .....	72
4.5.1. A vízellátottság hatása a bazsalikom mirigyszőr sűrűségére .....	72
4.5.2. A vízellátottság hatása a bazsalikom illóolaj tartalmára .....	73
4.5.3. A vízellátottság hatása a bazsalikom illóolaj összetételére .....	76
4.6. A vízellátottság hatása a borsfű hatóanyagaina .....	81
4.6.1. A vízellátottság hatása a borsfű mirigyszőr sűrűségére .....	81
4.6.2. A vízellátottság hatása a borsfű illóolaj tartalmára .....	82
4.6.3. A vízellátottság hatása a borsfű illóolaj összetételére .....	83
<b>5. KÖVETKEZTETÉSEK.....</b>	<b>87</b>
5.1.1. A bazsalikom élettani paramétereinek változása az eltérő vízellátás tükrében .....	87
5.1.2. A borsfű élettani paramétereinek változásai az eltérő vízellátás tükrében .....	88
5.1.3. A kerti bazsalikom és egyéves borsfű élettani paramétereinek összehasonlítása ..	89
5.2.1. A bazsalikom produkciobiológiai jellemzői .....	90
5.2.2. A borsfű produkciobiológiai jellemzői .....	91
5.2.3. A bazsalikom és borsfű produkciójának változása az eltérő vízellátás tükrében ...	92
5.3.1. A kerti bazsalikom hatóanyagainak változása az eltérő vízellátás tükrében .....	93
5.3.2. Az egyéves borsfű hatóanyagainak változása az eltérő vízellátás tükrében .....	96
5.3.3. A kerti bazsalikom és az egyéves borsfű hatóanyagainak összehasonlítása az eltérő vízellátás függvényében .....	98
5.4. Új tudományos eredmények .....	100
<b>6. ÖSSZEFOGLALÁS .....</b>	<b>102</b>
<b>7. SUMMARY .....</b>	<b>106</b>
<b>8. IRODALOMJEGYZÉK.....</b>	<b>109</b>
<b>9. MELLÉKLETEK.....</b>	<b>124</b>
<b>10. KÖSZÖNETNYLVÁNÍTÁS.....</b>	<b>133</b>

## I. BEVEZETÉS ÉS CÉLKITŰZÉS

Az utóbbi kétszáz évben a Föld légköri összetétele megváltozott, a CO<sub>2</sub> és egyéb üvegházhatást kiváltó gázok, mint a metán koncentrációja jelentős mértékben megnőtt. Noha a légkör összetételéhez képest ez a koncentráció elenyészőnek tűnik, mégis ezen gázoknak van jelentős szerepe abban, hogy Földünk légköre jelentős felmelegedés alatt áll. Ennek látható jelei a sarkok jégtakarójának olvadása és az óceánok szintjének emelkedése, ugyanakkor egyes területeken a víz hiánya és a felmelegedés okoz szembetűnő változásokat (Smol, 2012).

Nap, mint nap tapasztaljuk, ahogy az időjárásunk egyre szélsőséesebbé válik. Kiemelkedően csapadékos évjáratot sokszor kiemelkedően száraz, aszályos év követ. Magyarország klímája is kontinentális és mediterrán jellegű hatások között változik (Varga, 2013).

Bár folyamatosan próbáljuk modellezni a klíma változását, mégsem tudjuk teljes biztonsággal megjósolni, hogy a közeljövőben hazánk klímája sokkal aridabb, vagy éppen csapadékosabb arcát fogja mutatni. 1980-tól napjainkig tart a Kárpát-medence felmelegedése. Ennek következtében az ország egyes részein közel 2 °C-kal emelkedett az évi középhőmérséklet. A lehulló csapadék mennyisége csökken, különösen a tavaszi időszakban (Bartholy et al., 2011).

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 termesztetni. Mindamellet 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, pozíciónk 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 előrejelzett éghajlati változások tehát jelentősen befolyásolhatják a hazai gyógynövények termesztését.

Számos gyógynövény termesztéstechnológiáját évtizedekkel korábban dolgozták ki, s azok modernizálása nem, vagy csak részben történt meg. 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. Öntözést praktikus szempontból csak abban az esetben alkalmazhatunk, amennyiben az öntözés általi költségnövekedést a produktum mennyiségi és/vagy minőségi emelkedése gazdaságosan fedezni tudja (Magda, 1998).

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 produkciobiológiai 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 bazsalikom 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 szín) részben pedig szabadföldi körülmények között végeztük, három éven keresztül.



## II. IRODALMI ÁTTEKINTÉS

### 2.1. A kerti bazsalikom és az egyéves borsfű farmakobotanikai jellemzése

#### 2.1.1. A kerti bazsalikom botanikai jellemzése

A kerti bazsalikom (*Ocimum basilicum* L.) a *Lamiales* rend *Lamiaceae* (ajakosok) családjába, a *Neptoideae* alcsaládba, valamint az *Ocimeae* nemzetség-csoportba tartozik (Paton et al., 1999). A nemzetség számos faja ismert és termesztett növény a földkerekségen. Hazai viszonylatban a kerti bazsalikom az elterjedt.

Nem egységesen elfogadott az *Ocimum* nemzetségen belül található fajok száma (30-160 között változik). A faji és faj alatti elkülönítést sokszor megnehezíti a morfológiai és kémiai variabilitás sokszínűsége, valamint a fajok közötti hibridizáció és poliploidia lehetősége (Paton et al., 1999; Carović-Stanko et al., 2010).

Származása feltehetőleg az északnyugat-indiai régióból eredeztethető (Lenchés, 2000), azonban napjainkban a föld több kontinensén honos fajként tekinthetünk rá. Megtalálható Közép- és Dél-Amerikában, Afrika melegebb vidékein, de Európában is (Rápóti és Romváry, 1980).

A kerti bazsalikom egyéves, lágyszárú növény, noha a szár esetenként fásodhat. Gyökere erősen elágazó, karószerű, rizómáktól mentes, többnyire talpgyökerekkel jellemezhető. Szára erősen elágazó, az ajakosok családjára jellemző, négyélű, zöld, vagy bordó színű. Jó ökológiai körülmények között átlagosan 40-60 cm magasságúra nő, noha Agarwal et al. (2013) Indiában 90 cm magasságú kerti bazsalikom törzseket is leírt. Keresztben átellenes levélállás jellemzi a növényt. Levelei többnyire zöld színűek, de jellemző a pirosas, lilás, vagy bordós levélszín is. A levelek hossza (1-8 cm) és formája változatos, de többnyire a tojásdad, vagy csúcs felé hegyesedő alak a jellemző. A levelek széle az éptől, az enyhén fűrészesig terjedhet. Egyes változatok, vagy fajták (pl.: 'Eugénia') erősen szőrözött levelűek is lehetnek. Virágzata végálló, 17-18 laza álörvből összetett, laza álfüzér (1. ábra), 4-6 apró virág alkot egy álörvöt. A virágok zigomorf szimmetriájúak, kétivarúak, virágképletük:  $K(5) \text{ maradó } [C(5) A2+2] G(2)$ . A párta fehér vagy halvány rózsaszín, néha sárgás árnyalattal. A csésze zöld, vagy bordó. A virágzatban az egyes virágok alulról fölfelé nyílnak. Jellemző, hogy a felső, még ki nem nyílt virágok mellett, alul már érett termések találhatóak. A 4 makkoska termés maradó csészében fejlődik, a résztermések tojásdad alakúak, világos- vagy sötétbarnák. Csírázóképességét 4-5 évig őrzi meg, ezermagtömege 1,4-1,8 g (Chang et al., 2009; Lenchés, 2000; Udvardy, 2008).



1. ábra Az *O. basilicum* 'Genovese' fajta virágzata (Fotó: Radácsi, 2010)

### 2.1.2. A kerti bazsalikom drogjai

A növény kereskedelemben megtalálható drogja a *Basilici herba* (szárított virágos hajtás), valamint a *Basilici aetheroleum* (bazsalikom illóolaj). A kerti bazsalikom drogjait nem tartalmazza a VIII. Magyar Gyógyszerkönyv (2004). A bazsalikom herba és illóolaj drogok minőségi követelményeit a MSZ 20687:1985 foglalja össze. A bazsalikom szerepel a Kommission E-monográfiákban (Blumenthal et al., 2000).

### 2.1.3. A bazsalikom hatóanyagai

A bazsalikom fő hatóanyaga a föld feletti növényi részekben felhalmozódó illóolaj, de tartalmaz cseranyagokat, flavonoidokat, fenolsavakat (Hiltunen, 1999; Rápóti és Romváry, 1980), valamint magjában jelentősebb mennyiségű (20-24 %) zsíros olajat is, melynek 57-62 %-a telítetlen zsírsavakból áll (Angers et al., 1996).

#### 2.1.3.1. Fenolos jellegű vegyületek

A bazsalikom illóolaját taglaló irodalmakhoz képest csekély számú közlemény számol be a növény fenoloidok anyagosztályába tartozó komponenseiről. A herbában flavonoid glikozidok halmozódnak fel jelentős mértékben (0,6-1,1 %) (Hiltunen, 1999).

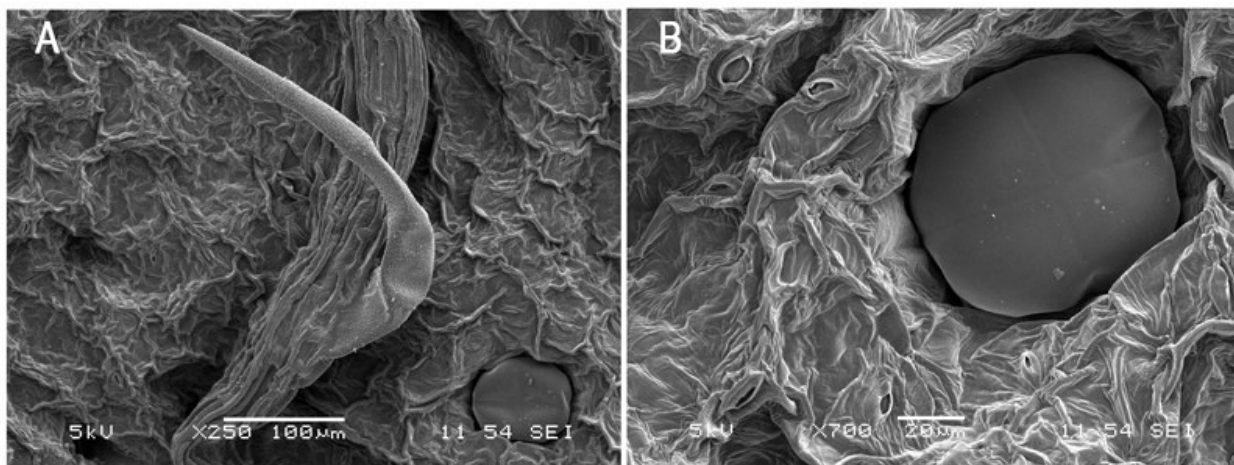
*O. basilicum* leveléből számos flavonoidot azonosítottak. Grayer et al. (2001)  $0,6 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$  száraz tömegre (sz.t.) vetített összes flavonoidot mutatott ki, melynek döntő hányadát a *szalvigenin* (37 %), *pedunculin* (30 %) és *nevadensin* (19 %) adták. Későbbi kutatás során Grayer et al. (2004) számos bazsalikom taxont vizsgálva  $0,04\text{-}0,68 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$  száraz anyagra vetített összes flavonoid-tartalmat, valamint *szalvigenin* és *nevadensin* meghatározó flavonoidokat

azonosított. Grayer et al. (2004) elmélete szerint a bazsalikom taxonok flavonoid profiljának meghatározása hozzájárulhat, illetve lehetővé teheti a faji szintű, illetve a faj alatti változatok, fajták pontosabb elkülönítését.

A rozmaringsav a *Lamiaceae* családra jellemző, egyik legfontosabb fenolos vegyület, melynek gyógyászati értéke is kiemelendő, tekintve, hogy a családba tartozó növények antioxidáns hatása főként a rozmaringsavnak és annak rokonvegyületeinek köszönhető. Több jelentős fenolsav fordul elő a bazsalikom leveleiben. Az eltérő színhőmérsékletű fény hatását vizsgálva a kerti bazsalikom fenolos komponenseire megállapításra került, hogy a legjelentősebb fenolos komponens a rozmaringsav ( $6 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$  friss tömeg), ennek mennyiségénél akár egy nagyságrenddel alacsonyabb értéket ér el a kávéssav és a cikóriasav (Shiga et al., 2009). Lee és Scagel (2009)  $523\text{--}605 \text{ mg} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$  (friss tömeg) galluszsav egyenértéknek megfelelő összes polifenol tartalmat mért a 'Genovese Italian' és a 'Purple Petra' fajták esetében. Komponensek tekintetében  $100 \text{ g}$  friss növényanyagra vetítve  $50\text{--}88 \text{ mg}$  cikóriasavat,  $112\text{--}128 \text{ mg}$  rozmaringsavat, valamint  $1,93\text{--}1,65 \text{ mg}$  kaftársavat mutattak ki. Iráni bazsalikom taxonokat vizsgálva Javanmardi et al. (2003) magasabb összpolicfenol tartalmat mért ( $22,9\text{--}65,5 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$  száraz anyag galluszsav egyenérték). Kwee és Niemeyer (2011)  $15 \text{ O. basilicum}$  fajtát vizsgálva megállapította, hogy 9 fajta esetében nem a rozmaringsav, hanem a cikóriasav volt a legnagyobb mennyiségben megtalálható fenolos komponens. Kimutatásra került továbbá, hogy a fajták antioxidáns kapacitása erősen összefügg a fenolos komponensek arányával.

#### 2.1.3.2. A kerti bazsalikom illóolaja

A kerti bazsalikom fő hatóanyaga az illóolaj. Az illóolaj a növény föld feletti részeiben halmozódik fel. Az egyes szervek eltérő mennyiségű olajat tartalmaznak. A virágzat  $0,5 \%$ , a levelek  $1 \%$ , míg a szár gyakorlatilag illóolajtól mentesnek tekinthető (Chalchat és Özcan, 2008). Az illóolaj a *Lamiaceae* családra jellemzően a levelek mindkét oldalán megtalálható „peltate” (ülő, ún. *Lamiaceae típusú*) és „capitate” típusú (fejes) mirigyszőrökben halmozódik fel (2. ábra). A jelentősebb mennyiség a 4 feji sejtből álló peltate-, míg elenyésző mennyiség az 1, vagy maximum 2 feji sejttel rendelkező capitate típus szőrökben található. Bazsalikom esetében tisztázatlan kérdés, hogy a levelek mirigyszőrei a levélkezdemények kialakulásakor létrejönnek-e, vagy az ontogenezis folyamán folyamatosan „termelődnek” a leveleken. Werker et al. (1993) állítása szerint a levelek  $\sim 3 \text{ cm}$ -es hosszúságáig alakulnak ki a mirigyszőrök, majd ezt követően leáll a mirigyszőrök számának növekedése és csupán az alapi részen történik illóolaj felhalmozás. Ioannidis et al. (2002) kimutatta, hogy a bazsalikom mirigyszőreinek számát jelentősen befolyásolja az UV-B sugárzás is, s ez egyúttal az illóolaj tartalmat is befolyásolja.



2. ábra Többsejtű serteszőr és *Lamiaceae* típusú mirigyszőr az *O. basilicum* levelén (A) 250×-es nagyítás; *Lamiaceae* típusú mirigyszőr, (B) 700×-os nagyítás (Fotó: Radácsi, 2009)

Tekintettel a faj nagyfokú morfológiai variabilitására, nem meglepő, hogy az eltérő taxonok illóolaj tartalma is jelentősen különbözik egymástól. Hiltunen (1999) 0,5-1,5 %-ban határozza meg a felhalmozódó illóolaj koncentrációját. Jóval alacsonyabb, 0,2-0,5 %-ról számol be Rápóti és Romváry (1980). Ezzel egybecsengő megállapításra jutottak Törökország mediterrán régiójában végzett kísérletek során, ahol török, francia, német és görög származású taxonokat hasonlítottak össze, ahol az átlagos illóolaj tartalom 0,3-0,4 % között mozgott. Simon et al. (1999) Brazíliából származó bazsalikom fajták esetében 0,25 % ('Thai') és 1,08 % ('Dark Opal') közötti értéket mért. A faj és a fajták heterogenitását jellemzi, hogy a szerző más forrásból származó 'Thai' fajta esetében már 0,52 % illóolaj tartalmat tapasztalt. Tanzániában vadon termő *O. basilicum* növényekről gyűjtött hajtásban viszont a korábbiaknál jóval magasabb, 4,05 %-os illóolaj tartalmat mértek (Runyoro et al., 2010).

Az általunk is vizsgált fajták közül az olasz származású 'Genovese' (sokszor helytelenül 'Genoveser') fajta az egyik legelterjedtebb Európában. Ennek oka a fajta egyöntetősége, méretes, dekoratív levele és viszonylagos ellenállósága a betegségekkel szemben. Eltérő szerzők eltérő illóolaj tartalmat mértek e fajta esetében. Simon et al. (1999) 0,9 %-ot, Seidler-Lożykowska és Król (2008) 0,63 %-ot. Kísérleteink során is alkalmazott lengyel fajtákban Dzida (2010) 1,26-1,4 %, ('Kasia' fajta) és 0,93-1,4 % ('Wala' fajta) illóolajat mért. Nurzyńska-Wierdak et al. (2013) ezzel szemben a két fajta átlagos illóolaj tartalma között (1,54% és 1,55 %) alig talált eltérést.

Az illóolaj összetétele is igen változatos. Lawrence (1992) az illóolaj legnagyobb mennyiségben megtalálható komponense alapján sorolta 4 kemotípusba (*esztragol*, *linalool*, *metil-eugenol* és *metil-cinnamát*) a vizsgált taxonokat. Pushpangadan és Bradu (1995) már kettő, vagy több meghatározó komponens alapján sorolta kemotípusokba a bazsalikomot. Grayer et al. (1996) javaslata szerint az összes nagyobb - 20 %-ot (össz-area %) meghaladó - komponensre

hagyatkozva kellene a kemotípusba sorolást elvégezni. A pontos százalékokra nem szabad nagyobb hangsúlyt fektetni, mivel állítása szerint a szárítás során nem marad állandó az összetétel. Az újabb kutatások alapján Telci et al. (2006) hét kemotípust különít el. A 1. táblázat tartalmazza a napjainkig fontosabb publikált kemotípus besorolásokat, illetve új, az eddig leírt kemotípusokba nem tartozó összetételeket. A komponensek alapján történő besorolás mellett – mindamellett, hogy helytelen - mind a mai napig használják az eredet szerinti besorolást: európai, trópusi és köztes kemotípusokról beszélnek.

**1. táblázat Az *O. basilicum* leírt kemotípusai és a besorolásuk alapját képező illóolaj komponensek**

Szerző	Kemotípusok (kemotípust meghatározó komponens)	Szerző	Kemotípusok (kemotípust meghatározó komponens)
Lawrence (1992)	1. esztragon 2. linalool 3. metil-eugenol 4. metil-kavikol	Pushpangadan és Bradu (1995)	1. linalool/esztragon 1. linalool/eugenol 2. linalool/eugenol/kámfor 3. linalool/metil-cinnamát 4. linalool/geraniol/eugenol
Telci et al. (2006)	1. linalool 2. metil-cinnamát 3. metil-cinnamát/linalool 4. metil-eugenol 5. citrál 6. esztragon 7. esztragon/citrál	Runyoro et al. (2010)	1. 1,8- cineol (54%) 2. E myroxid (19,6%) / kariofillén oxid (11,4%) / humulén epoxid II (11,0%)
Dambolena et al. (2010)	1. kámfor (31%) / linalool (29,3%) 2. geraniál (49,6%) / nerál (30,9%) 3. linalool (98,9%)	Sajjadi (2006)	1. esztragon (52,4%) / linalool (20,1%) 2. esztragon (40,5%) / geraniál (27,6%) / nerál (18,5%)

### 2.2.1. Az egyéves borsfű botanikai jellemzése

Az egyéves borsfű (*Satureja hortensis* L.) a *Lamiales* rend *Lamiaceae* családjába tartozó egyéves, lágyszárú faj. A nemzetség több tagja is ismert (*S. muticia*, *S. spicigera*, *S. intermedia*, *S. rechingeri*, *S. montana* stb.), hazai viszonylatban viszont a *S. hortensis* és *S. montana* terjedt el. A két faj morfológiája hasonlatos, azonban életformájuk eltérő. A *S. hortensis* egyéves faj, míg a *S. montana* Ch életformájú évelő (Halászné, 2000; Sefidkon, 2004; Sefidkon et al., 2007).

Az egyéves borsfű Európa déli vidékén honos, hazánkba csupán termesztett növényként került be. Géncentruma a Földközi-tenger vidéke, illetve Ázsia nyugati része (Halászné, 2000; Sefidkon et al., 2006).

Magán hordozza a *Lamiaceae* család főbb morfológiai bélyegeit (négyélű szár, keresztben átellenes levélállás). Az egyéves borsfű kistermetű növény (16,6-52,6 cm növénymagasság), igaz magasságában jelentős eltérések is tapasztalhatóak, főként a genetikai eltérésekből adódóan (Pank et al., 2004). A növények szára felálló, a föld felett sűrűn elágazó, barnás, zöldes, vagy lilás színű, levelei lándzsás alakúak, többnyire zöld színűek, 1-3 cm hosszúak, mirigyszőrökkel sűrűn borítottak. Álörvös virágzatában a szíromlevelek rózsaszínes, vagy lilás színűek (Halászné, 2000; Hadian et al., 2007; Hadian, et al., 2010).

A növény gyakrabban használt népi neve a csombor, csámbor, borsfű, borsikafű.

Akárcsak a *Lamiaceae* család több más faja esetében, a borsfűnél is a levelek felületén találhatóak a fejes és *Lamiaceae* típusú, ülő mirigyszőrök. A leveleken található különböző típusú és mennyiségű mirigyszőr a nemzetségen belül a fajok elkülönítésére is alkalmas lehet. A *S. hortensis* esetében – egy török származású taxonban - a kutikula vastagsága 1 µm, a levéllemez vastagsága pedig megközelítőleg 230 µm. A paliszád parenchima 1 sejtsoros, ami a fajra jellemző bélyegnek tekinthető, mivel a nemzetség más fajaiban 1-2, vagy 2-3 soros (Satil és Kaya, 2007).

### **2.2.2. Az egyéves borsfű drogjai**

A növény kereskedelemben megtalálható drogja a *Saturejae herba* (szárított virágos hajtás), valamint a *Saturejae aetheroleum* (borsfű illóolaja). A borsfű drogjait nem tartalmazza a VIII. Magyar Gyógyszerkönyv (2004). A borsfű drogok minőségi követelményeit a MSZ 20047:1984 határozza meg.

### **2.2.3. A borsfű hatóanyagai**

A borsfű fő hatóanyaga a föld feletti növényi részekben felhalmozódó illóolaj, de jelentős mennyiségű flavonoidot és egyéb fenolos komponenseket is tartalmaz (Halászné, 2000., Alizadeh et al., 2010; Kemertelidze et al., 2004).

#### **2.2.3.1. Fenolos jellegű vegyületek**

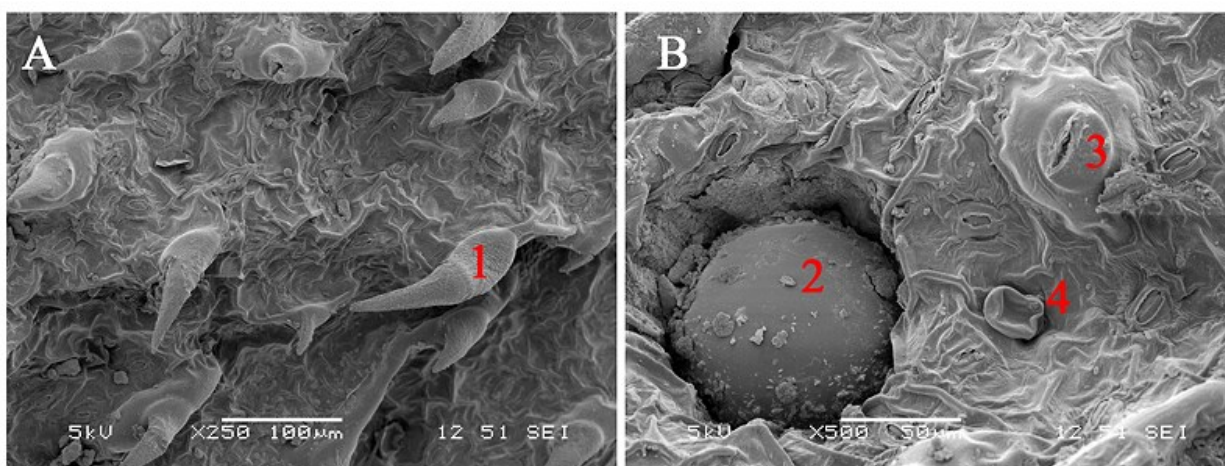
Noha a növény antioxidáns hatását számos esetben vizsgálták és igazolták (Madsen et al., 1996; Madsen et al., 1998; Momtaz és Abdollahi, 2008) azonban viszonylag kevés információ áll rendelkezésünkre a növény nem illékony vegyületeiről.

Elsősorban a *Lamiaceae* családra jellemző fenolsavat, a rozmaringsavat kell kiemelnünk. Hadian et al. (2010) 0,06-0,69 % (v/v) rozmaringsav koncentrációt mért metanolos kivonatok esetében. Tepe és Sokmen (2007) ehhez képest etanolos kivonatolást követően megközelítőleg 2,5 %-os rozmaringsav tartalmat állapítottak meg. A rozmaringsav mellett számos flavonoidot,

főként a luteolint és származékait írták le a növényből. Mindezek ellenére elmondható, hogy a nem illékony vegyületek a fajon belül kevésbé kutatottak (Kemertelidze et al., 2004).

### 2.2.3.2. Az egyéves borsfű illóolaja

A nemzetségre jellemzőek az illóolajat nem kiválasztó szörképletek. A mirigyszőrök esetében peltate és capitate típusú mirigyszőrökkel is találkozhatunk. Ezen képletek felelősek az illóolaj felhalmozódásáért (3. ábra). A mirigyszőrök nagy sűrűségben vannak jelen a levelek színi és fonáki részén, valamint a csészelevélen. A szíromlevelek mirigyszőr sűrűsége alacsony, többnyire 5-10 mirigyszőr/szíromlevél. A száron csak elvétve találunk mirigyszőröket (Svoboda és Greenaway, 2003). Így a szár illóolaj tartalma elhanyagolható (Pank et al., 2004).



3. ábra A *S. hortensis* 'Budakalászi' fajta levélfonáka. A - 250× nagyítás; B - 500× nagyítás (1: serteszőr; 2: *Lamiaceae* típusú mirigyszőr; 3: sztómányílás; 4: fejes mirigyszőr) (Fotó: Radácsi, 2009)

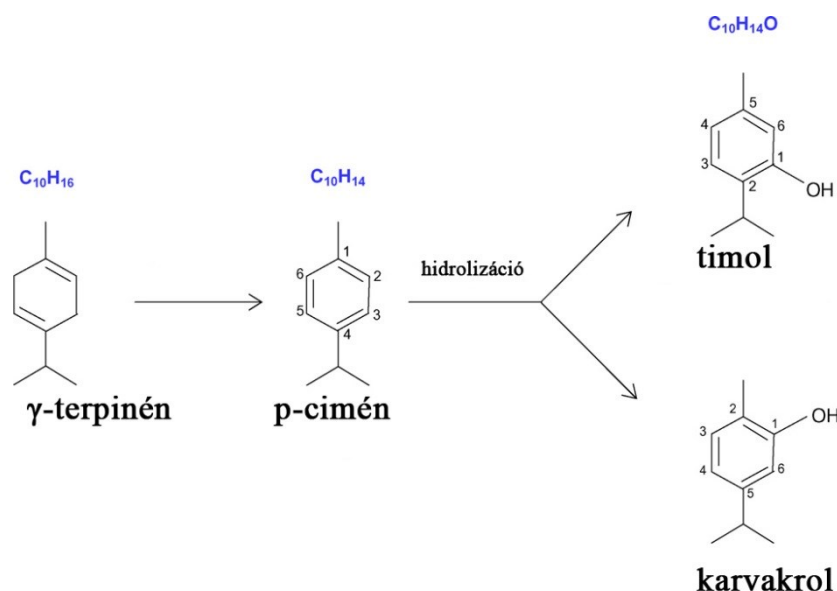
Az egyéves borsfű ~0,5-3 % illóolajat halmoz fel föld feletti részeiben (Hadian et al., 2010). Az egyes borsfű populációk az egy növény által produkált illóolaj hozamban is jelentős variabilitást mutatnak. 0,05-0,38 ml/növény illóolaj hozamot állapított meg Pank et al. (2004). Más szerzők eltérő illóolaj koncentrációról számoltak be. Svoboda et al. (1990) 0,4-08%-os illóolaj tartalmat mért vegetatív fenológiai stádiumban, 0,8-1,2 %-ot a virágzás kezdetén, majd megközelítőleg 2 %-ot teljes virágzásban. Adiguzel et al. (2007) 1,13 %-os illóolaj tartalmat tapasztalt, még Sahzabi (2010) 1,85-2,01 % közötti mértéket mért eltérő N ellátás hatására. A nemesített fajták illóolaj tartalma a köztermesztésben lévő vonalakhoz képest jelentősen eltérhet. Svoboda és Greenaway (2003) három fajta, valamint egy köztermesztésű populációt vizsgálva megállapította, hogy a fajták illóolaj tartalma jelentős eltéréseket mutathat. Az általa vizsgált fajták közül a 'Saturn' 3,1 %-os, míg a köztermesztésű állomány csupán 0,9 %-os illóolaj tartalmat produkált.

Hazai körülmények között Héjja et al. (2002) 0,45-4,64 % közötti illóolaj tartalomról számoltak be. Ezen értékek kiugróan magasnak tekinthetők a nemzetközi adatokkal összevetve.

A fajták közötti különbség nem a mirigyszőrök számából, vagy sűrűségéből adódik, illetve a mirigyszőrök mérete is közel azonos az eltérő törzsek esetében. Így az eltérő illóolaj felhalmozódási képességet feltehetően a bioszintetikus utakat befolyásoló enzimek fokozott aktivitása okozhatja (Svoboda és Greenaway, 2003). Pank et al. (2004) megemlíti, hogy az illóolaj felhalmozó képesség genetikailag determinált a borsfű esetében.

Az illóolaj komponensei többnyire monoterpén szénhidrogének, valamint oxidált monoterpének. A szeszkviterpének jelenléte az olajban elenyésző, általában nem éri el az 5 össz-area százalékot.

A borsfű illóolajának fő komponensei a  $\gamma$ -terpinén, a *p*-cimol és a *karvakrol*. A  $\gamma$ -terpinén gyűrűzáródása után *p*-cimol keletkezik, majd a hidrolizációt követően alakul ki a *karvakrol* (4. ábra) (Nhu-Trang et al., 2006). A *p*-cimol számos oxidált monoterpén prekursorának tekinthető. Egyértelmű, hogy a  $\gamma$ -terpinén kulcsszerepet játszik a folyamatban, noha a mai napig nem tisztázott, hogy mi a  $\gamma$ -terpinén prekursora (Poulose és Croteau, 1978).



4. ábra A *S. hortensis* meghatározó illóolaj komponenseinek bioszintézise (Nhu-Trang et al., 2006 nyomán)

A termesztési gyakorlat a felálló habitusú, rövid tenyészidejű, magas illóolaj tartalmú és magas *karvakrol* (>65 %) tartalmú fajtákat részesíti előnyben (Pank et al., 2004). Döntő többségben azonban a *karvakrol* térfogatszázaléka a fent jelzett érték alatt marad, míg a  $\gamma$ -terpinén és *p*-cimol prekursorok aránya magasabb. A 2. táblázat foglalja magába a különböző vizsgált *S. hortensis* populációk (esetenként fajták) illóolaj összetételét. Látható, hogy bár az ipar által a magas *karvakrol* tartalmú illóolaj a preferált, számos esetben a növények illóolaj összetétele eltér az elvárttól.



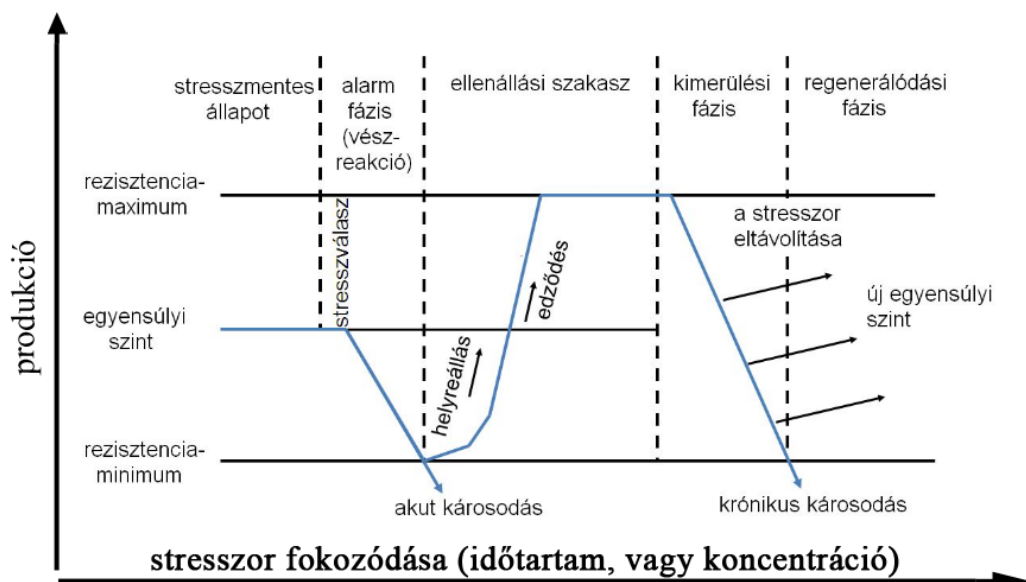
## 2. Táblázat Különböző eredetű *S. hortensis* populációk főbb illóolaj komponensei

Vizsgált		Komponens részaránya (area %)			Megjegyzés	Szerző
törzs/fajta		<i>γ</i> -terpinén	<i>p</i> -cimol	<i>karvakrol</i>		
Ismeretlen	iráni	37,8-40,9	2,2-2,7	40,3-44,5		Baher et al., 2002
Köztermesztésű		37,9	6	46,1		Svoboda és
'Aromata'		36,8	1,6	39,9		Greenaway,
'Saturn'		47,4	2,1	35,6		2003
'Compacta'		41,8	1,9	42,9		
Török	vadon	21,3-41,4	2,6-13,8	3,1-6	egyres törzsekben a timol a meghatározó	Baser et al., 2004
Szíriai		28,6 ± 6,8	3,5 ± 1,4	61,4 ± 7,6		Novak et al., 2006
Ismeretlen	iráni	37,7-39,4	3,5-4,4	46,0-48,1	szárítási mód vizsgálata	Sefidkon et al., 2006
Ismeretlen	török	22,1	10,5	49,3	teljes virágzásban	Kizil et al., 2009
UTM34TEN89		15,3	6,7	67,0		Mihajilov- Krstev et al., 2009
'Compact'		30,1-33,8	2,3-3,8	55,3-59,5		Pfefferkorn et al., 2008
Ismeretlen	iráni	30,7-38,8	1,8-2,2	43,9-59,2	N tápanyag kísérlet	Alizadeh et al., 2010
Ismeretlen	iráni	32,3	-	56,3	<i>α</i> -terpinén >5 %	Najafi et al., 2010

### 2.3. A stressz fogalma

A „stressz” kifejezést először a XIX-XX. században alkalmazták a fizikában: a testek rugalmasságát jellemezték vele, aminek révén egy külső erőhatás után a testek visszanyerik eredeti méretüket és alakjukat. Az élővilágra vonatkoztatva Selye János (Hans Selye), osztrák-magyar származású orvos alkalmazta elsőként. 1936-ban megjelent műve a modern élettan egyik alapkövének tekinthető. Selye a stressz-t „a szervezet túlterhelt, túlerőltetett állapota a test aspecifikus reakciója mindenféle igénybevétellel szemben” definícióval foglalta össze, noha magát a stressz kifejezést még nem alkalmazta (Selye, 1998). A kifejezést az 1950-es évektől vette át az élettudományi gyakorlat. Levitt (1980) a stressz fogalmát a szervezet számára előnytelen tényezőre korlátozza, míg a kiváltott következményekre a „strain” kifejezést használta. Újabb megfogalmazás alapján a stressz a normálistól eltérő olyan helyzet, amely az élőlényt megterheli, de az életét közvetlenül nem veszélyezteti (Tischler, 1984). Larcher (1987) értelmezése szerint: „A stressz egy olyan terheléses állapot, amelyben a növényvel szembeni fokozott igénybevétel a funkciók kezdeti destabilizációját követően egy normalizálódáson át az ellenállóság fokozódásához vezet, majd a tűréshatár túllépésekor tartós károsodást, vagy pusztulást okozhat”. A szervezetben a tünetet kiváltó okot stresszornak, az okozott tünetegyüttest pedig stressz szindrómának nevezzük. Általánosan elfogadott koncepció a stresszkutatásban az „általános adaptációs szindróma” („General Adaptation Syndrome”), mely szintén Selye János nevéhez köthető. Három fő fázist különíthetünk el (5. ábra):

1. Vészreakció (alarm): A terhelés fokozódása, a normális állapottól való eltérés figyelhető meg. A növény vitalitása csökken, főként a lebontó folyamatok dominálnak.
2. Ellenállás: Amennyiben a növény rezisztencia potenciálja lehetővé teszi, úgy a növény alkalmazkodik, törekszik a hibák kijavítására, melynek következtében helyreáll a normális életműködés. Az ellenálló képesség fokozódása figyelhető meg.
3. Kimerülés: Amennyiben a növény alkalmazkodóképességét meghaladó mértékű és tartalmú a terhelés, úgy a lebomlás és pusztulás folyamata következik be.



5. ábra A stresszfolyamat jellemző szakaszai (Szigeti, 1998 nyomán)

Lichenthaler (1996) a stresszfolyamatok 3 szakaszát egy további szakasszal, a regeneráció szakaszával egészíti ki, amely során a növények részlegesen, vagy teljesen visszanyerik normál fiziológiai paramétereiket, amennyiben a stresszor növényre gyakorolt hatása megszűnik. Ez a szakasz némiképp ellent mond a Selye által meghatározottakkal, hiszen a kimerülési szakasz végén a növény elpusztul.

Selye a stressznek két típusát is elkülönítette „eustressz” és „distressz” néven. Az eustressz esetében a szervezet fokozott reakcióval válaszol. Az emberi szervezetben ez tapasztalható versenyhelyzetekben, a szervezet felfokozott állapotában, ami az átlagostól jobb teljesítményt eredményez. Ezzel szemben a distressz során a szervezet nem képes a problémák kijavítására, feloldására az ellenállás során, ami később betegséghez, depresszióhoz vezethet. Lichtenthaler és Rinderle (1988) az eustresszt stimuláló, aktiváló tényezőnek tartja, amely pozitív hatással van a növény fejlődésére, ezzel szemben a distressz negatív, fejlődést gátló hatású. Ugyanakkor nem lehet éles határvonalat húzni a di- és eustressz között. Ugyanaz a stresszor kis koncentrációban stimuláló hatású lehet (eustressz), mint egyes herbicidek, míg nagyobb koncentrációban a növény károsodását, pusztulását okozhatja (Lichtenthaler, 1996).

Növényekre vonatkoztatva Lichtenthaler (1996) a következőképp fogalmazta meg a stressz fogalmát: „minden olyan tényező, vagy anyag, amely befolyásolja, vagy gátolja a növény anyagcseréjét, növekedését, fejlődését.”. A szakzsargonban sokszor helytelenül – egyenértékűként - alkalmazzák a stressz és stressz faktor kifejezéseket, noha ez utóbbi minden esetben egy külső tényező, míg a stressz a szervezetben alakul ki. A stresszt kiváltó faktor/hatás lehet abiotikus, vagyis nem élő eredetű. Abiotikus faktorok a nedvesség/szárazság, hőmérséklet, szennyező anyagok (nehézfémek), megvilágítás, szél, stb.. Az élő tényezőket biotikus

tényezőknak nevezzük. Ide tartoznak a különböző mikroorganizmusok (vírusok, baktériumok, gombák, etc.), állati kártétel, de az antropogén hatások is (Kranter et al., 2010).

Az abiotikus stresszorok sokszor nem önmagukban, hanem csoportosan hatnak. A talaj vízhiánya például gyakran együtt jár a magas hőmérséklettel, légköri aszályal, vagy erős sugárzással is (Kleinwächter és Selmar, 2014). Így ezen tényezők vizsgálata - az összes faktor hatásának ismerete nélkül – nem kivitelezhető és értékelhető.

#### **2.4. A vízhiány, mint abiotikus stresszor**

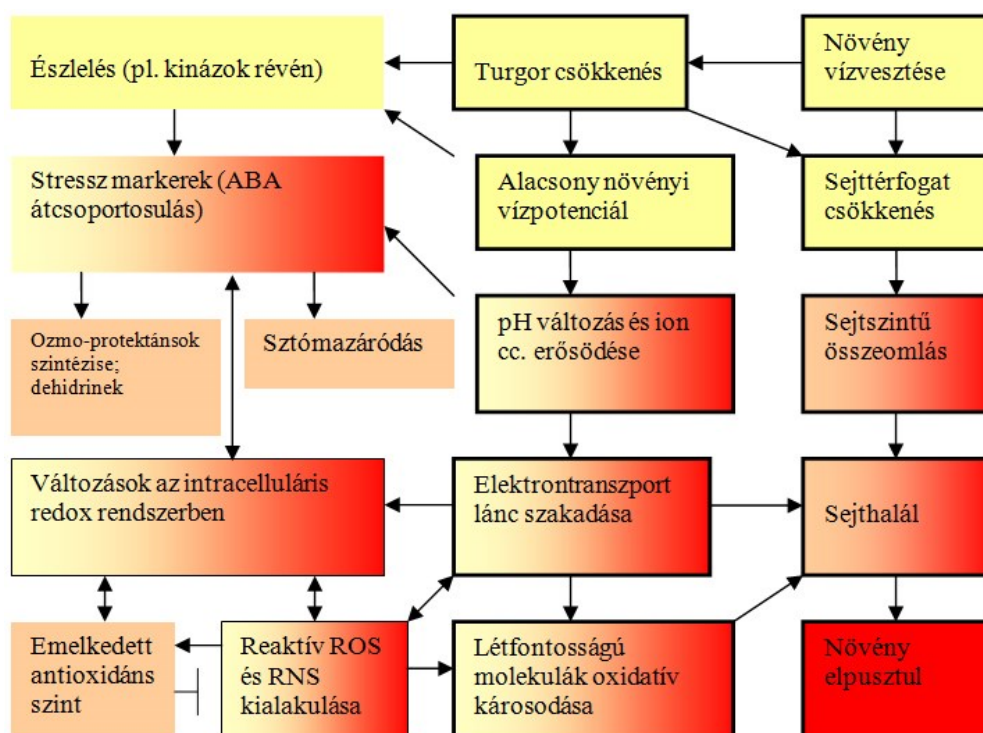
Napjaink egyik leginkább kutatott kérdésköre, hogy hogyan reagálnak a növények a prognosztizált globális felmelegedésre és az ezzel – feltételezhetően - párhuzamosan jelentkező szárazságra (Petit et al., 1999).

A víz az élő szervezetek, így a növények számára is nélkülözhetlen. Közvetlen, vagy közvetve, de szinte az összes növényi életfolyamatban részt vesz. A lágyszárú növények, akár 80-90 %-os víztartalommal is bírhatnak, de a fásszárú növények esetében is 50 % fölött mérhető ez az érték (Akinci és Lösel, 2012). Ha ehhez hozzávesszük, hogy a szárazföldek nagy részén számolhatunk folyamatos, vagy részleges vízhiánnyal, akkor könnyen belátható, hogy a víz, illetve annak hiánya jelentősen befolyásolja a növények életét. Nem szabad azonban figyelmen kívül hagyni, hogy nem csupán a víz hiánya, hanem túlsúlya is stresszorként jelentkezhet a növények életében, illetve a vízellátás folyamatosságának kedvezőtlen változása is problémát okozhat.

A vízhiány különböző módon hathat a növények életére. Egyrészt enyhébb vízhiány hatására a növények csökkentik párologtatásukat, vagy fokozzák a vízfelvételüket, hogy a fotoszintézis folyamatos működését fenntartsák. A vízhiány fokozottabb hatására a növények kiszáradnak, a sejtek víztartalma jelentős mértékben lecsökken, a növény életfunkciói leállnak (Yordanov et al., 2003).

Szárazság hatására a növények sztómai zárulnak, csökken a transpiráció mértéke, ezzel egyetemben a növények vízpotenciálja ( $\Psi$ ) is csökken. A gázcsere folyamatának korlátozásából fakadóan redukálódik a fotoszintézis intenzitása. A sejtek turgorának elvesztése következtében leáll a sejtmelegnyúlás, aminek következtében a növények növekedése csökken, vagy leáll. Ezt követően a stresszre jellemző molekulák, mint az abszcizinsav, vagy a prolin, mint ozmolitikumok felhalmozódása megkezdődik. A reaktív oxigénformák és szabadgyökök mennyisége, mint aszkorbát, glutation stb. megnő. Az élettani változások mellett jelentős morfológiai változások is végbemehetnek a növényekben. Így a levélfelület csökkenése általánosan jellemző tünete a szárazságnak (Inotai et al., 2012; Daszkowska és Szarejko, 2013; Lisar et al., 2012).

A vízhiány tehát számos módon hat a növények életére. A 6. ábra összefoglalóan, de jelentősen egyszerűsített formában mutatja be, hogy a különböző élettani, morfológiai és biokémiai paraméterek hogyan függnek össze egymással. A vastag kerettel jelölt cellák a „stresszhatásokat” jelölik, a növényi válasz esetében nincs vonal a cellák körül, míg az áttételes folyamatok esetében vékony vonal öleli körül a cellákat. A Selye által meghatározott GAS szerint sárga szín jelöli a vészreakció-, rózsaszín az ellenállás-, míg piros a kimerülés szakaszait. Az átmenetes cellák esetében a folyamat a stressz szindróma több szakaszába is beleillik. Az ábra bal oldalán, fentről lefelé haladva, az egyre nehezebben visszafordítható folyamatok szerepelnek, míg a jobb oldal alján az irreverzibilis következmények.



6. ábra A növényben szárazság hatására kialakuló reakciók (Kranner et al., 2010 nyomán)

A vízhiány következtében a sztóma zárósejtek bezáródnak. A sztómák záródását passzív és aktív folyamatok is befolyásolják. A passzív sztómazáródás oka, hogy a zárósejtek nem képesek a turgort fenntartani, így változik az alakjuk. Az aktív sztómazáródás egyik jól ismert vegyülete az abszcizinsav (ABA), de emellett számos más ion, molekula szerepét is tisztázták ( $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{H}_2\text{O}_2$  és  $\text{NO}$ ) (Atkinson et al., 1990; Arve et al., 2012; Outlaw 2013). Ismert tény, hogy a sztómazáródás sokkal inkább áll összefüggésben a talajnedvességgel, mint a levelek víztartalmával (Schurr et al., 1992). Ez az ABA jelátadó szerepét igazolja. A záródás következtében nem csupán a víz párologtatása csökken, hanem a  $\text{CO}_2$  felvétele is, így a fotoszintézis intenzitása is csökken (Hsiao, 1973), igaz egyes teóriák szerint a C4-es növények esetében elsősorban nem a sztómák záródása a fotoszintézist korlátozó tényező (Lisar et al., 2012). Ezt igazolják azok a kísérletek is miszerint az enyhébb vízhiány hatására a növények

vízhasznosítási rátája megemelkedik. Ezek alapján a sztómakonduktancia és a CO<sub>2</sub> felvétel között nem lineáris kapcsolat áll fenn. A sztómák záródásával a növények hamarabb csökkentik a vízleadást, mint ahogy ennek hatása lenne a fotoszintézisre (Cowan és Farquhar, 1977). A növények sztómáinak nyitottságát a sztómakonduktanciával jellemezzük, mértékegysége mmol m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>. Alacsonyabb érték zártabb sztómákat feltételez. Vízhány hatására a kontrollhoz képest alacsonyabb sztómakonduktanciát mértek *Tamarix ramosissima* és *Olea europea* növényeken (Devitt et al., 1997; Guerfel, 2009). A sztómák záródása azonban nem csupán a stresszfolyamat egyik következménye, hanem egyben a növény válaszreakciója, mellyel a vízhányt igyekszik kiküszöbölni.

A sztómák állapotán kívül a relatív víztartalom (RWC) és vízpotenciál ( $\Psi$ ) is képet ad a növények vízgazdálkodásáról. A RWC, vagy korábban „relative turgidity” általánosan elfogadott, megismételhető módszer, mely a növények víztartalmát jellemzi (Weatherley, 1950; Smart és Bingham, 1974).

A vízpotenciál értékének meghatározását leggyakrabban a Scholander et al. (1965) által kifejlesztett készülékkel, nyomáskamrával végzik. Alapja, hogy a növények szállítószöveiben főként a transpiráció és a gyökérnyomás hatására vízmozgás alakul ki. Amennyiben a növényi részt leválasztjuk, úgy a xylemben lévő nyomás és a külső nyomás különbsége következtében a vízoszlop visszahúzódik. Amennyiben a levágott növényi részt egy nyomás alá helyezhető térbe tesszük, és a nyomást fokozzuk, úgy adott nyomásérték esetében a xylemben lévő vízoszlop megjelenik a növény vágási felületén. Az ekkor leolvasható nyomásérték a xylemben normál állapotban fennálló negatív nyomásnak felel meg. Általánosan elfogadott koncepció, hogy csökkenő vízellátottság hatására az RWC és  $\Psi$  is csökken, azonban a csökkenés mértéke fajtól, a stresszor mértékétől és az egyéb környezeti tényezőktől is függ. A két paraméter között szoros összefüggés található. Azonban a vízpotenciálban bekövetkező kisebb eltérés sok esetben az RWC százalékban kifejezett értékeihez képest jóval markánsabban jellemzi akár a rövid ideig tartó vízhányt is (Hsiao, 1973).

A növények párologtatással képesek hőt leadni, de a sztómák záródása esetén ez a lehetőség megszűnik, vagy jelentős mértékben csökken. Ennek következtében a növények felszíne jelentős mértékben felmelegedhet. Camoğlu (2013) *Olea europea* esetében igazolta, hogy az evapotranspiráció és a levegő, valamint levél hőmérséklete közötti különbség között negatív korreláció figyelhető meg. A levelek és a levegő hőmérséklete között akár 4 °C-ot is meghaladó különbséget mértek. Mindamellet fontos megemlíteni, hogy a levélzet hőmérséklete nem csupán a sztómák állapotától, hanem számos más környezeti tényezőtől, így a besugárzás intenzitásától, a besugárzás szögétől, a közeg hővezető képességétől, illetve a növényfajtól is függ (Jones et al., 2009). Szárazság hatására, amennyiben a növények nem képesek a

fotoszintézis, vagy a fotorespiráció során a gerjesztési energia felesleget levezetni, illetve hőleadás révén sem sikerül a fölösleges energián túladni, úgy a rendelkezésre álló jelentős fölösleges energia nagy reakcióképességű molekulák kialakulásához vezet, melyek károsíthatják a fotoszintetikus apparátust (Hideg, 1995; Niyogi, 1999). Az oxidatív károsodást kiváltó molekulákat (hidrogén peroxid, a hidroxil gyök, a szinglet oxigén, valamint a szuperoxid gyök) összefoglalóan reaktív oxigén formáknak (ROS, reactive oxygen species) nevezzük. Különböző antioxidáns enzimek, molekulák (pl.: szuperoxid dizmutáz, kataláz, aszkorbát peroxidáz, egyes cukormolekulák) képesek a ROS eliminálására. Ezen enzimek mennyisége az oxidatív stressz hatására megnő, ezzel visszaszorítva a ROS-t. Fokozott aktivitásuk tehát a stresszfolyamatokra jellemző paraméter (Smirnoff, 1998; Inotai et al., 2012).

Vízhiány hatására a növények fotoszintetikus aktivitása jelentősen csökken. Ennek oka lehet a korábban említett sztóma záródás, vagy a CO<sub>2</sub> csökkenés, azonban a tendenciára választhat, hogy vízhiány hatására a növények klorofill tartalma, így a fotoszintézis alapvető pigmentjének mennyisége csökken. Ennek háttere lehet, hogy a lipoproteinek és a pigment fehérjék aránya változik, vagy a klorofilláz enzim aktivitása fokozódik (Iyengar és Reddy, 1996; Parida et al., 2007). Egyes kutatásokban azonban a klorofilltartalom növekedését tapasztalták a csökkenő vízellátás hatására. Így *Plantago ovata* és *Plantago psyllum* esetében 17-, illetve 37 %-kal növekedett a levelek klorofill tartalma, illetve a levelek víztartalmára utaló SPAD érték (Rahimi et al., 2010). A SPAD érték a klorofilltartalom jellemzésére kidolgozott egység, mely a mérőkészülék nevéből (KonicaMinolta, SPAD-502) ered. Mind a növénytermesztésben, mind pedig a kutatás során fontossá vált egy olyan módszer, eszköz, amely a növények sérülése nélkül alkalmas a klorofilltartalom becslésére. A fent jelzett készülék egységnyi felületen a fényelnyelés mértékét vizsgálja a klorofill gerjesztésének hullámhosszán, így roncsolás nélkül alkalmas annak meghatározására. A SPAD értékek és az analitikai úton mért klorofilltartalom között erős pozitív korreláció figyelhető meg. Ruiz-Espinoza et al. (2010) a levélfelületet, mint korrekciós tényezőt javasolja a SPAD készülékek által mért értékek súlyozására.

## **2.5. A vízhiány hatása a gyógy- és aromanövényekre**

Akárcsak a többi termesztett növényfajunk esetében, a gyógynövényeknél is számos élettani, biokémiai és gazdasági változást tapasztalunk a nem megfelelő vízellátottság hatására. Az egyes kísérletek összevethetőségét nehezíti, hogy a stresszhatás előidézését eltérő paraméterekkel (öntözési gyakoriság, „field capacity” %-ban kifejezett vízhiány, gravimetriás és térfogatban kifejezett talaj vízkapacitás (VK) etc.) jellemzi a szakirodalom.

A rendelkezésre álló szakirodalmakban a módszerek és eszközök sokrétősége miatt számos paramétert találunk, amellyel a stresszhatás mértékét, vagy éppen a növények aktuális vízháztartását hivatottak leírni.

A RWC (relatív víztartalom, %) mérése általánosan elfogadott módszer. Szinte kivétel nélkül a stresszhatásnak kitett növények víztartalma csökken a jó vízellátottságban részesített növényekhez képest. A csökkenés tendenciájára a szerzők többsége felhívja a figyelmet, azonban a változás mértéke a stresszor erősségétől, de a növényfajtól is függő lehet. Kamillát vizsgálva az RWC 89,7 %-ról 72,1 %-re csökkent, amennyiben a talaj térfogatos víztartalma 19 %-ról 4,2 %-ra esett (Hojati et al., 2011). *O. basilicum* esetében sokkal erősebb csökkenést tapasztalt Khalil et al. (2010). 30 %-os vízhiánynál 63,07 %-os, viszont 70 %-os vízhiánynál már csupán 55,29 %-os relatív víztartalma mért. Kerti bazsalikom esetében hasonló értékeket tapasztalt Kordi et al. (2013), miszerint a 100 %-ig telített talajhoz (RWC 81,29 %) képest, 60 %-os VK-n 66,66 %-os, míg 30 %-os VK-n csupán 57,58 %-os relatív víztartalmat tapasztalt. Noha Sorial et al. (2010) 100-60-40 %-os VK-on vizsgálta a növények víztartalmát, megállapíthatjuk, hogy az előzőekben említett kísérletekhez képest ebben az esetben tapasztaljuk a legalacsonyabb relatív víztartalmakat (FC 100-60-40 %: 75,3-57,4-45,7 %). Fatima et al. (1999) közlése jól szemlélteti, hogy egy fajon belül a különböző fajták mennyire más víztartalommal bírnak, mennyire eltérően reagálnak a vízhiányra. *Cymbopogon martinii* jó vízellátásban részesített fajtáinak RWC-a 78,6-84,9 % között mozgott, míg ugyanazén fajták szárazság hatására csupán 53,7-65,3 %-os értéket mutattak. Sing-Sangwan et al. (1994) malabár citromfűvet (*Cymbopogon nardu* és *C. pendulus*) vizsgálva nem talált szignifikáns eltérést a növények RWC-je között, igaz a szárazságstressz kezelés is merőben eltért az eddigiekhez képest: naponta, kétnaponta és háromnaponta öntözték a növényeket azonos mennyiségű vízzel.

A RWC mellett a növények vízpotenciálja a szárazságstressz jellemzésére egyik leggyakrabban alkalmazott paraméter, bár Sinclair és Ludlow (1985) szerint az RWC értékek sokkal alkalmasabbak a levelek vízháztartásának megállapítására, mint a vízpotenciál. A vízpotenciál meghatározása történhet pszichrométerrel is, de többnyire nyomáskamrát alkalmaznak, annak kis fenntartási költsége, valamint gyors és pontos mérései miatt. A rendelkezésre álló szakirodalmak alapján tényként állítható, hogy a vízhiány fokozódásával a vízpotenciál egyre negatívabb értéket vesz fel. A tendencia ismert, a csökkenés mértéke azonban fajra és környezeti tényezőkre való tekintettel változhat. A 3. táblázat tartalmazza egyes gyógynövények vízpotenciál változását a szárazságstressz tükrében.



3. táblázat Egyes gyógynövények vízpotenciál értékeinek változása szárazságstressz hatására

Faj	Kezelés: Vízpotenciál	Szerző
<i>Satureja hortensis</i>	100 % FC: -0,5 MPa	Baher et al., 2002
	66 % FC: -1,3 MPa	
	33 % FC: -1,6 MPa	
<i>Ocimum basilicum</i>	Kontroll: -0,3 MPa	Simon et al., 1992
	Enyhe vízhiány: -0,68 MPa	
	Erős vízhiány: -1,12 MPa	
<i>Salvia officinalis</i>	Kontroll: -1,2 MPa	Bettaieb et al., 2009
	Enyhe stressz (50 % FC): - 3,24 MPa	
	Erős stressz (25 %FC): - 4,57 MPa	
<i>Cymbopogon nardu és C. pendulus</i>	Kontroll: -1,5 – 1,68 MPa	Fatima et al., 1999
	Stressz: -1,98- 2,78 MPa	
<i>Eucalyptus camaldensis</i>	0 m távolságra az öntözőároktól: -4,91 MPa	Stone és Bacon, 1994
	7,5 m távolságra az öntözőároktól: -8,83 MPa	
	37,5 m távolságra az öntözőároktól: -12,53 MPa	

A szárazságstressz hatására lényeges változások történhetnek a növények fotoszintetikus apparátusában, fotoszintézisében. Egyrészt a korábban említett sztómazáródás révén, másrészt a pigmentrendszerben bekövetkező változások terén. A fotoszintetikus aktivitásra, a rendszer működésére ad jellemző adatokat a növények klorofill tartalma.

A klorofilltartalomnak azonban nem csupán a fotoszintézisre, hanem közvetve a növények produkciójára is hatása van. Karademir et al. (2009) gyapot esetében a levelek klorofill tartalma és a maghozam között pozitív összefüggést talált.

A szárazságstresszt általánosan jellemző tünet a növények hervadása, száradása, sárgulása, ami a legtöbb esetben a növények csökkent klorofill tartalmával is párosul. Misra és Srivastava (2000) vizsgálatában *Menta arvensis* növényekben az erős vízhiány hatására a klorofill *a+b* tartalom csaknem a felére csökkent (4,2 mg·g<sup>-1</sup>-ről 2,2 mg·g<sup>-1</sup>-ra). Khalil et al. (2010) *O. basilicum*-nál hasonló tendenciát tapasztalt, noha már a kontroll növények klorofill tartalma is alacsonyabb volt, mint az előző kísérletben, a másik fajnál (1,49 mg·g<sup>-1</sup>-ről 0,79 mg·g<sup>-1</sup>-ra csökkent).

Sorial et al. (2010) viszont a VK 60 %-án mérte a legmagasabb össz-klorofill tartalmat (*O. basilicum* modellnövényen) (9,61 mg·g<sup>-1</sup> szá.), ettől alacsonyabb értéket tapasztalt a VK 100 %-a (4,85 mg·g<sup>-1</sup> szá.) és 40 %-a (7,67 mg·g<sup>-1</sup> szá.) mellett is.

Néhány más gyógy- és aromanövény esetében is találunk ezzel kapcsolatos eredményeket. *Catharanthus roseus* növényeknél az eltérő öntözési gyakoriság szintén befolyásolta a növények össz-klorofill tartalmát. A kontrollhoz képest ritkábban, 3 hetente öntözött növények klorofill tartalma 27 %-kal csökkent (Amirjani, 2013). *Thymus daenensis* vizsgálata során a klorofill *b*

tartalomban nem észleltek kimutatható változást, azonban a *klorofill a*, a 80 %-os vízhiány hatására szignifikánsan csökkent a 20 %-os vízhiányhoz képest (kontroll kezelés) (Bareinejad et al., 2013). *Cymbopogon flexuosus* esetében a 100 %-os VK-tól eltérően, az erős szárazságstresszel kezelt (VK 50 %-a) növények esetében mintegy harmadával csökkent a klorofilltartalom, és ezzel együtt a karotinoid tartalom is. A szárazságstressz hatását erősen változtatta, ha a növényeket előzetesen szalicilsavval kezelték, ebben az esetben a klorofilltartalom mindig magasabb volt a szalicilsavas kezelésben nem részesített növényekhez képest (Idrees et al., 2010). Azhar et al., (2011) ugyanakkor *Trachyspermum ammi* modellnövényénél nem talált kimutatható szignifikáns eltérést a 100 %-os és a VK 60%-án nevelt növények között, sőt, az átlag értékek az alacsonyabb vízellátás hatására magasabbak voltak.

Mindebből úgy tűnik, hogy a levelek klorofill tartalma a vízellátásra fajspecifikusan reagál, tehát indokolt lehet annak vizsgálata, hogy ez a paraméter adott körülmények között mennyire jó markere a szárazságstressznek.

A legkönnyebben észlelhető változás, ami egyben a legjelentősebb gazdasági jelentőséggel is bír, a biomassa produkció változása. A biomassa változása számos morfológiai paraméterrel állhat bizonyos fokú kapcsolatban. Ide sorolható a növénymagasság, a bokorátmérő, friss és száraz hajtástömegek, de a szárátmérő, a gyökértömeg, vagy a szervi arányok változása is. Mezofiton és higrofiton fajok esetében szárazság hatására az említett paraméterek szinte mindegyike csökkenő értékekkel reagál. A csökkenés mértéke azonban számos egyéb tényezőtől (faj, fajta, hőmérséklet, sugárzás, stb.) is függ, ezért nem általánosítható.

Az illóolajat felhalmozó gyógynövényekről e tekintetben több adat áll rendelkezésre. A *Salvia officinalis* friss tömege 74 %-kal, míg száraz tömege 26 %-kal csökkent az erős vízhiány (VK 25 %-a) hatására, mindamellett a növények magassága is jelentősen, 46 %-kal csökkent (Bettaieb et al., 2009). *Salvia miltiorrhiza* növények gyökértömege erős vízhiány hatására harmadával, míg hajtástömege felével csökkent a kontroll növényekéhez képest. A gyökér/hajtás arány a stressznek kitett növények esetében mintegy harmadával magasabb volt, mint a kontrollnál (Liu et al., 2011). Penka (1978) számos gyógynövényen (borsmenta, kamilla, borsfű stb.) végzett kísérlete során megállapította, hogy az öntözésnek főként a növények víztartalmára volt kifejezett hatása, de a biomasszáat jellemző paraméterekben – magasság, friss és száraz tömeg – is 15-50 %-os emelkedés volt tapasztalható az öntöztelen növényekhez képest. Konyhakömény esetében a magasság 21 %-kal, a biomassa 49 %-kal csökkent az erős szárazságnak kitett növényeknél a kontrollhoz képest. Emellett az elágazások száma is közel 20 %-kal csökkent (Laribi et al., 2009). Hasonló tendenciát tapasztalt Misra és Srivastave (2000)

*Mentha arvensis* növényénél, miszerint a friss és száraz tömeg, növénymagasság jelentős mértékben csökkent a beállított 45 %-os kontrollnál mért értékekhez képest. Az elágazásszám 10-15 %-kal csökkent a vízhiány hatására.

*Hypericum brasiliense* növényeknél az erősebb szárazság hatására közel 25 %-kal csökkent a friss tömeg a jó vízellátottságú egyedekhez képest (Abreu és Mazzafera, 2005).

*Matricaria recutita* (kamilla) növényeknél a VK 85 %-án volt a legmagasabb virágtömeg mérhető. Ehhez képest a VK 55 %-án és a 100 %-os VK-on nevelt növények (!) is szignifikánsan alacsonyabb virágdrog hozamot produkáltak (Pirzad et al., 2006). Ezzel megegyezőket tapasztalt Razmjoo et al. (2008). A virágok száma 45 %-kal, friss tömege 63 %-kal, száraz tömege 64 %-kal csökkent, míg a növények magassága 25 %-os csökkenést mutatott a csökkenő vízellátás hatására. A fentiek mellett Baghalian et al. (2011) a gyökértömegben nem, viszont a többi mért paraméterben (növénymagasság, virágzat friss- és száraz tömege, hajtás tömege) egyértelmű csökkenést tapasztalt a fokozódó vízhiány hatására.

Baričević és Zupančič (2002) *Trigonella foenum-graecum*-ot vizsgálva megállapította, hogy a talaj vízkészletének 95 %-os megvonása nem befolyásolta szignifikánsan a növények magasságát, gyökérhosszát és a rügyek számát, noha a száraz tömegnél, a gyökértömegnél és a virágok számánál egyaránt csökkenés következett be.

Az *Ocimum* nemzetségen belül számos vízellátással kapcsolatos kísérletet végeztek. Khalil et al. (2010) a 'Thai Magic' fajta vizsgálata során megállapította, hogy a 30 %-os vízhiányhoz (kontroll) képest a 70 %-os vízhiány mellett nevelt növények magassága, levélszáma, hajtásszáma, friss és száraz tömege, valamint a levelek átlagos felülete is csökkent, mindamellett egyes esetekben a kontroll kezelésnél alacsonyabb vízellátás hatására némiképp magasabb értékeket mértek. Ade-Ademilua et al. (2012) tapasztalatai szerint az *O. gratissimum* modellnövényénél a vízhiány negatívan befolyásolja a magasságot, friss és száraz tömeget, valamint a levelek méretét is. Fontos megemlíteni, hogy kísérlete szerint a vízhiány, amennyiben a fény hiányával jár együtt, sokkal intenzívebb mértékben fejti ki a biomasszára gyakorolt hatását. Simon et al. (1992) a levélfelület, a levél- és a szártömeg csökkenő értékeiről számolt be a fokozódó vízhiány hatására, *O. basilicum* növényeken. Khalid (2006) *O. basilicum* és *O. american* növényeknél is a szabadföldi VK 75 %-át találta optimálisnak mind a friss-, mind pedig a száraz tömegek esetében. Ettől a vízkapacitástól alacsonyabb és magasabb (50, 125 %) vízellátás is negatívan befolyásolta a növények biomassza produkcióját. Ezzel részben ellentétes megállapításra jutott Ekren et al. (2012). Lila levelű *O. basilicum* vizsgálata során a 125 %-os vízkapacitáson mérték a legmagasabb növényeket (38,6 cm), legnagyobb friss tömeget (2269 kg·da<sup>-1</sup> (da=dekár=1000 m<sup>2</sup>)) és a legnagyobb száraz levéltömeget (300,06 kg·da<sup>-1</sup>). A legkisebb értékeket a legkisebb vízellátásban részesült kezelés esetén tapasztalták. Ugyanakkor

feltételezhetően a két kísérlet közötti különbségeket az eltérően beállított talaj vízkapacitások adták. Khalid (2006) kifolyás nélküli cserepekben gyakorlatilag túllöntözte a növényeket (VK 125 %-a), a gyökerek vízben álltak. Ehhez képest Ekren et al. (2012) kísérletében szabadföldi körülmények között a VK 125 %-val öntözték a növényeket, vagyis a fölösleges vízmennyiség szabadon elfolyhatott.

Baher et al. (2002) *S. hortensis* modellnövényen a fokozódó vízhiány hatására csökkenést tapasztalt a magasságban (-30 %), hajtás friss (-55 %) és száraz tömegében (-50 %) a vízzel telített közeghez képest.

A gyógynövények esetében a biotermék mellett a hatóanyag tartalom és – hozam legalább ennyire fontos. Bár számos kutatás zajlott, zajlik a témában, nem lehet egyértelműen kijelenteni, hogy a szárazság milyen módon befolyásolja a gyógynövények speciális anyagtermelését. Az egyébként is összetett képet árnyalja a gyógynövények hatóanyagainak sokszínűsége. Egyes szerzők általánosítható tényként kezelik, hogy a gyógynövények hatóanyagai a szárazságstressz hatására emelkednek. Ennek okát a vízhiány hatására fellépő sztóma záródásban látják. Ennek következtében a növények CO<sub>2</sub> felvétele csökken. A Calvin-ciklusban a CO<sub>2</sub> fixációja lelassul és jelentős mennyiségű NADPH + H<sup>+</sup> keletkezik, amely az erősen redukált molekulák (terpenoidok, fenoloidok, alkaloidok) irányába tolja el az anyagcserét (Selmar és Kleinwächter, 2013a; Selmar és Kleinwächter 2013b). Noha valóban a rendelkezésre álló szakirodalom döntően a hatóanyagok fokozott felhalmozódásáról számolnak be, a kérdést jelen ismereteink alapján nem indokolt általánosítani, mivel a hatóanyagok igen sokfélék. A szerzők ugyanakkor meg is említik, hogy az eredmények értékelésében zavaró lehet, hogy a hatóanyag tartalmat általában a szárazanyagtermeléshez viszonyítva adják meg, így minden esetben külön értékelendő, hogy az előbbi tényleges növekedéséről vagy csak az utóbbi csökkenésének következtében egy relatív növekedésről van-e szó.

*Bupleurum chinense* hatóanyagainak (szalkosaponin a és d) koncentrációja a vízhiány hatására 15-22 %-kal emelkedett. A hatóanyag hozama azonban mindkét komponens esetében negyedére csökkent (Zhu et al., 2009). *Acalypha wilkesiana* növény esetében az eltérő hatóanyagok eltérő választ adtak a vízhiányra: az alkaloidok, flavonoidok és tanninok koncentrációja csökkent, míg a szaponinoké emelkedett a vízhiány fokozódásával (Odjegba és Alokolaro, 2013).

*Salvia miltiorrhiza* a szárazság fokozódásával a rozmaringsav tartalom csökkenésével reagált (0,196 % - kontroll; 0,169 % - erős vízhiány), azonban egyéb aktív komponensek, mint a szalvianolsav B, vagy tanshinon IIA koncentrációja emelkedett (Liu et al., 2011). *Cataranthus roseus* növény alkaloidjai fokozott felhalmozódással reagáltak a vízhiány fokozódására. A

*vinikrisztin* 75 %-os emelkedést produkált az erős szárazságstresszre reagálva, de már az enyhébb vízhiány is befolyásolta a felhalmozódást. A *vinblasztin* viszont csak a legerősebb stresszhatásra emelkedett szignifikánsan (Amirjani, 2013).

Különböző tea (*Camellia sinensis*) klónok eltérően reagáltak az eltérő vízellátásra. Az *epigallokatechin-gallát* és *epikatechin-gallát* nem mutatott összefüggést a talaj víztartalmával, ugyanakkor az *epikatechin* és *epigallokatechin* jól korrelált. Elmondható, hogy az össz-katechin tartalom mind a 6 vizsgált klón esetén alacsonyabb volt a 14 %-os (v/v) víztartalom, mint stressz kezelés mellett, mint a 38 %-os (v/v) kontroll esetében. A szerzők az *epikatechint* és *epigallokatechint* – tekintettel arra, hogy jól korrelálnak a talaj víztartalmával – alkalmasnak tartják, hogy a tea klónok szárazságtűrését jellemezzék vele (Cheruiyot et al., 2008). A konyhakömény zsíros olaj tartalma az erős szárazságstressz hatására  $70 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$ -ről  $30 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$ -ra csökkent, miközben a telítetlen zsírsavak aránya csökkent a telített zsírsavakéhoz képest (Laribi et al., 2009).

*Salvia officinalis* illóolaj tartalma a kontroll kezeléshez (0,39 %) képest az enyhe stressz hatására 1,77 %-ra emelkedett, majd az erős vízhiány hatására 1,01 %-ra csökkent. Az illóolaj fő összetevőinek, a ketonoknak ( $\alpha$ -tujon,  $\beta$ -tujon, kámfor) mennyisége 452, illetve 267 %-kal emelkedett (Bettaieb et al., 2009). A *Menta arvensis* illóolaj tartalma friss tömegre vetítve az enyhe szárazságstressznek tekintett kezelés hatására érte el a legmagasabb értéket (0,58 % / friss tömeg), míg a kontroll (0,50 %) és erős stresszhatásra (0,40 %) is csökkent a növények illóolaj tartalma. Az illóolaj komponenseiben csupán elenyésző, 2-3 %-os változást detektáltak (Misra és Srivastava, 2000). Penka (1978) kísérleteiben *Archangelica officinalis* (*Angelica archangelica*), *Carum carvi*, *Foeniculum vulgare*, *Pimpinella anisum* esetében a kiegészítő öntözés hatására emelkedett az illóolaj koncentráció, azonban *Levisticum officinale*, *Lavandula angustifolia* és *Petroselinum hortense*-nél a kiegészítő öntözés illóolaj-tartalom csökkentő hatását detektálta. *Mentha*  $\times$  *piperita* növényeknél az eltérő évjáratokban eltérő tendenciát tapasztalt. Zámbori-Németh és Tétényi (1986) hasonló megállapításra jutott: szabadföldön a kiegészítő öntözés az 1985-ös évjáratban fokozta a *Mentha*  $\times$  *piperita* illóolaj tartalmát, 1984-ben azonban nem okozott kimutatható változást. Az illóolaj hozam azonban a nagyobb biomassa miatt az öntözött állományok esetén magasabb volt.

Talaj nélküli üvegházi teremsztésben *Nepeta cataria*, *Melissa officinalis* és *Salvia officinalis* növényeket termesztettek eltérő vízellátás mellett. Macskamenta esetében az 50 hPa-os (kontroll) normához képest a 125 – és 250 hPa-os kezelések (szárazságstressz) is szignifikánsan magasabb illóolaj-tartalmat eredményeztek. A citromfűnél csupán csak az erősebb vízhiány hatására emelkedett az illóolaj-tartalom. Ezzel szemben a zsálya növényeknél a beállított kezeléseknek nem volt igazolható hatása az illóolaj tartalomra. Az egy növény által

produkált illóolaj hozam a macskamenta és zsálya esetében minden kezelés hatására eltért, csökkent a szárazság hatására, addig a citromfűnél a kontroll kezelés hatása volt csak elkülöníthető. A macskamenta illóolaj kompoenseiben nem volt jelentős kimutatható változás, a citromfű esetében a *geranial* és *nerál* részaránya emelkedett, míg a geraniolé csökkent. Az orvosi zsálya illóolajában az  *$\alpha$ -tujon* részaránya csökkent az erős vízhiány hatására. Mindezen változások azonban nem haladták meg a 10 %-os változást (Manukyan, 2011). Szabadföldi körülmények között Abbaszadeh et al. (2009) citromfűvet vizsgálva megállapították, hogy a legmagasabb illóolaj tartalmat a VK 20 %-án nevelt növények adták, amely közel háromszoros emelkedés a kontrollhoz képest. A hektárra vetített illóolaj hozam azonban az enyhe stresszhatásként beállított, VK 60 %-án nevelt növények esetében volt mérhető. Az itt kalkulált érték ( $12,97 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ ) több mint háromszor nagyobb, mint az erős vízhiányos kezelésben részesített növények esetében ( $3,97 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ ).

Eltérő felhalmozódási szintet tapasztaltak a *karvonos* és *izomentonos* kemotípusú *Satureja douglasii* esetében. A vízhiány fokozódásával a *karvonos* kemotípusnál emelkedő tendenciát tapasztaltak a monoterpének hozamában, az *izomentonos* kemotípusnál viszont csak az enyhébb vízhiány hatott növelően a monoterpének hozamára (Gershenzon et al., 1978). Baher et al. (2002) a fokozódó vízhiány következtében a borsfűnél fokozatos emelkedést tapasztalt az illóolaj tartalomban. A kontrollhoz képest (1,75 %) az erős stressz hatására közel 25 %-kal emelkedett az illóolaj tartalom. Az illóolaj összetételt nem befolyásolta számottevően a szárazságstressz, csupán 1-4 %-os változás volt megfigyelhető a fő komponensekben ( *$\gamma$ -terpinén*, *karvakrol*).

A bazsalikommon végzett –csekély számú– kutatások arra a következtetésre jutottak, hogy a szárazságstressz hatására a növények illóolaj felhalmozó képessége fokozódik (Simon et al., 1992; Khalid, 2006; Ekren et al., 2012). Ade-Ademilua et al. (2013) *O. gratissimum* modellnövényeken végzett kísérlete azonban rámutat arra, hogy a természetben számos kölcsönhatás alakulhat ki és nem csupán egy faktor hat a növényekre. A megvilágítás és vízellátás hatását vizsgálva megállapította, hogy a napfényen nevelt növényeknél a vízhiány negatívan befolyásolta az illóolaj felhalmozódást (0,18 % stresszelt, 0,21 % öntözött). Árnyékban viszont fokozta azt (0,5 % öntözött, 1 % stresszelt). A legalacsonyabb illóolaj hozam a napfényen nevelt, de vízhiányban szenvedő növényeknél volt tapasztalható.

Az illóolaj komponenseinek változásáról a bazsalikom esetében sincs egységes kép. Simon et al. (1992) az *esztragol* és *linalool* tömegének fokozódásáról számol be, mindamellett a *linalool* relatív százaléka csökken, az *esztragolé* pedig emelkedik a szárazságstressz hatására. Khalid (2006) és Ekren et al. (2012) nem talált lényeges (5 area %-ot meghaladó) változást az illóolajban az eltérő vízellátás hatására.

Összességében a rendelkezésre álló irodalmak alapján úgy tűnik, hogy a talaj csökkenő nedvességtartalma alapvetően a szárazanyagprodukción befolyásolja, esetenként vagy ellentmondásosan jelentkezik viszont az illóolaj mennyiségi és minőségi változásaiban. Azt is megállapíthatjuk, hogy a reakciók nagymértékben faj,- sőt fajtaspecifikusak lehetnek, ami a további részletes vizsgálatok szükségességét támasztja alá.

Látható továbbá az is, hogy a különböző anyagosztályokba tartozó hatóanyagok esetén nem egyértelmű a szárazságstresszre adott reakció. A kerti bazsalikom és az egyéves borsfű fő hatóanyaga az illóolaj. Elmondható, hogy a rendelkezésre álló szakirodalmak döntő többségben a szárazságstressznek az illóolaj tartalomra gyakorolt pozitív hatásáról számolnak be.

### 3. ANYAG ÉS MÓDSZER

#### 3.1. A kísérletekben felhasznált növényanyag

Kísérleteink során két modell növényvel, a kerti bazsalikommal (*Ocimum basilicum* L.) és az egyéves borsfűvel (*Satureja hortensis* L.) dolgoztunk. A különböző kísérletek során felhasznált fajok és fajták a 4. táblázatban kerülnek bemutatásra. A szaporítóanyagot a Budapesti Corvinus Egyetem Gyógy- és Aromanövények Tanszék génbankjából, valamint magcsere útján szereztük be.

4. 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'
		<i>Ocimum basilicum</i>	'Genovese'
2009	Klímakamra	<i>Satureja hortensis</i>	'Budakalászi'
			'Genovese'
		<i>Ocimum basilicum</i>	'Kasia'
			'Keskenylevelű'
	Szabadföld		'Wala'
		<i>Satureja hortensis</i>	'Budakalászi'
		<i>Ocimum basilicum</i>	'Genovese'
		<i>Satureja hortensis</i>	'Budakalászi'
2010	Klímakamra		'Genovese'
		<i>Ocimum basilicum</i>	'Kasia'
			'Keskenylevelű'
			'Wala'
	Szabadföld	<i>Satureja hortensis</i>	'Budakalászi'
		<i>Ocimum basilicum</i>	'Genovese'
	Konténer	<i>Satureja hortensis</i>	'Budakalászi'

Klímakamrás kísérleteink során a kerti bazsalikom esetében a 'Keskenylevelű' fajtával (7. ábra) kezdtünk dolgozni, azonban a 2008-as év tapasztalatai alapján – mivel nagyfokú heterogenitást mutatott – fajtát kellett váltanunk. Így a továbbiakban a jóval egyöntetűbb 'Genovese' fajtát alkalmaztuk.

Az egyéves borsfű esetében, a kísérletek mindhárom évében, a hazai nemesítésű 'Budakalászi' fajtával dolgoztunk (7. ábra).





7. ábra Az *Ocimum basilicum* 'Keskenylevelű' (balra) és a *Satureja hortensis* 'Budakalászi' (jobbra) fajtája  
(Fotó: Radácsi, 2008)

Szabadföldi vizsgálatainkat 2008-ban a *S. hortensis* 'Budakalászi' fajtával indítottuk. A borsfű esetében 2009-ben és 2010-ben is ezt az egy fajtát vizsgáltuk.

A bazsalikom esetében szabadföldi körülmények között lehetőségünk volt, arra hogy több fajtán tanulmányozhassuk a kiegészítő öntözés hatását. A 4 vizsgált fajta 2009-ben és 2010-ben is a 'Keskenylevelű', a 'Genovese', valamint két, lengyel nemesítésű fajta, a 'Kasia' és a 'Wala' voltak.

### 3.2. A növénynevelés körülményei

#### 3.2.1. Növénynevelés a klímakamrában

Kísérleteinkhez két Conviron E-15 típusú klímakamrát használtunk, melyben lehetőség volt a fontosabb klimatikus tényezők (megvilágítás időtartama és erőssége, hőmérséklet és relatív páratartalom) beállítására. A klímakamrában beállított kísérletek a Budapesti Corvinus Egyetem (BCE) Budai Campusának A épületében folytak.

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 cm<sup>3</sup> ürtartalmú, 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. Ennek meghatározásához előzetesen egységnyi térfogatú (0,5 l) ültető közeget szűrőpapíron felfogva egy üvegtölcsérbe helyeztünk, melyet teljes mértékben átnedvesítettünk. Így megkaptuk az ültető közeg teljes telítettségét, vagyis a vízkapacitás 100 %-át. Majd ugyanezen közeget szárítószekrényben 100 °C-on tömegállandóságig szárítottuk. Ezzel megkaptuk a növény számára a felhasználható víztől mentes közeg tömegét (TVK 0 %-a). A két értéket felhasználva tudtuk kalkulálni a kezelésként beállítandó talaj vízkapacitásokat, melyek 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 alkalmaztuk.

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

#### **3.2.1.1 2008. évi kísérlet**

Ültető közegként 2008-ban homok és perlit 1:1 térfogatarányú keverékét alkalmaztuk. A növények tápanyag utánpótlásáról hetente egyszer adagolt 40 ml Hoagland tápoldattal gondoskodtunk. Bazsalikom és borsfű esetében is a cserepekbe vetettünk, majd a kelés után 4-4 növény/cserépre egyeltünk. Mindkét növény esetében 13 cserép tartozott egy kezelésbe.

#### **3.2.1.2. 2009. évi kísérlet**

A 2008-as év tapasztalataiból kiindulva megváltoztattuk a növénynevelő közeget. Ezután a Rekyva Remix 2D tőzeg, fekete tőzeg és perlit 7:2:1 térfogatarányú keverékét alkalmaztuk a bazsalikomok esetében. A közeg fontosabb paramétereit a 5. táblázat tartalmazza. A borsfűnél viszont a kiskereskedelmi forgalomban kapható Blühfix általános virágföldet alkalmaztuk. A közeg paramétereit az 1. melléklet tartalmazza. Ebben az évben a tápanyag utánpótlásról hetente egy alkalommal Wuxal Super komplex trágyával gondoskodtunk, 7 mg nitrogént számolva minden egyes növényre.

A növények cserepenkénti egyedszámát 3 növény/cserép-re csökkentettük. Mindkét növényfaj esetében 13-13 cserép került egy kezelésbe. A bazsalikom esetében a palántákat az Enkraft Bt-től szereztük be, 2 lombleveles korban kerültek beültetésre.

A borsfű palántákat magunk neveltük, melyeket szintén 2 lombleveles korban ültettünk át a cserepekbe.

**5. táblázat A klímakamrában alkalmazott közeg és a szabadföldi, soroksári talajminta fontosabb fizikai és kémiai tulajdonságai**

Mért paraméterek		Rekyva Remix 2D:fekete tőzeg:perlit (7:2:1)	Soroksári Kísérleti Üzem talajmintája (2009)
pH <sub>H2O</sub>		6,33	6,49
Só	%	0,28	0,039
Humusz	%	-	1,17
Izzítási veszteség	%	72,6	-
K <sub>A</sub>		*	<30
NO <sub>3</sub> -N	mg/kg	283	1,24
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	mg/kg	1060	291
K <sub>2</sub> O	mg/kg	876	36,7
Ca	%	1,33	0,489
Mg	mg/kg	681	53,0
Fe	mg/kg	339	109
Mn	mg/kg	49,2	37,8
Zn	mg/kg	1,48	1,73
Cu	mg/kg	7,25	3,47
CaCO <sub>3</sub>	%	<1	<1

### 3.2.1.3. 2010 évi kísérletek

2010-ben a nevelés körülményei megegyeztek a 2009-es évben beállított kísérletekkel, de az egy kezelésbe tartozó cserepek számát növeltük, így fajonként 26 cserép/kezelést alkalmaztunk.

### 3.2.2. Szabadföldi kísérletek körülményei

A szabadföldi és konténeres kísérletek esetében 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 részletes talajvizsgálati eredményeket a korábban bemutatott 5. táblázat tartalmazza.

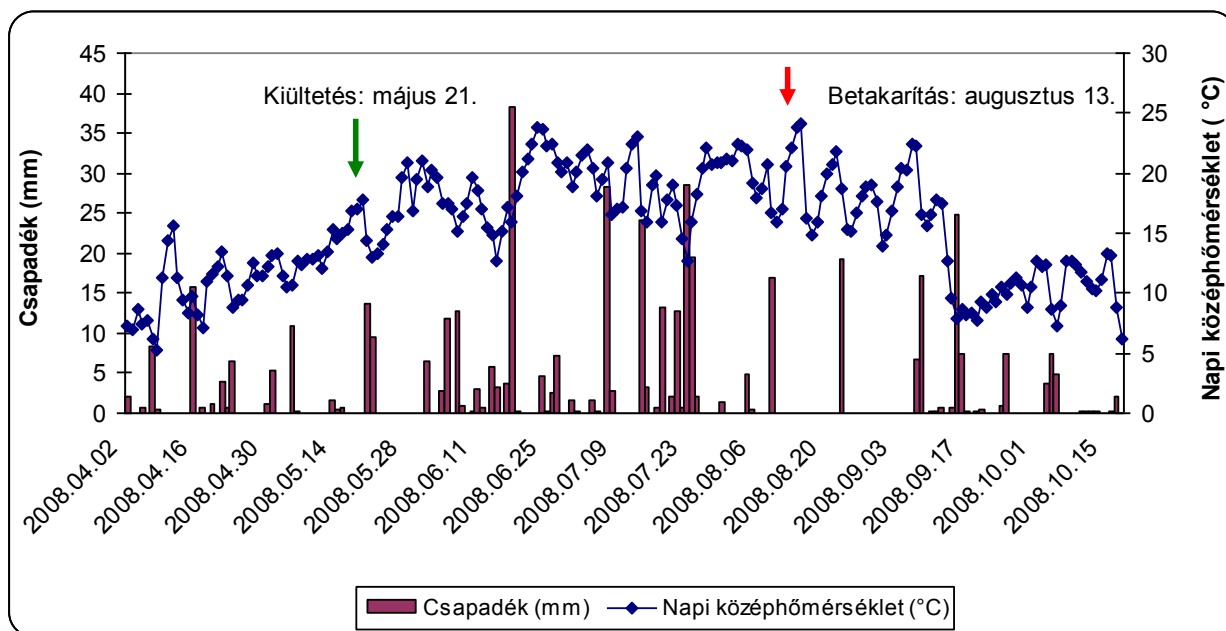
Szabadföldi körülmények között beállított kísérletek esetében a kísérleti növényanyagot palántázással szaporítottuk. A vetést üvegházban, szaporítóládában végeztük, majd az 1-2 lombleveles állapot elérésével 1 dl-es műanyag poharakba tűzdeltük a növényeket. Rövid edzést követően a növényeket a végső 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. A kontroll parcellák csak a palántázást követően kaptak 20 mm beiszapoló öntözést. 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.

### 3.2.2.1. A 2008. évi kísérlet körülményei és időjárási viszonyai

2008-ban borsfűvel dolgoztunk, amiből a 'Budakalászi' fajtát telepítettük 2008. május 21-én. A kiültetést követően rövid időn belül egy jelentős csapadékmennyiség hullott le, mely elősegítette a palánták jobb eredését. A csapadék mennyisége a nyár első felében viszonylag jól eloszlott. Augusztus hónapban illetve szeptember elején azonban kifejezetten száraznak volt mondható az időjárás (8. ábra). A betakarítást megelőzően egy hétig magas napi középhőmérséklet és csapadékmentes időjárás volt a jellemző. A növényeket 2008. augusztus 13-án takarítottuk be. A kiültetés és betakarítás között 278 mm természetes csapadék hullott.

A vegetációs periódus során vegyszeres növényvédelmet nem alkalmaztunk. A gyomok ellen kézi kapálással védekeztünk, 3 alkalommal.



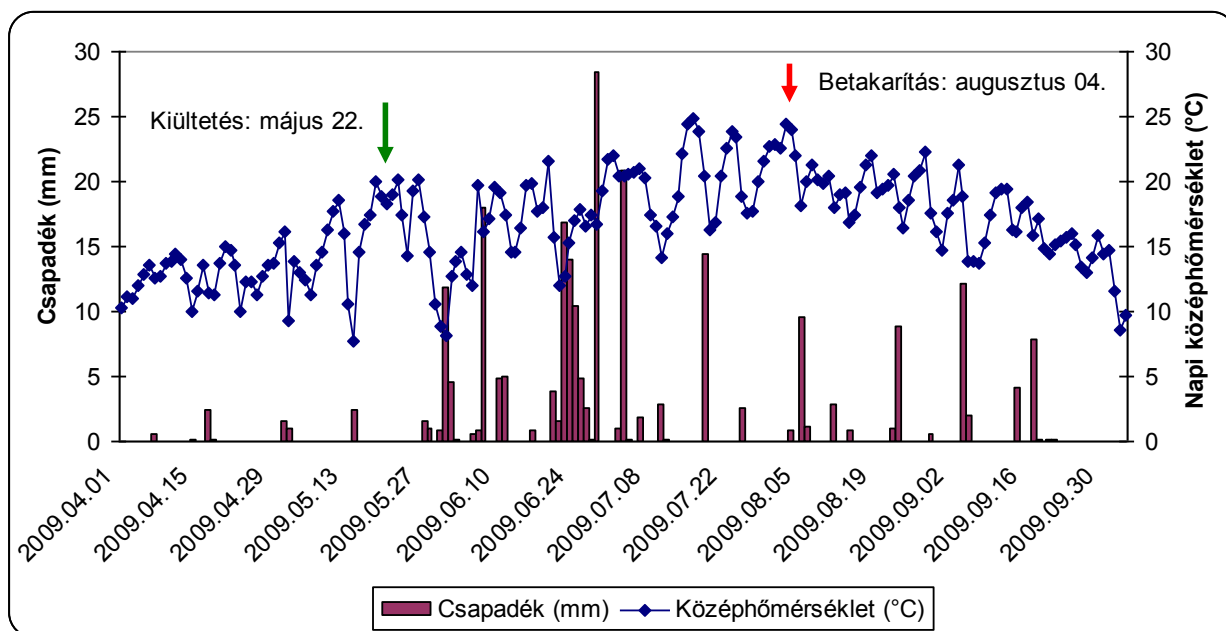
8. ábra A napi középhőmérsékletek és a csapadék eloszlása a Soroksári Kísérleti Üzem területén 2008-ban

### 3.2.2.2. A 2009. évi kísérlet körülményei és időjárási viszonyai

2009-ben mind bazsalikomot, mind pedig borsfűvet tudtunk vizsgálni (4. táblázat). A kiültetés időpontja 2009. május 22-e volt. Az előző évben alkalmazott kísérleti beállítások

mellett neveltük a növényeket, azonos vízellátási kezeléseket alkalmazva. A bazsalikom esetében a vizsgálatok a négy fajta második tényezőként szerepelt.

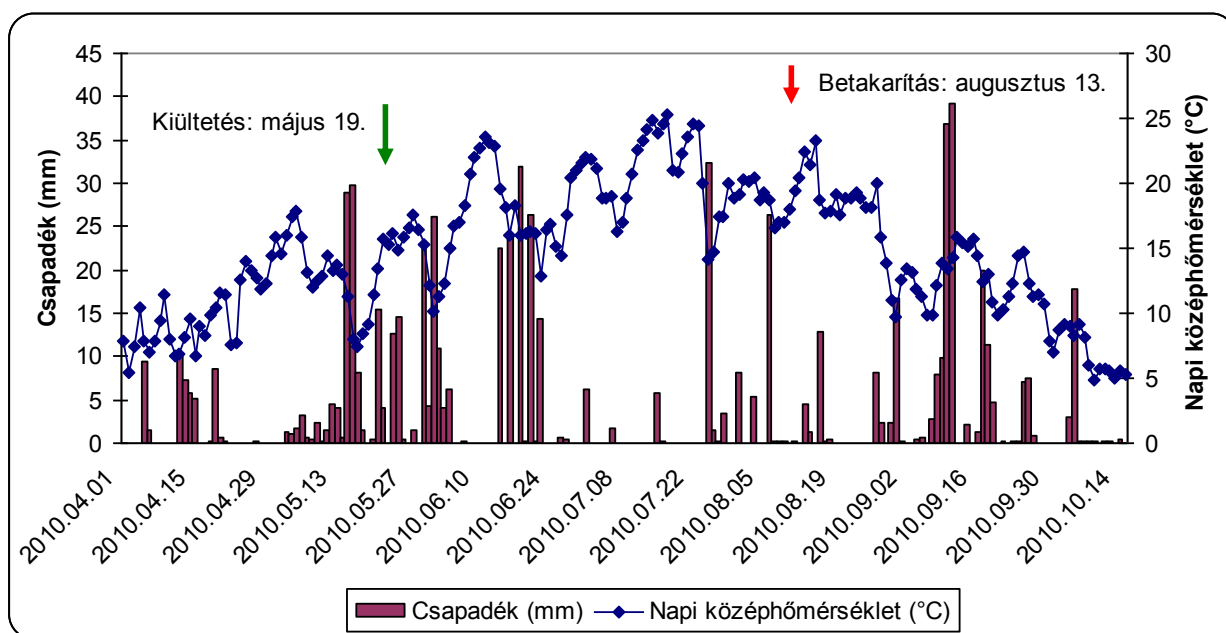
A 2009-es év időjárási viszonyai jelentős mértékben eltértek az előző évitől (9. ábra). Ebben az évben a kiültetéstől a betakarításig csupán 177 mm csapadék hullott. Ennek következtében a növények életciklusa felgyorsult, s így a növényeket korábban tudtuk betakarítani.



9. ábra A napi középhőmérsékletek és a csapadék eloszlása a Soroksári Kísérleti Üzem területén 2009-ben

### 3.2.2.3. A 2010. évi kísérlet körülményei és időjárási viszonyai

A 2010-es év volt kísérleteink három éve közül a legcsapadékosabb. A kísérlet időtartama alatt 341 mm természetes csapadék hullott (10. ábra). A palántákat (4. táblázat) 2010. május 19-én ültettük ki. A kiültetést követően a növények kezdeti fejlődése a folyamatos esőzések és alacsony hőmérséklet következtében gyenge volt. A betakarításra 2010. augusztus 13-án került sor. A növénynevelés paraméterei és a vízellátási kezelések mindenben megegyeztek az előző években alkalmazottakkal.



10. ábra A napi középhőmérsékletek és a csapadék eloszlása a Soroksári Kísérleti Üzem területén 2010-ben

### 3.2.3. Konténeres kísérlet körülményei

2010-ben a parcellás kísérlet mellett célunk volt, hogy olyan „kvázi-szabadföldi” körülményeket szimuláljunk, ahol lehetőségünk van a csapadék utánpótlását kontrollálni. Ezért 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 kezelésenként 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 (Öntöztelen kezelés). A TVK-t a Delta-T cég által forgalmazott ML2x talajszondával és HH2 olvasó egységgel határoztuk meg (11. ábra) kétnaponta.

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





11. ábra ML2x talaj szenzor és HH2 olvasóegység működés közben (Fotó: Radácsi, 2010)

A növények betakarítása a bazsalikom esetében 2 alkalommal történt: 2010. július 20. és 2010. október 01-én. A borsfűvet egy alkalommal tudtuk betakarítani, 2010. augusztus 03-án (12. ábra).



12. ábra *O. basilicum* és *S. hortensis* növények állapota 2010. 08. 19-én (2010, Soroksár). Az első sorban az öntözött a második sorban az öntöztetlen kezelésbe tartozó növények láthatóak

### 3.3. Mérési módszerek

#### 3.3.1. Élettani jellemzők vizsgálata

##### 3.3.1.1. A vízpontenciál meghatározása

Klímakamrában nevelt növények vízpontenciáljának ( $\psi$ ) meghatározásához hajtáscsúcs alatti 2-3. nódusról származó, kifejtett leveleket vizsgáltunk, 9 ismételtesben, a teljes virágzás fenofázisában. A  $\psi$  meghatározása az öntözést követő 2. napon dél és délután 2 óra között történt nyomáskamra (Model610 PressureChamber Instrument) segítségével (13. ábra). A nyomáskamra tartályának

telítéséhez használt gáz  $\text{CO}_2$  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.



**13. ábra A bazsalikom vízpotenciáljának meghatározása. Balról jobbra: Pressure Chamber 610-es modell; mintaként használt levél, a mérésre előkészítve; vágási felületen megjelenő nedvesség (Fotó: Radácsi, 2009)**

#### **3.3.1.2. A klorofilltartalom meghatározása**

A növények levelének klorofill tartalmát KonicaMinolta SPAD-502Plus típusú műszerrel határoztuk meg (14. ábra). Az eszköz fényelnyelés útján működik, így minden esetben ügyelni kell rá, hogy a mintavételi nyílást a levéllemez teljes terjedelmében elfedje. 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. A borsfű esetében gyakran jelentett problémát, hogy a keskeny levéllemez nem fedte el teljes mértékben a mintavételi nyílást, így ott sokszor kiugró értékeket mértünk (egy nagyságrendbeli különbség). Ezeket a kiugró értékeket még az átlagszámítás előtt töröltük a készülék memóriájából.





14. ábra A bazsalikom klorofill tartalmának meghatározása KonicaMinolta SPAD-502Plus műszer segítségével (Fotó: Radácsi, 2009)

### 3.3.1.3. A relatív víztartalom meghatározása

A növények leveleinek relatív víztartalmát Turner és Thomas (1998) módosított módszere alapján határoztuk meg. A levelek relatív víztartalmának (RWC) meghatározásához 3 adatra van szükségünk. A frissen szedett minta tömegére ( $m_f$ ), a telített növényi szövet tömegére ( $m_t$ ), valamint a száraz növényi szövet tömegére ( $m_{sz}$ ). Turner és Thomas (1998) egységnyi területű (1,2 cm átmérő) korongokat vágott ki a növények leveléből, majd ezekkel az egységnyi felületű korongokkal végezték a tömeg meghatározásokat. Saját 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. A korongokat 24 órára 0,5 mM-os  $\text{CaSO}_4$  oldatban áztattuk, majd szűrőpapíron a felületi nedvességet eltávolítottuk, így megkapva a  $m_t$ -t. A telített mintákat 105 °C-on 24 órán szárítva a  $m_{sz}$  is meghatározásra került. Kezelésenként 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. A módszer azonban nem függ a levél felületétől, így tetszőleges, akár egymástól eltérő felületű levelekre is alkalmazható, 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:

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

### 3.3.1.4. 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 kifejezett, virágzás kezdetén lévő növényeken végeztük, klímakamrában és szabadföldön is az öntözést követő 2. napon, 18 mérés/kezelés ismétlésben.

### **3.3.2. 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.

### **3.3.3. A hatóanyaggal összefüggő vizsgálatok**

#### **3.3.3.1. A mirigyszőr sűrűség mérése**

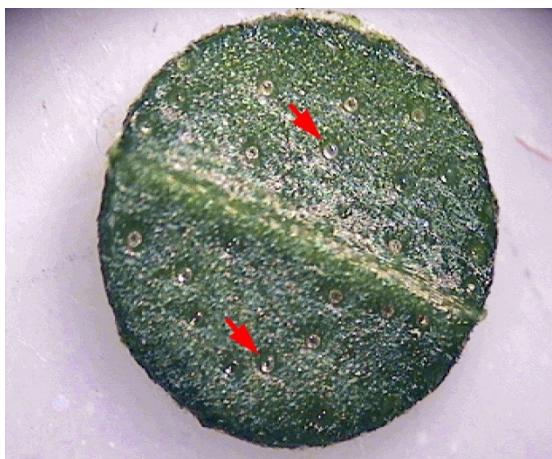
A növények „peltate-típusú” mirigyszőr sűrűségének megállapítása a klímakamrában és szabadföldön nevelt egyedekről is teljes virágzásban történt 2009-ben. A bazsalikom esetében a hajtáscsúcstól számított 3. internódiumról, a levélfelület közepéről vettük a mintát, elkerülve azt, hogy a levél főere a 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 (15. ábra). A klímakamrában nevelt növények esetében a mintákat azonnal feldolgoztuk, míg a szabadföldről származó leveleket zárható nylon tasakban szállítottuk a Gyógy- és Aromanövények Tsz. laboratóriumába, ahol a mintavételezés napján megtörtént a feldolgozásuk.



**15. ábra** Mirigyszőrök az *O. basilicum* 'Genovese' fajta levelén (piros nyilak jelölik a mirigyszőrök helyét, a diszkusz átmérője 4 mm) (Fotó: Radácsi, 2009)

Borsfű esetében a hajtáscsúctól 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 (16. ábra).

A klímakamrában nevelt növényekről kezelésenként 15-15 ismétlésben szedtünk mintát, míg szabadföldön, a bazsalikomnál 10 ismétlést alkalmaztunk kezelésenként, minden fajta esetében.



**16. ábra** Mirigyszőrök a *S. hortensis* 'Budakalászi' fajta levelén (piros nyilak jelölik a mirigyszőrök helyét, a diszkusz átmérője 3,2 mm) (Fotó: Radácsi, 2009)

### 3.3.3.2. 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. A tapasztalatok alapján a vaskosabb szárrészek jelentősen emelték az

ismétlések közötti szórásokat. Így 2009-től a bazsalikom esetében már a klímakamrából betakarított növényeknél is csupán a leveleket és a virágzatot pároltuk le, mivel ezeket a részeket jobb hatásfokkal lehetett homogenizálni. Borsfű esetében 2009-ben a klímakamrában nevelt növényeknél még a teljes herbát pároltuk le, azonban ezt követően itt is áttértünk a pontosabb eredményt adó szármentes részek lepárlására. Szabadföldi kísérletek esetében 2010-ben csak a levelek és virágzatok lepárlását végeztük el, mindkét faj mintáiból. 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.

#### **3.3.3.3. 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  $\mu$ m, filmvastagság: 0,25  $\mu$ m) 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.

#### **3.3.3.4 Az illékony komponensek meghatározása (SPME technikával)**

Az SPME (Solid Phase Microextraction) gőztéranalízis során 20  $\mu$ l térfogatú, csavarzáras 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 helyiségben 30 percig inkubáltuk, majd a szeptum átszúrása révén 10 percen keresztül történt a mintavétel. Az injektálást manuálisan végeztük. Az adszorbens szálát (Supelco, 100  $\mu$ m-os polydimethyl-siloxane bevonatú fiber) 33 másodpercig tartottuk az inletben. A gázkromatográfia során alkalmazott hőmérsékleti program mindenben megegyezett az illóolaj analízis esetében használtakkal.

A minták lefutása után szálkondicionálást végeztünk: az adszorbens szálát 10 percig tartottuk az inletben. Ennyi idő során, a szálon megkötődő komponensek eltávoznak (leégnek).

Az adszorbens szál tisztaságát több alkalommal ellenőriztük, a fent leírt injektálási paraméterekkel.

### **3.4. 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.

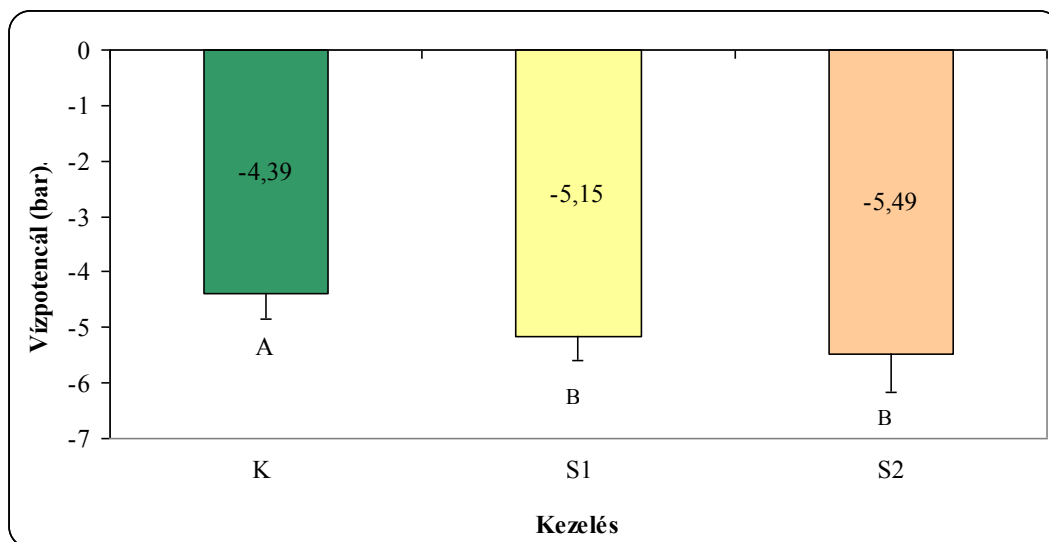
Az adatsorok közötti kapcsolatot Pearson-féle korrelációs együtthatóval vizsgáltuk. Erős kapcsolatnak tekintettük, ha a korrelációs együttható értéke 0,65 és 1,00 közé esett, illetve gyenge kapcsolatnak, amennyiben 0,40-0,65 közötti értéket vett fel.

## 4. EREDMÉNYEK

### 4.1. A vízellátottság hatása a bazsalikom élettani jellemzőire

#### 4.1.1. A vízellátás hatása a bazsalikom vízpotenciáljára

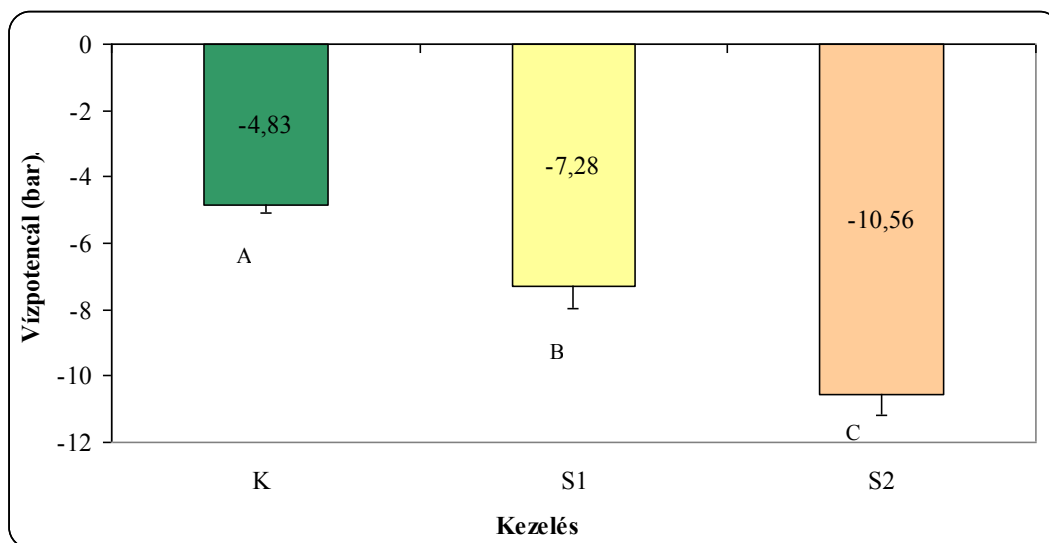
2008-ban a fitotronos kísérlet során megállapítottuk, hogy a rosszabb vízellátás hatására a növények vízpotenciálja csökkent (17. ábra). A kontroll esetében mértük a legkisebb szívóerőt, vagyis a legkisebb abszolút értéket ( $\Psi = -4,39$  bar), amely statisztikailag igazolhatóan eltért a másik két kezelés esetében mért értékektől.



17. ábra Az eltérő talaj vízkapacitások hatása a bazsalikom vízpotenciáljára (Fitotron, 2008)

Jelmagyarázat: Az eltérő betűk statisztikailag elkülöníthető csoportokat jelölnek.

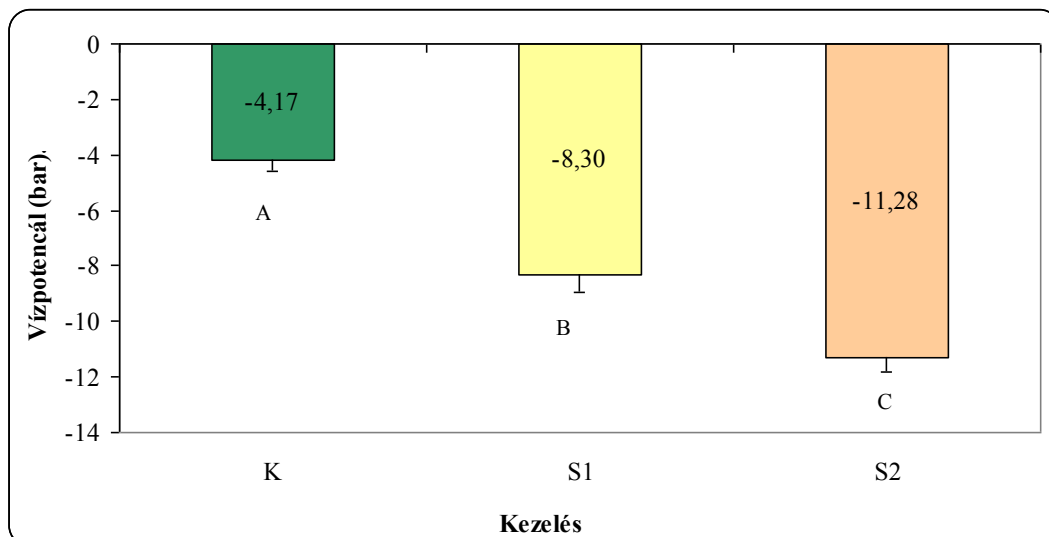
A 2009-ben beállított kísérletben fokozottan érvényesült a csökkenő víztartalom hatása a növények vízpotenciáljára. A legmagasabb vízpotenciált a kontrollnál (K) mértük, míg a két stressz kezelés esetében ettől szignifikánsan alacsonyabb (negatívabb) értékeket tapasztaltunk (18. ábra).



18. ábra Az eltérő talaj vízkapacitások hatása a bazsalikom vízpotenciáljára (Fitotron, 2009)

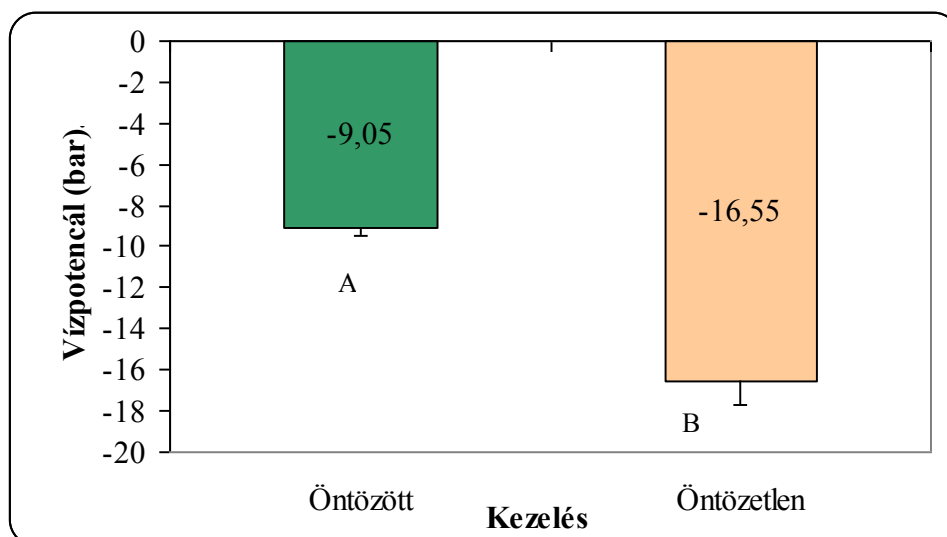
Jelmagyarázat: Az eltérő betűk statisztikailag elkülöníthető csoportokat jelölnek.

2010-ben a fitotronos kísérletek során megállapítottuk, hogy az előzőekhez hasonlóan a legnegatívabb vízpotenciál az S2 kezelés hatására alakult ki, ettől magasabb vízpotenciálja volt az S1 kezelésnek, míg a legmagasabb vízpotenciált a kontroll növények produkálták (19. ábra). Mindhárom kezelés szignifikánsan különbözött egymástól.



**19. ábra** Az eltérő talaj vízkapacitások hatása a bazsalikom vízpotenciáljára (Fitotron, 2010)  
Jelmagyarázat: Az eltérő betűk statisztikailag elkülöníthető csoportokat jelölnek.

A szabadföldi, konténerben nevelt növények esetén (2010-ben) is jelentős eltérés volt tapasztalható az öntözött ( $\Psi = -9,06$  bar) és öntöztelen növények ( $\Psi = -16,55$  bar) között (20. ábra).



**20. ábra** Az eltérő vízellátottság hatása a bazsalikom vízpotenciáljára (Konténeres kísérlet, 2010)  
Jelmagyarázat: Az eltérő betűk statisztikailag elkülöníthető csoportokat jelölnek.

#### 4.1.2. Az eltérő vízellátás hatása a bazsalikom klorofill tartalmára

2008-ban, a kísérlet első évében a fitotronban a TVK csökkenésével párhuzamosan csökkenést tapasztaltunk a levelek klorofill tartalmában (6. táblázat). Azonban a mért értékek között nem volt statisztikailag igazolható különbség. Ezzel ellentétben 2009-ben és 2010-ben a TVK 70 %-án nevelt növények esetében mértük a szignifikánsan legalacsonyabb klorofilltartalmat, míg a legmagasabb értéket az S2 kezelés esetében. 2009-ben a kontrollhoz képest mintegy 40 %-os emelkedést tapasztaltunk, míg 2010-ben a kontrollhoz képest a növekedés meghaladta az 50 %-ot.

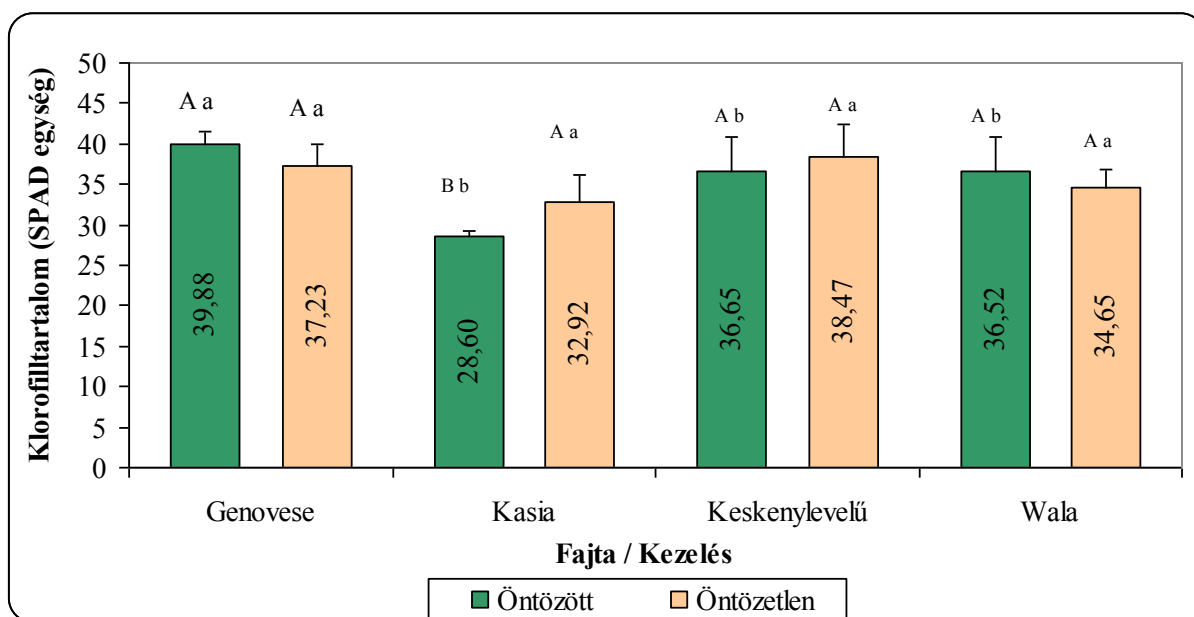
**6. táblázat Az eltérő talaj vízkapacitások hatása a bazsalikom klorofill tartalmára (2008-2010, Fitotron)**

Kísérlet éve/fajta	Klorofilltartalom (SPAD egység, átlag $\pm$ szórás)		
	K (TVK=70 %)	S1 (TVK=50 %)	S2 (TVK= 30%)
2008 / 'Keskenylevelű'	33,22 $\pm$ 4,51	31,97 $\pm$ 4,56	30,10 $\pm$ 4,90
2009 / 'Genovese'	34,68 $\pm$ 2,74 C	39,34 $\pm$ 3,34 B	47,63 $\pm$ 4,99 A
2010 / 'Genovese'	39,77 $\pm$ 3,53 C	47,81 $\pm$ 3,76 B	59,11 $\pm$ 1,37 A

Jelmagyarázat: a soronként eltérő betűk statisztikailag elkülöníthető csoportokat jelölnek.

2009-ben, szabadföldi körülmények között nevelt bazsalikom fajtáknál megállapítottuk, hogy a kiegészítő öntözésnek csak az egyik fajta ('Kasia') parcelláin volt kimutatható hatása a klorofill tartalomra (21. ábra). A fajta és az öntözés között gyenge kölcsönhatás volt. A fajták hatása szignifikánsnak bizonyult. Az öntözött parcellák esetében a 'Genovese' fajta klorofill tartalma szignifikánsan magasabb volt a másik három fajtáénál, az öntöztelen növények között azonban nem lehetett statisztikailag igazolható különbséget kimutatni.

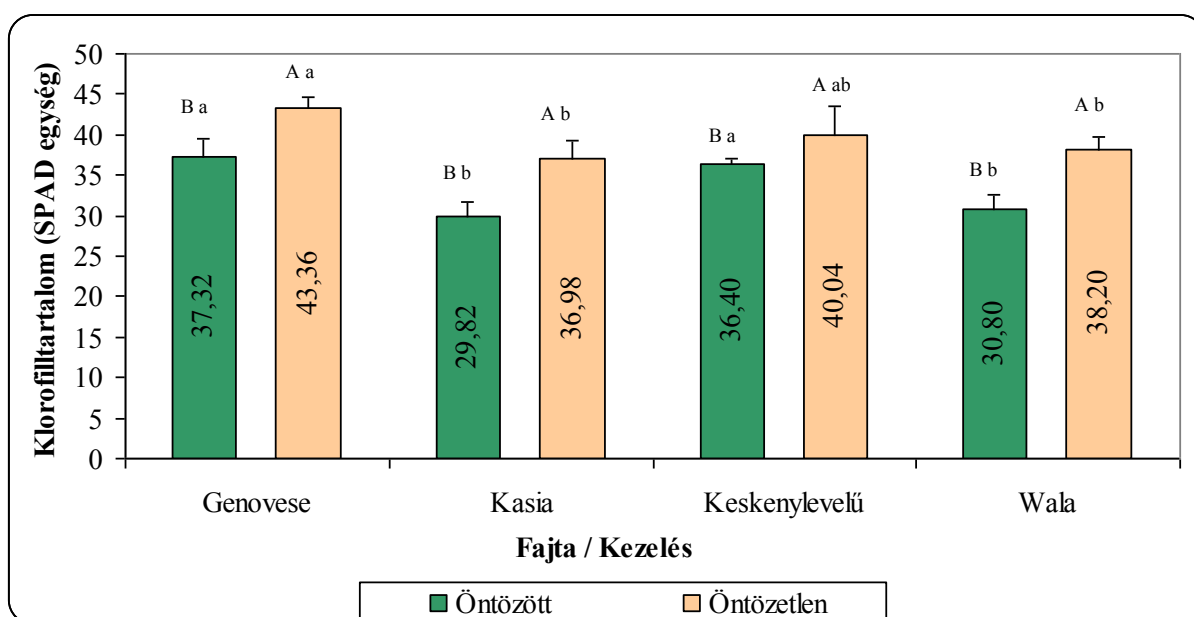




**21. ábra A kiegészítő öntözés hatása a bazsalikom fajták klorofill tartalmára (Soroksár, 2009)**

Jelmagyarázat: Az eltérő betűk statisztikailag elkülöníthető csoportokat jelölnek. Kis betűvel jelöltük a fajta hatását, rögzített kezelés esetében. Nagy betűvel jelöltük a kezelés hatását rögzített fajta esetében.

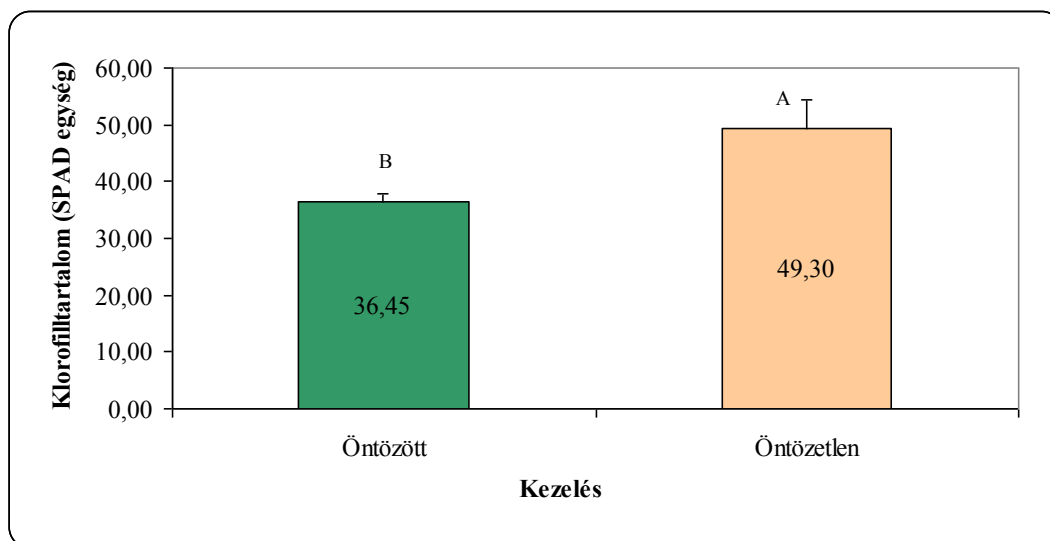
2010-ben statisztikailag kimutatható hatása volt a kiegészítő öntözésnek, valamint a fajták hatása is megnyilvánult. A két tényező között kölcsönhatás azonban nem volt kimutatható (22. ábra). Az öntözött parcellák (átlag 33,6 SPAD egység) esetében szignifikánsan kisebb klorofill tartalmat mértünk, mint az öntöztelen növényekben (39,6 SPAD egység). A fajtákat összehasonlítva megállapítható, hogy a 'Genovese' (40,3) és a 'Keskenylevelű' fajta (38,2) klorofill tartalma szignifikánsan magasabbnak adódott a másik két vizsgált fajtához ('Kasia'=33,4; 'Wala'=34,5) képest.



**22. ábra A kiegészítő öntözés hatása a bazsalikom fajták klorofill tartalmára (2010, Soroksár)**

Jelmagyarázat: Az eltérő betűk statisztikailag elkülöníthető csoportokat jelölnek. Kis betűvel jelöltük a fajta hatását, rögzített kezelés esetében. Nagybetűvel jelöltük a kezelés hatását rögzített fajta esetében.

A konténeres kísérletben a gyengébb vízellátás hatására a növények klorofill tartalma jelentős mértékben, mintegy 36 %-kal emelkedett (23. ábra).



**23. ábra Az eltérő öntözés hatása a bazsalikom klorofill tartalmára (Konténeres kísérlet, 2010)**  
Jelmagyarázat: Az eltérő betűk statisztikailag elkülöníthető csoportokat jelölnek.

#### 4.1.3. A vízellátottság hatása a bazsalikom relatív víztartalmára

A csökkenő vízellátás hatására mindkét kísérleti évben csökkent a növények relatív víztartalma (7. táblázat). 2009-ben mindhárom kezelés szignifikánsan eltért egymástól, míg 2010-ben a kontroll és S1 kezelés statisztikailag nem volt egymástól elkülöníthető – noha az átlag értékek a szárazabb talajban csökkentek-, míg az S2 szignifikánsan alacsonyabb értékeket eredményezett.

**7. táblázat Az eltérő talaj vízkapacitások hatása a bazsalikom relatív víztartalmára (Fitotron, 2009, 2010)**

Kísérlet éve/fajta	Relatív víztartalom (%) (átlag±szórás)		
	K (TVK=70 %)	S1 (TVK=50 %)	S2 (TVK=30 %)
2009 / 'Genovese'	97,54 ± 3,11 A	84,76 ± 4,56 B	77,47 ± 2,37 C
2010 / 'Genovese'	81,83 ± 3,42 A	78,41 ± 4,65 A	65,45 ± 0,81 B

Jelmagyarázat: a soronként eltérő betűk statisztikailag elkülöníthető csoportokat jelölnek.

#### 4.1.4. A vízellátottság hatása a bazsalikom sztóma konduktanciájára

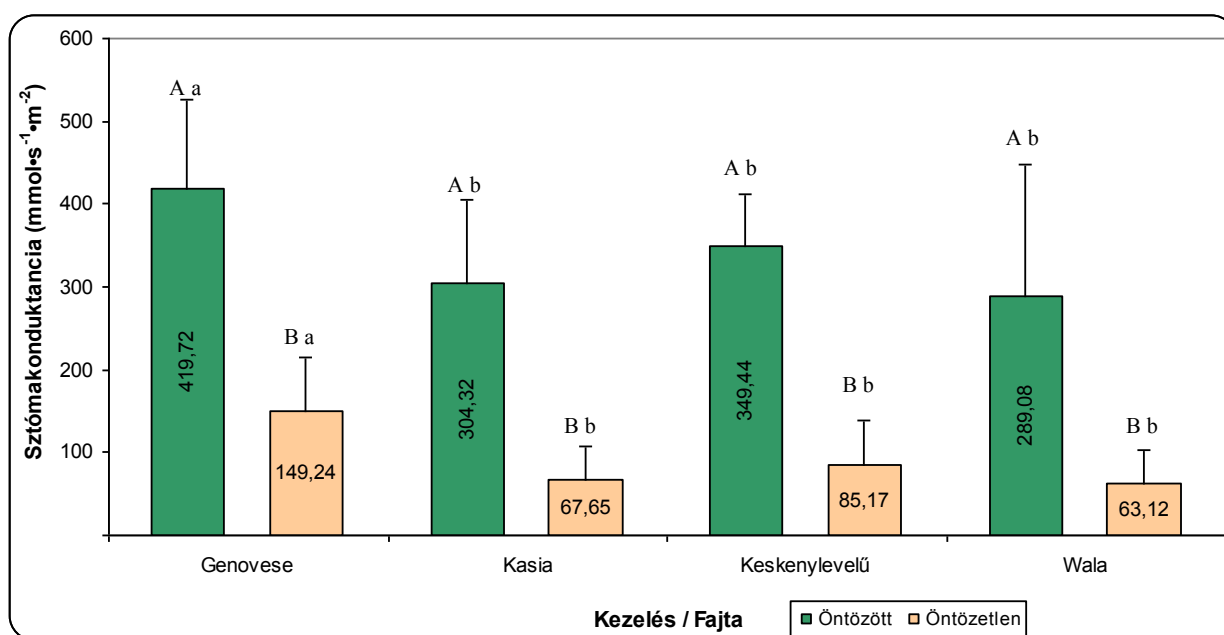
A növények sztóma konduktanciája – a várakozásoknak megfelelően - jelentős mértékben csökkent, ha a talaj vízellátottsága alacsonyabb volt. Klímakamrában a három beállított talaj víztartalom esetében 2009-ben és 2010-ben is három, statisztikailag jól elkülöníthető csoportot kaptunk, ahol a legmagasabb sztómakonduktanciával a kontroll, míg a legalacsonyabbal az S2 kezelésben részesített növények rendelkeztek (8. táblázat). A két szélsőérték között közel egy nagyságrendnyi különbséget mértünk.

8. táblázat Az eltérő talaj vízkapacitások hatása a bazsalikom sztóma konduktanciájára (Fitotron, 2009, 2010)

Kísérlet éve/fajta	Sztómakonduktancia ( $\text{mmol} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{m}^{-2}$ ) (átlag±szórás)		
	K (TVK=70 %)	S1 (TVK=50 %)	S2 (TVK= 30%)
2009 / 'Genovese'	131,12 ± 36,41 A	62,08 ± 28,21 B	22,82 ± 8,69 C
2010 / 'Genovese'	115,50 ± 37,74 A	23,97 ± 8,79 B	12,31 ± 2,26 C

Jelmagyarázat: a soronként eltérő betűk statisztikailag elkülöníthető csoportokat jelölnek.

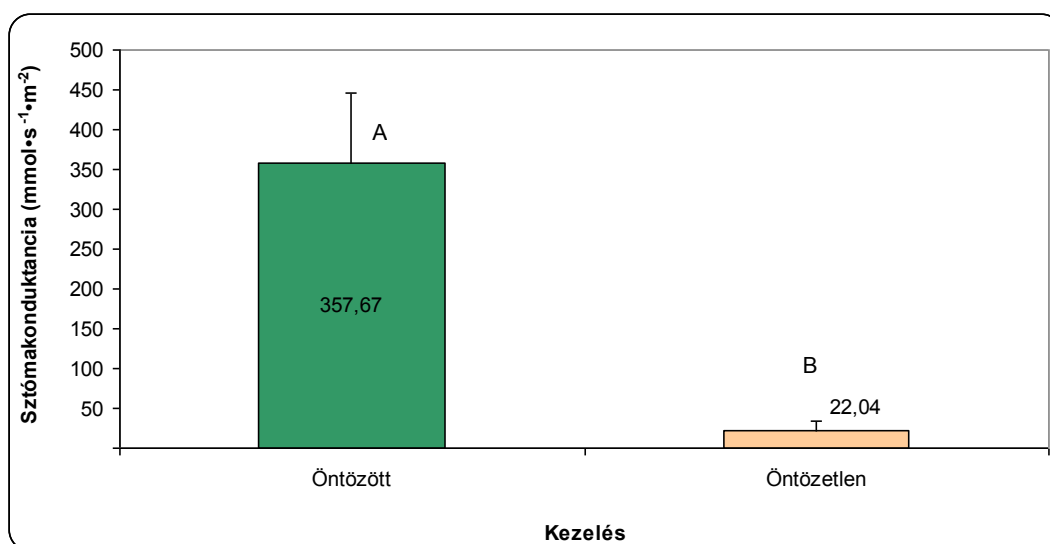
2009-ben 4 fajtát vizsgálva megállapítottuk, hogy az öntözés és a fajtahatás között nincs kimutatható kölcsönhatás. A kiegészítő öntözés mind a négy vizsgált fajta esetében a sztómakonduktancia jelentős (3-4,5-szeres), szignifikáns emelkedésével járt együtt (24. ábra). A 'Genovese' fajta esetében öntözött és öntöztetlen állományokban is szignifikánsan magasabb konduktanciát mértünk, mint a másik három vizsgált fajtában.



24. ábra A kiegészítő öntözés hatása a szabadföldön nevelt bazsalikom sztóma konduktanciájára (Soroksár, 2009)

Jelmagyarázat: Az eltérő betűk eltérő statisztikailag elkülöníthető csoportokat jelölnek. Kis betűvel jelöltük a fajta hatását, rögzített kezelés esetében. Nagy betűvel jelöltük a kezelés hatását rögzített fajta esetében.

2010-ben, a konténerben nevelt bazsalikom növények esetében az előző kísérletekben tapasztaltakhoz képest még erőteljesebb eltéréseket mértünk. Az alacsonyabb vízellátás hatására az öntöztetlen növények sztómakonduktanciája több mint egy nagyságrenddel csökkent az öntözött kezelés növényeihez képest (25. ábra).



25. ábra Az eltérő vízellátás hatása a konténerben nevelt *O. basilicum* 'Genovese' fajta sztóma konduktanciájára (Soroksár, 2010)

Jelmagyarázat: Az eltérő betűk eltérő statisztikailag elkülöníthető csoportokat jelölnek.

## 4.2. A vízellátottság hatása a borsfű egyes élettani jellemzőire

### 4.2.1. A vízellátottság hatása a borsfű vízpotenciáljára

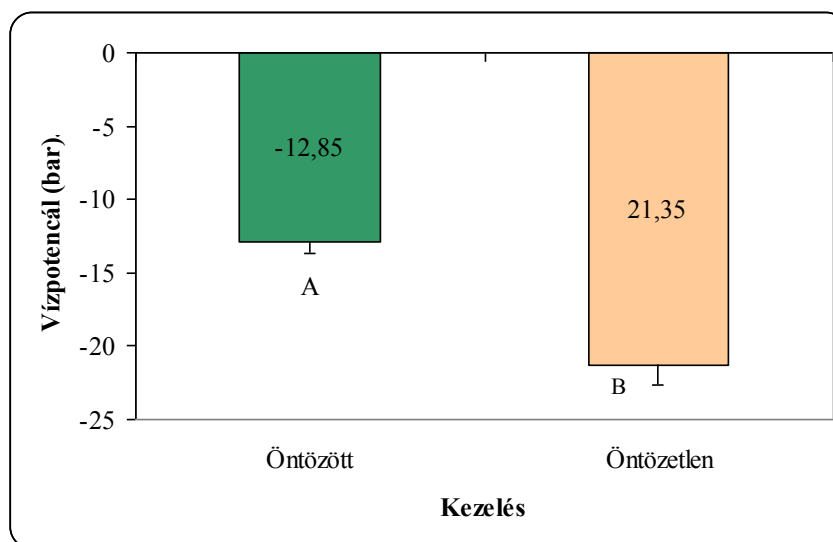
A fitotronban nevelt borsfű növények esetében, a kísérlet mindhárom évében megnyilvánult az alacsonyabb talaj vízkapacitások negatív hatása a növények vízpotenciáljára (9. táblázat). Annak ellenére, hogy 2008-ban más közegben neveltük a növényeket, a vízpotenciál értékek alakulása nem volt jelentősen eltérő a kísérletek másik két évéhez viszonyítva. A legmagasabb vízpotenciállal mindhárom ciklus során a kontroll kezelés növényei bírtak. A 2008-as évben az S1 kezelés növényei sem tértek el attól szignifikánsan. Kiemelendő, hogy a 2010-es ciklus során az S1 és S2 kezelések esetében a kontrollhoz képest háromszor, illetve ötször negatívabb vízpotenciált mértünk.

9. táblázat Az eltérő talaj vízkapacitások hatása a fitotronban nevelt borsfű növények vízpotenciáljára (Fitotron, 2008-2010)

Kísérlet éve/fajta	Vízpotenciál (bar) (átlag±szórás)		
	K (TVK=70 %)	S1 (TVK=50 %)	S2 (TVK=30 %)
2008 / 'Budakalászi'	-6,41 ± 0,58 A	-6,84 ± 0,91 A	-9,23 ± 1,34 B
2009 / 'Budakalászi'	-7,07 ± 0,84 A	-8,45 ± 1,17 B	-9,70 ± 1,09 B
2010 / 'Budakalászi'	-5,22 ± 0,67 A	-15,83 ± 1,77 B	-25,11 ± 1,14 C

Jelmagyarázat: a soronként eltérő betűk statisztikailag elkülöníthető csoportokat jelölnek.

A konténeres kísérlet során az öntözött konténerekben nevelt növényekhez képest az alacsonyabb vízellátás hatására negatívabbá vált a növények vízpotenciálja. Ennek mértéke megközelítőleg duplája az öntözött kezelés értékeinek (26. ábra).



**26. ábra Az eltérő vízellátás hatása a konténerben nevelt borsfű vízpotenciáljára (Soroksár, 2010 Soroksár)**

Jelmagyarázat: Az eltérő betűk statisztikailag elkülöníthető csoportokat jelölnek.

#### 4.2.2. A vízellátottság hatása a borsfű klorofill tartalmára

A klímakamrában nevelt borsfűvek esetében két évben (2008, 2010) vizsgáltuk, hogy az eltérően beállított talaj vízkapacitások hogyan befolyásolják a növények klorofill tartalmát (10. táblázat). A 2008-as évben nem észleltünk statisztikailag kimutatható eltérést a kezelések között. 2010-ben viszont egyértelműen látszott, hogy a csökkenő vízellátás negatív korrelációban áll a klorofill tartalommal. Mindhárom kezelés hatására statisztikailag elkülöníthető csoportokat kaptunk.

**10. táblázat Az eltérő talaj vízkapacitások hatása a borsfű növények klorofill tartalmára (2008, 2010, Fitotron)**

Kísérlet éve/fajta	Klorofilltartalom ( SPAD egység átlag ± szórás)		
	K (TVK=70 %)	S1 (TVK=50 %)	S2 (TVK=30 %)
2008 / 'Budakalászi'	41,23 ± 2,01 A	40,25 ± 4,83 A	39,64 ± 4,67 A
2010 / 'Budakalászi'	45,12 ± 3,03 C	57,37 ± 1,73 B	65,47 ± 1,62 A

Jelmagyarázat: a soronként eltérő betűk statisztikailag elkülöníthető csoportokat jelölnek.

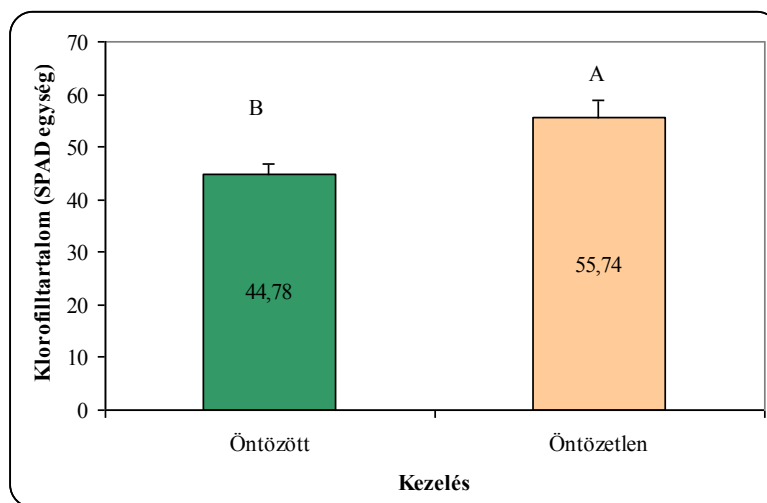
A szabadföldi körülmények között végzett kísérletek során viszont azt tapasztaltuk, hogy a kiegészítő öntözés nem befolyásolta a borsfű növények klorofill tartalmát (11. táblázat).

**11. táblázat A kiegészítő öntözés hatása a borsfű növények klorofill tartalmára (2009, 2010, Soroksár)**

Kísérlet éve/fajta	Klorofilltartalom ( SPAD egység átlag ± szórás)		
	Öntözött	Öntözetlen	Statisztika
2008 / 'Budakalászi'	32,67 ± 12,12	35,83 ± 2,38	ns
2009 / 'Budakalászi'	Nincs adat		
2010 / 'Budakalászi'	32,58 ± 2,59	35,70 ± 2,56	ns

Jelmagyarázat: ns – nem szignifikáns

A konténeres kísérletben a borsfű növények klorofill tartalma szignifikánsan megváltozott a vízellátás hatására. A szárazságnak erősebben kitett növények esetében a levelek klorofill tartalma mintegy 25 %-kal magasabb volt, mint a vízzel jól ellátott növényeknél (27. ábra).

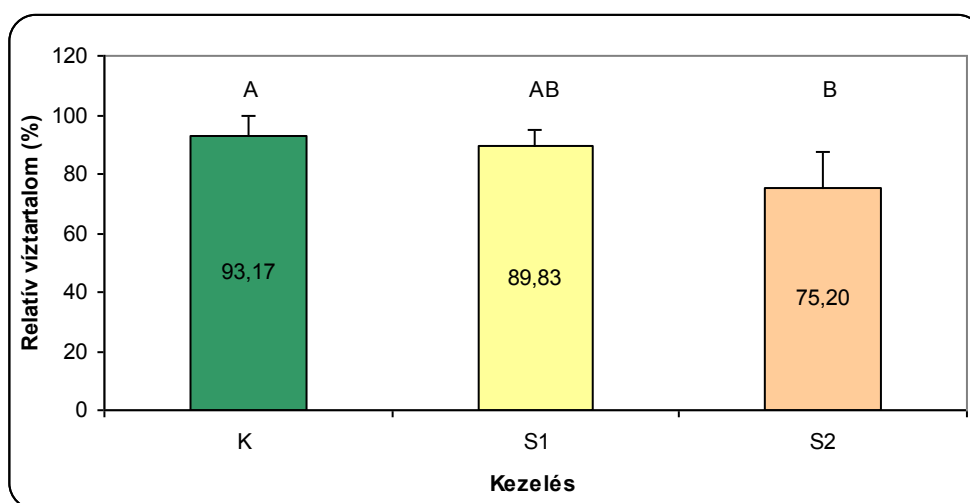


**27. ábra** Az eltérő vízellátás hatása a konténerben nevelt borsfű növények klorofill tartalmára (2010, Soroksár)

Jelmagyarázat: Az eltérő betűk statisztikailag elkülöníthető csoportokat jelölnek.

#### 4.2.3. A vízellátottság hatása a borsfű relatív víztartalmára

A borsfű növények levelének víztartalma egy alkalommal került meghatározásra. A post hoc összehasonlítás során 2 csoportot tudtunk elkülöníteni (28. ábra). A kontroll és az S2 kezeléshez tartozó növények szignifikánsan különböztek egymástól, míg az S1 kezelés esetében mért értékek nem különböztek a K és S2 kezelésektől.

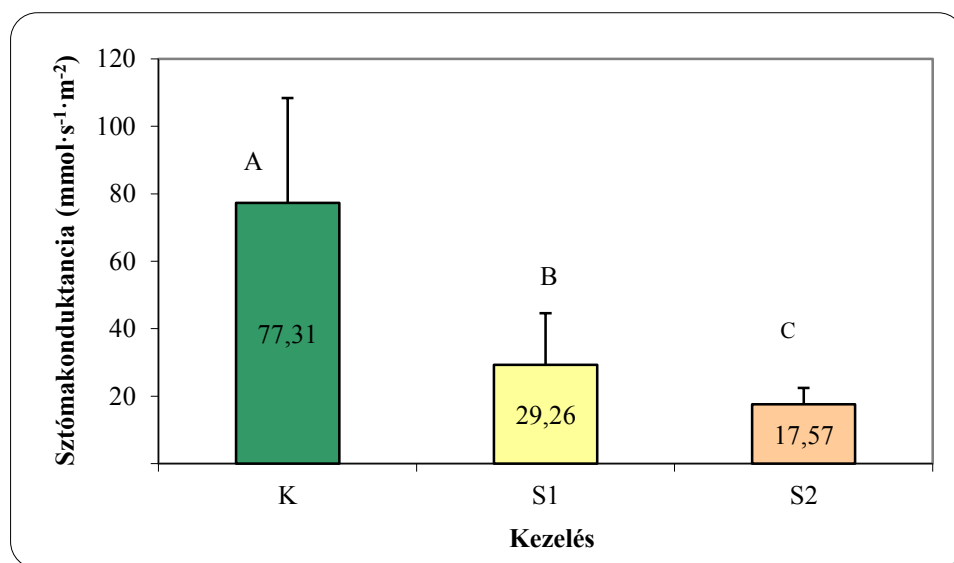


**28. ábra** Az eltérő talaj vízkapacitás hatása a borsfű relatív víztartalmára (Fitotron, 2010)

Jelmagyarázat: Az eltérő betűk statisztikailag elkülöníthető csoportokat jelölnek.

#### 4.2.4. A vízellátottság hatása a borsfű sztóma konduktanciájára

A borsfű keskeny levelei miatt az első években nem volt lehetőség a sztómák nyitottságát vizsgálni. 2010-ben azonban az alsóbb levelek megfelelő szélességgel rendelkeztek, hogy kellően elfedjék a porométer mintavételező nyílását. A három beállított kezelés esetében mért értékek szignifikánsan különböztek egymástól. Legmagasabb értékeket a kontrollnál, míg a legalacsonyabbakat az S2 kezelésben mértünk (29. ábra). Ez utóbbi értéke a kontroll növények sztómakonduktanciájának negyedét sem érte el.



29. ábra Az eltérő talaj vízkapacitások hatása a borsfű sztóma konduktanciájára (2010, Fitotron)  
Jelmagyarázat: Az eltérő betűk statisztikailag elkülöníthető csoportokat jelölnek.

### 4.3. Eltérő vízellátottság hatása a bazsalikom növénymagasságára és produkciójára

#### 4.3.1. Az eltérő vízellátottság hatása a bazsalikom magasságára

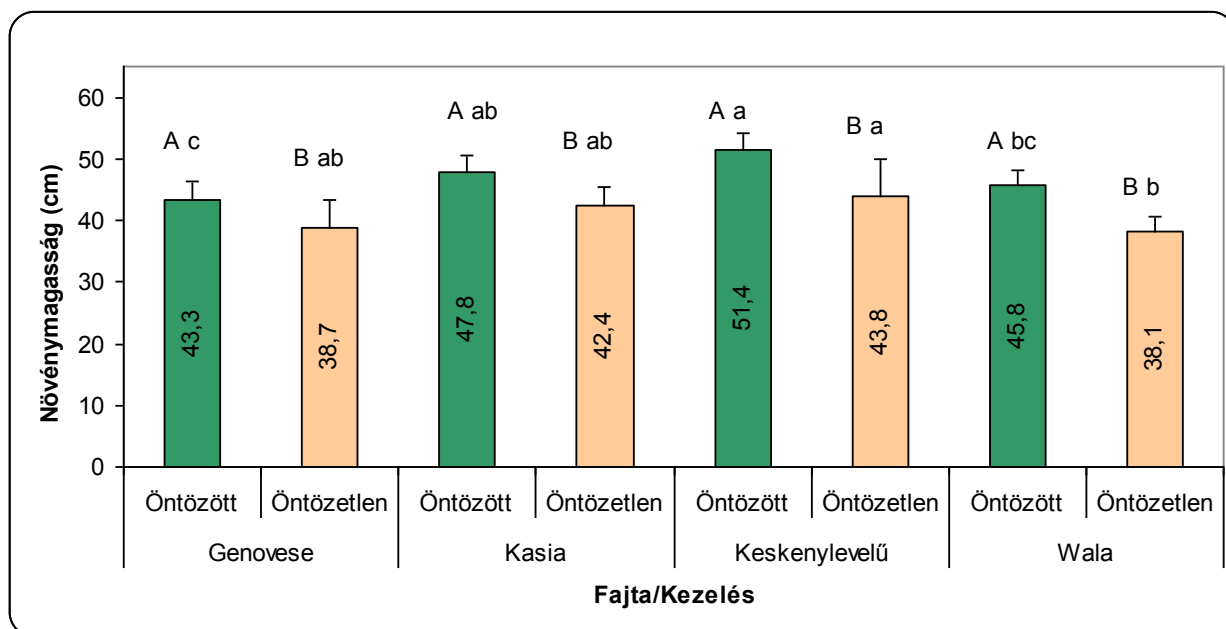
A klímakamrában végzett kísérletek során két évben, 2009-ben és 2010-ben került sor a bazsalikom növények magasságának felvételezésére (12. táblázat). Mindkét évben megállapítható volt, hogy az eltérő talaj vízkapacitások hatására jelentős különbségek mutatkoztak a bazsalikom növények magasságában. A csökkenő talaj víztartalom hatására szignifikáns különbséget mutattunk ki mindhárom kezelés között.

12. táblázat A fitotronban nevelt növények magasságának változása az eltérő talaj vízkapacitás tükrében (Fitotron, 2009-2010)

Kísérlet éve/fajta	Növénymagasság (cm, átlag ± szórás)		
	K (TVK=70 %)	S1 (TVK=50 %)	S2 (TVK=30 %)
2009 / 'Genovese'	70,78 ± 3,96 A	63,40 ± 3,69 B	57,33 ± 5,41 C
2010 / 'Genovese'	60,09 ± 5,75 A	56,30 ± 5,15 B	44,91 ± 4,25 C

Jelmagyarázat: a soronként eltérő betűk statisztikailag elkülöníthető csoportokat jelölnek.

Szabadföldi körülmények között megállapítottuk, hogy a kiegészítő öntözésnek és a fajtának egyaránt volt hatása a növénymagasságra. A fajták és az öntözés között nem volt igazolható kapcsolat (30. ábra). Az öntözés mind a 4 vizsgált bazsalikomfajta esetében szignifikánsan (átlagosan 6 %-kal) magasabb növényeket eredményezett. A 'Keskenylevelű' fajta növényei nőttek a legmagasabbra (mindkét vízellátás átlagát tekintve 47,6 cm) míg a 'Genovese' fajta volt a legalacsonyabb (41,0 cm).

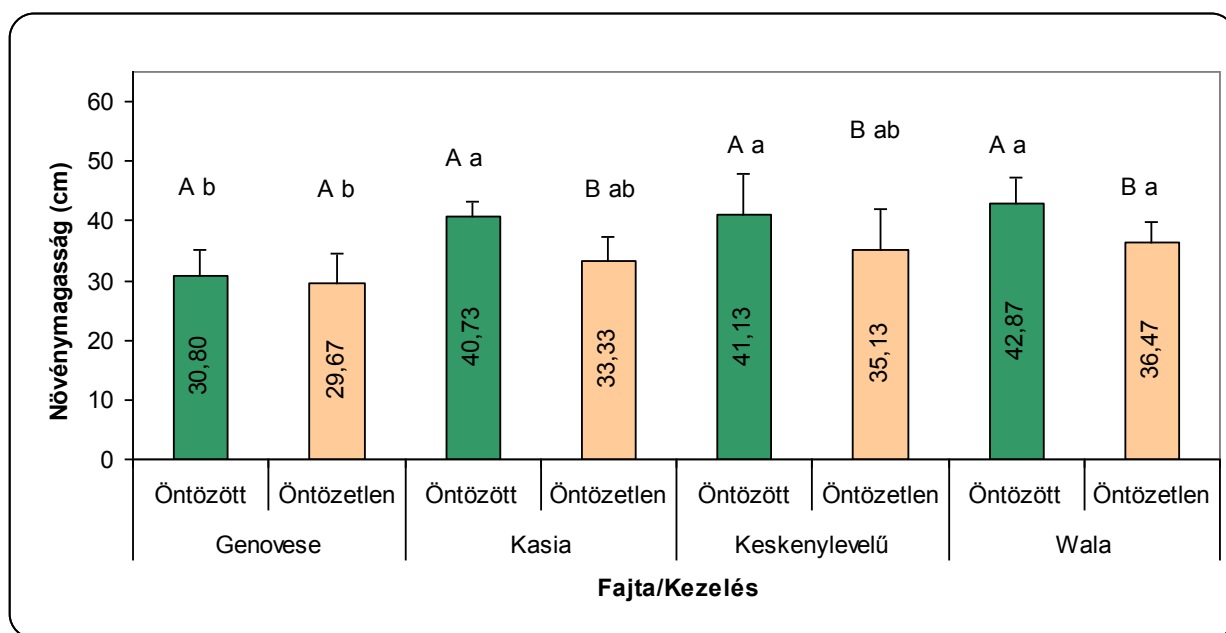


**30. ábra A kiegészítő öntözés hatása a bazsalikom fajták növénymagasságára (Soroksár, 2009)**

Jelmagyarázat: Az eltérő betűk statisztikailag elkülöníthető csoportokat jelölnek. Kis betűvel jelöltük a fajta hatását, rögzített kezelés esetében. Nagy betűvel jelöltük a kezelés hatását rögzített fajta esetében.

2010-ben a kiegészítő öntözésnek és a fajtának is volt kimutatható hatása, azonban a két tényező között nem állt fenn kölcsönhatás (31. ábra). A kiegészítő öntözés hatására a növény átlagosan 5,2 cm-rel magasabbra nőttek, mint az öntözetlenek. Az előző évtől eltérően, a 'Wala' fajta növényei voltak a legmagasabbak (mindkét vízellátási kezelés átlagát tekintve 39,7 cm), míg a 'Genovese' fajtánál a legalacsonyabbak (30,2 cm).

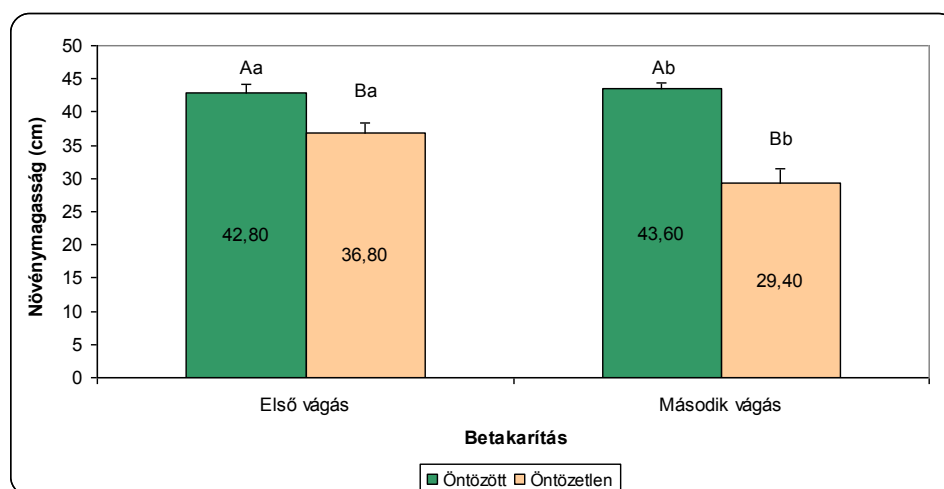




**31. ábra A kiegészítő öntözés hatása a bazsalikom fajták növénymagasságára (Soroksár, 2010)**

Jelmagyarázat: Az eltérő betűk statisztikailag elkülöníthető csoportokat jelölnek. Kis betűvel jelöltük a fajta hatását, rögzített kezelés esetében. Nagy betűvel jelöltük a kezelés hatását rögzített fajta esetében.

2010-ben, a konténerben nevelt növényeknél mind az eltérő vízellátásnak, mind pedig a betakarítási időpontnak kimutatható hatása volt a növények magasságára (32. ábra). A két tényező között kölcsönhatás állapítható meg. A jobb vízellátás következtében a növények magasabbra nőttek, mint a csökkentett öntözés mellett. A két betakarítási időpont erősen befolyásolta a növények magasságát: az első betakarítás során az öntözött növényekhez képest 14%-kal alacsonyabb növényeket mértünk az öntöztelen kezelés esetében. Ez a különbség a második betakarítás során megduplázódott (33%), mivel az öntözött növények jobban tudtak regenerálódni.



**32. ábra Az eltérő vízellátottság hatása a konténerben nevelt bazsalikomok növénymagasságára (2010, Soroksár)**

Jelmagyarázat: Az eltérő betűk statisztikailag elkülöníthető csoportokat jelölnek. Kis betűvel jelöltük a betakarítási időpont hatását, rögzített kezelés esetében. Nagybetűvel jelöltük a kezelés hatását rögzített betakarítási időpont esetében.

#### 4.3.2. Az eltérő vízellátás hatása a bazsalikom friss tömegére

Az eltérő vízellátottság jelentős hatást gyakorolt a növénynevelő kamrákban nevelt bazsalikom növények friss tömegére. Megfigyeléseink alapján a csökkenő vízellátottság hatására a növények szemmel láthatóan kisebb levélfelületet fejlesztettek (33. ábra), ez a különbség a növények friss tömegének lemérése során is megmutatkozott. A legnagyobb friss tömeget mindhárom évben a kontroll kezelés (TVK 70 %-a) adta (13. táblázat). Mindhárom beállított talaj vízkapacitás hatására szignifikánsan eltérő friss tömegeket kaptunk. A friss tömeg és a növénymagasság között erős, pozitív korrelációt tapasztaltunk ( $r_{2009}=0,753$ ;  $r_{2010}=0,764$ ).



33. ábra *O. basilicum* 'Genovese' növények fejlődése az eltérő vízellátás hatására (Balról jobbra: K, S1, S2 kezelések) (Fotó: Radácsi, Budapest, 2009)

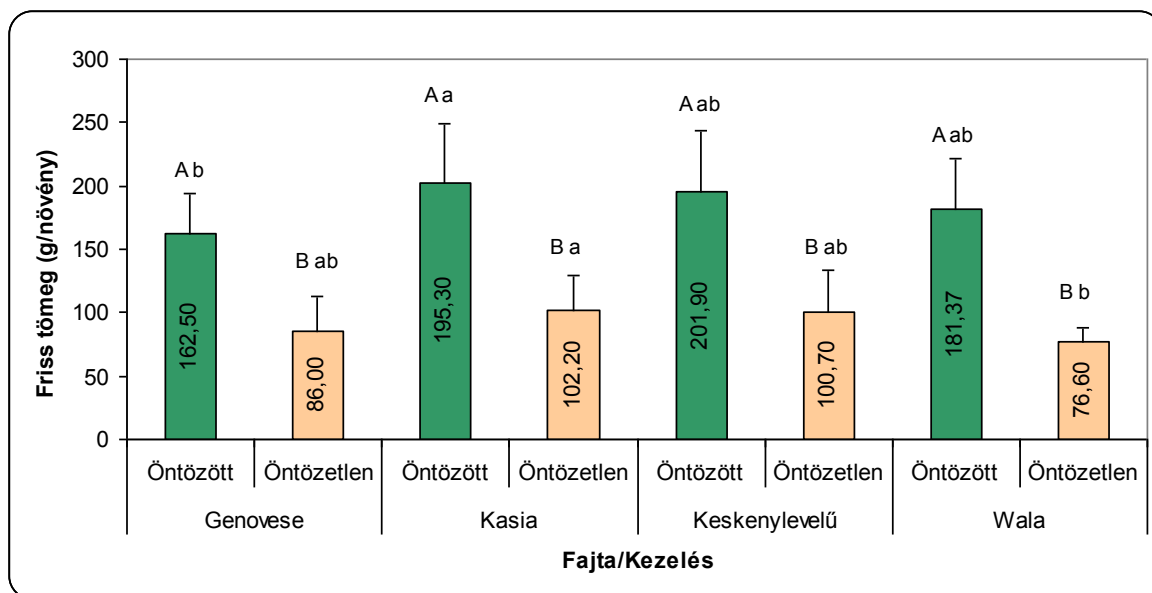
13. Táblázat Az eltérő vízellátottság hatása a bazsalikom friss tömegére (Fitotron, 2008-2010)

Kísérlet éve/fajta	Friss tömeg (g/cserép, átlag $\pm$ szórás)		
	K (TVK=70 %)	S1 (TVK=50 %)	S2 (TVK=30 %)
2008 / 'Keskenylevelű'	29,17 $\pm$ 3,89 A	24,04 $\pm$ 2,74 B	20,75 $\pm$ 2,19 C
2009 / 'Genovese'	110,11 $\pm$ 19,22 A	87,80 $\pm$ 7,00 B	56,56 $\pm$ 3,74 C
2010 / 'Genovese'	102,00 $\pm$ 9,28 A	78,82 $\pm$ 7,35 B	52,65 $\pm$ 4,65 C

Jelmagyarázat: a soronként eltérő betűk statisztikailag elkülöníthető csoportokat jelölnek.

2009-ben a kiegészítő öntözés pozitív hatása a szabadföldön nevelt növények friss biomassza hozamára jelentős mértékben megnyilvánult (34. ábra). A klímakamrában végzett kísérletektől, eltérően nem egy, hanem 4 bazsalikom fajtánál vizsgáltuk az öntözés hatását. A fajta és a vízellátás között nem volt kölcsönhatás. Az öntözött parcellákon a növények mind a négy fajta esetében szignifikánsan magasabb friss tömeget fejlesztettek az öntözetlen növényekhez képest. Az öntözés hatására az összes vizsgált fajta esetében hasonló arányban,

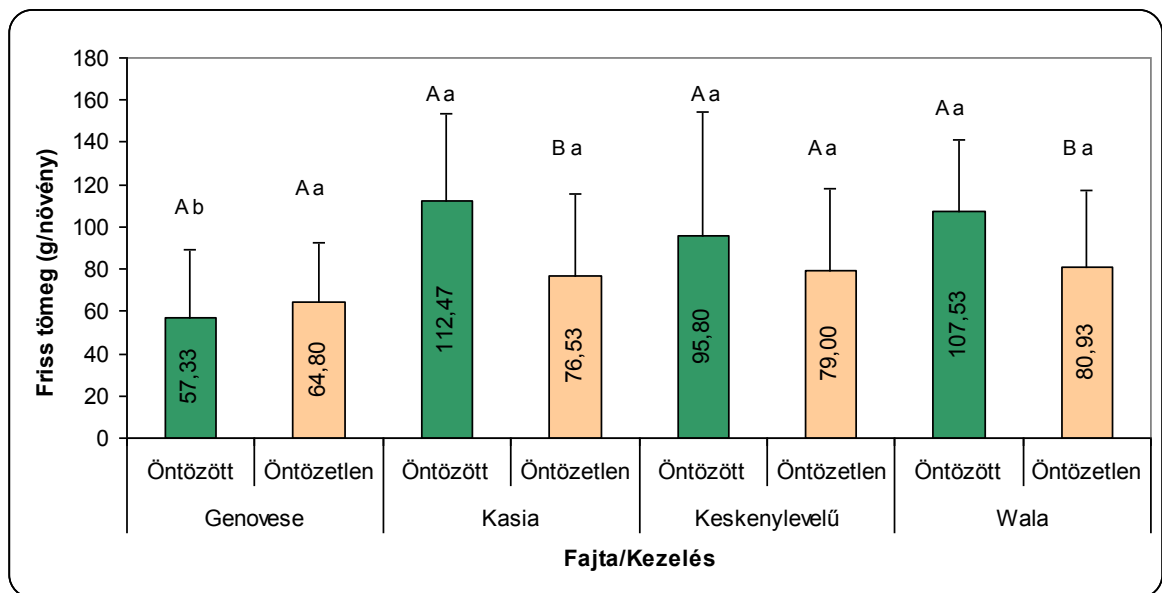
mintegy kétszeresére emelkedett a növényenként mérhető friss tömeg. A fajtákat összehasonlítva mind az öntözött, mind az öntöztelen parcellák esetében megállapítható, hogy a legnagyobb friss tömeget a 'Kasia' fajta fejlesztette, míg a 'Genovese' fajta produkálta a legalacsonyabb értékeket. A frisstömeg és növénymagasság között ekkor is erős, pozitív korreláció állt fenn ( $r=0,731$ ).



**34. ábra A kiegészítő öntözés hatása 4 bazsalikom fajta friss tömegére (Soroksár, 2009)**

Jelmagyarázat: Az eltérő betűk statisztikailag elkülöníthető csoportokat jelölnek. Kis betűvel jelöltük a fajta hatását, rögzített kezelés esetében. Nagy betűvel jelöltük a kezelés hatását rögzített fajta esetében.

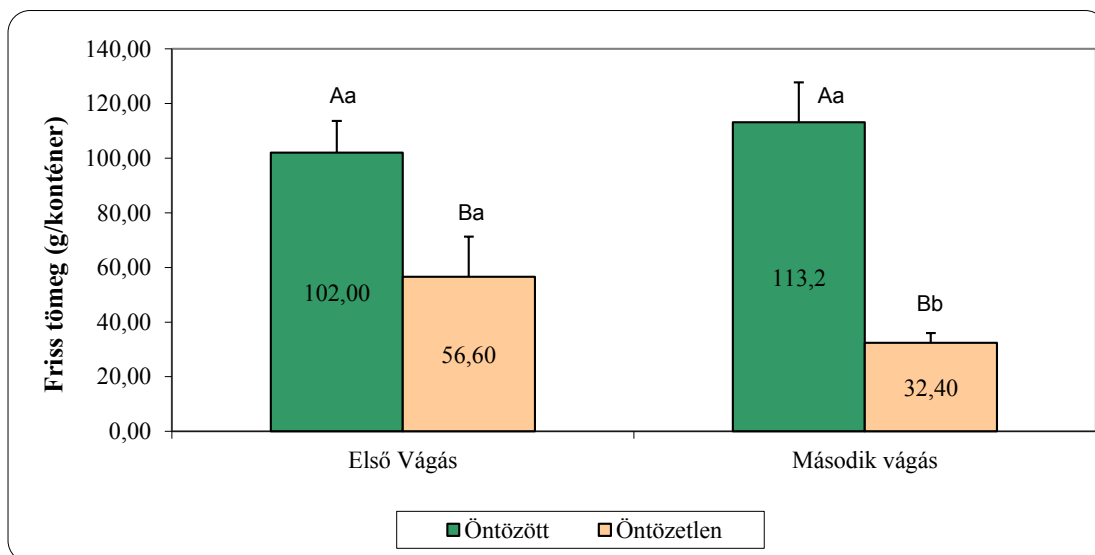
2010-ben a csapadékos időjárás hatására a kijuttatott öntözővíz hatása nem érvényesült olyan mértékben, mint az azt megelőző évben (35. ábra). Az öntözés és a fajták hatása között nem volt kimutatható kölcsönhatás. Az öntözés hatása csak két fajta, a 'Kasia' és a 'Wala' esetében okozott szignifikáns eltérést a kontrollhoz képest. Valószínűleg a kiemelkedően nedves, csapadékos nyár következtében a növények az előző évhez képest kisebb friss tömeget fejlesztettek. Az öntözött parcellákon a 'Genovese' fajta friss tömege ismét szignifikánsan alacsonyabbnak mutatkozott, mint a másik három vizsgált fajtáé. Az öntöztelen parcellákon a fajták hatása nem nyilvánult meg kimutatható módon. A friss tömeg és a növénymagasság között ismét erős pozitív kölcsönhatást igazoltunk ( $r=0,697$ ).



**35. ábra A kiegészítő öntözés hatása 4 bazsalikom fajta friss tömegére (Soroksár, 2010)**

Jelmagyarázat: Az eltérő betűk statisztikailag elkülöníthető csoportokat jelölnek. Kis betűvel jelöltük a fajta hatását, rögzített kezelés esetében. Nagy betűvel jelöltük a kezelés hatását rögzített fajta esetében.

2010-ben, a fedett területen, konténerben nevelt *O. basilicum* 'Genovese' növényeknél a vízellátás és a betakarítási időpont között kölcsönhatás volt megfigyelhető. Megállapítható, hogy az alacsonyabb vízellátáson nevelt növények 50-70 %-kal alacsonyabb hozamot produkáltak, mint a nagyobb talaj víztartalmon nevelt társaik (36. ábra). Az eltérő öntözővíz mennyiségének hatása mind a két betakarítás során szignifikáns volt. A betakarítás időpontja önmagában nem okozott kimutatható változást a növények friss tömegében, azonban fokozta az alacsonyabb vízellátottság friss tömegre gyakorolt negatív hatását. A mért értékek közül a legmagasabb értéket a második vágás esetén az öntözött (113,2 g/konténer), míg a legalacsonyabb értéket szintén a második vágás esetén az öntöztelen növények (32,4 g/konténer) adták. A növénymagasság és a friss tömeg között, a két vágás értékeit összesítve erős, pozitív korrelációt állapítottunk meg ( $r=0,904$ ).



**36. ábra Az eltérő vízellátás hatása az *O. basilicum* 'Genovese' növények friss tömegére (Soroksár, 2010)**  
 Jelmagyarázat: Az eltérő betűk statisztikailag elkülöníthető csoportokat jelölnek. Kis betűvel jelöltük a betakarítási időpont hatását, rögzített kezelés esetében. Nagybetűvel jelöltük a kezelés hatását rögzített betakarítási időpont esetében.

#### 4.3.3. Az eltérő vízellátottság hatása a bazsalikom drogtömegére

Az eltérő talaj vízkapacitáson nevelt növények esetében nem csupán a friss biomassza tömege, hanem ezzel szoros összefüggésben a száraz tömeg (drogtömeg) is változott (14. táblázat).

2008-ban a klímakamrában, a 'Keskenylevelű' fajta drogtömege a talaj vízkapacitás 70 %-án nevelve szignifikánsan magasabb volt, mint a másik két, alacsonyabb víztartalommal nevelt növényeknél. Megállapítható, hogy a növények friss és száraz tömege között erős, pozitív kölcsönhatás áll fenn ( $r=0,943$ ).

2009-ben és 2010-ben a TVK 70- és 50 %-án nevelt növények között nem volt statisztikailag kimutatható különbség, noha az átlag értékek csökkentek. Ehhez képest a legalacsonyabb vízellátáson nevelt növények drogtömege mindkét évben szignifikánsan alacsonyabbnak mutatkozott. A friss- és a száraz tömegek között mindkét évben erős összefüggés volt tapasztalható (2009-ben  $r=0,895$ ; 2010-ben  $r=0,793$ ).

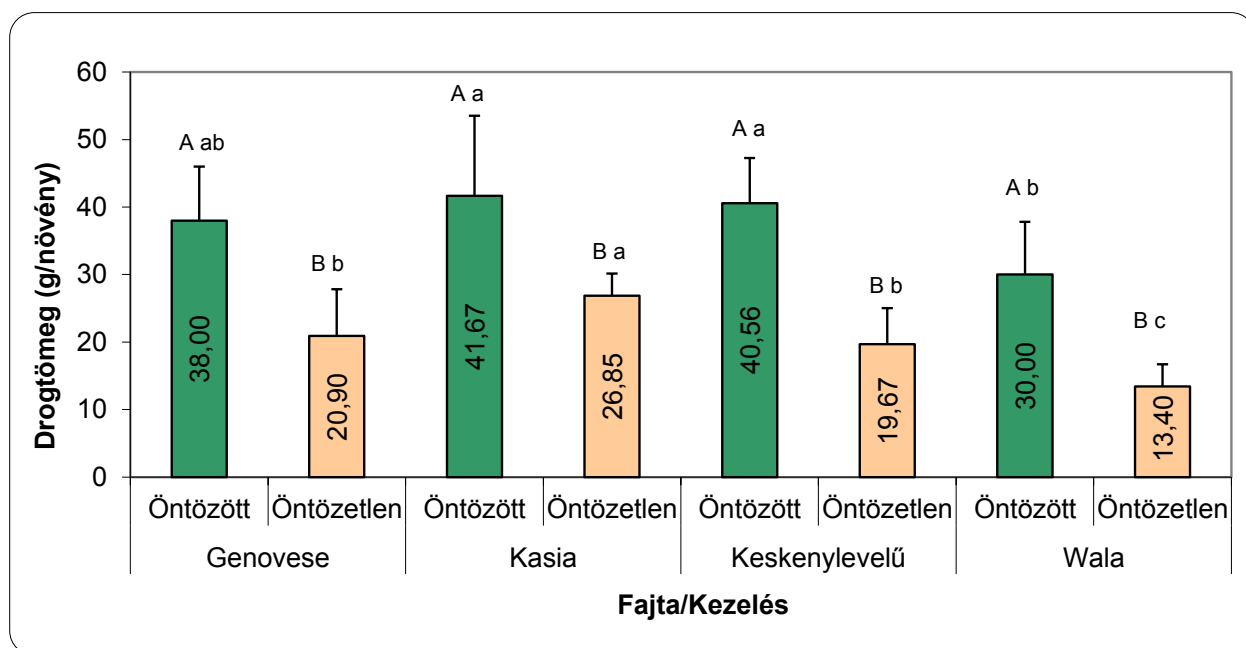
Mindhárom évben megfigyelhető, hogy az eltérő talaj vízkapacitású kezelések hatására eltérően alakult a friss és száraz tömegek közötti viszony. Míg a friss tömegek esetében mindhárom évben jól elkülönül a kezelések hatása, addig a száraz tömegek esetében jobbra a legalacsonyabb talaj vízkapacitás okozott csak igazolhatóan alacsonyabb drog tömeget.

14. táblázat Az eltérő vízellátottság hatása a fitotronban nevelt bazsalikom drogtömegére (Fitotron, 2008-2010)

Kísérlet éve/fajta	Drogtömeg (g/cserép, átlag ± szórás)		
	K (TVK=70 %)	S1 (TVK=50 %)	S2 (TVK=30 %)
2008 / 'Keskenylevelű'	6,48 ± 0,89 A	5,38 ± 0,60 B	4,71 ± 0,73 B
2009 / 'Genovese'	15,22 ± 2,86 A	13,30 ± 1,89 A	10,00 ± 1,50 B
2010 / 'Genovese'	11,95 ± 1,96 A	10,65 ± 1,30 A	8,47 ± 1,20 B

Jelmagyarázat: a soronként eltérő betűk statisztikailag elkülöníthető csoportokat jelölnek.

2009-ben, szabadföldi körülmények között, a kiegészítő öntözés hatása egyértelműen megmutatkozott a növények száraz tömegére (37. ábra). Az öntözés és a fajta hatás között nem volt kölcsönhatás. Minden fajta esetében az öntözés hatására szignifikánsan nagyobb lett a drogtömeg. Az öntözött parcellák esetében a 'Kasia' és a 'Keskenylevelű' fajták nem különültek el egymástól, míg a 'Wala' szignifikánsan a legalacsonyabb drogtömeget adta. Az öntöztelen parcelláknál szintén a 'Kasia' fajta rendelkezett a legmagasabb drogtömeggel, ezt követte a 'Genovese' és a 'Keskenylevelű' fajta, míg a 'Wala' ebben az esetben is a legalacsonyabb száraz tömeget produkálta. A friss és száraz tömeg között erős, pozitív korreláció állt fenn ( $r=0,751$ ). A vizsgált bazsalikom fajták esetében a drogtömeg a biomassa 17-26 %-a.

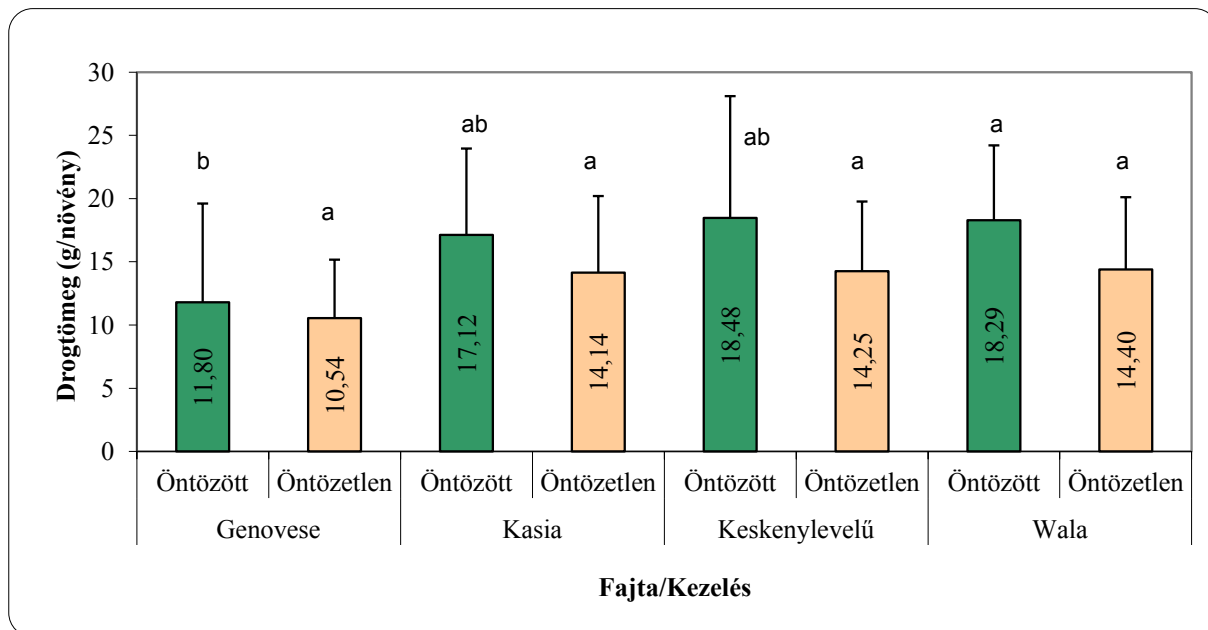


37. ábra Az eltérő vízellátottság hatása a szabadföldön nevelt bazsalikom fajták drogtömegére (Soroksár, 2009)

Jelmagyarázat: Az eltérő betűk statisztikailag elkülöníthető csoportokat jelölnek. Kis betűvel jelöltük a fajta hatását, rögzített kezelés esetében. Nagy betűvel jelöltük a kezelés hatását rögzített fajta esetében.

Vizsgálataink alapján 2010-ben a drogtömegre az öntözésnek és a fajtának is kimutatható hatása volt (38. ábra). Az öntözés és a fajta között azonban nem volt kimutatható kölcsönhatás. Mind a négy fajta esetében, a kiegészítő öntözés hatására emelkedtek az átlag értékek, ennek ellenére a post-hoc összehasonlítás során a fajtákra bontva nem lehetett

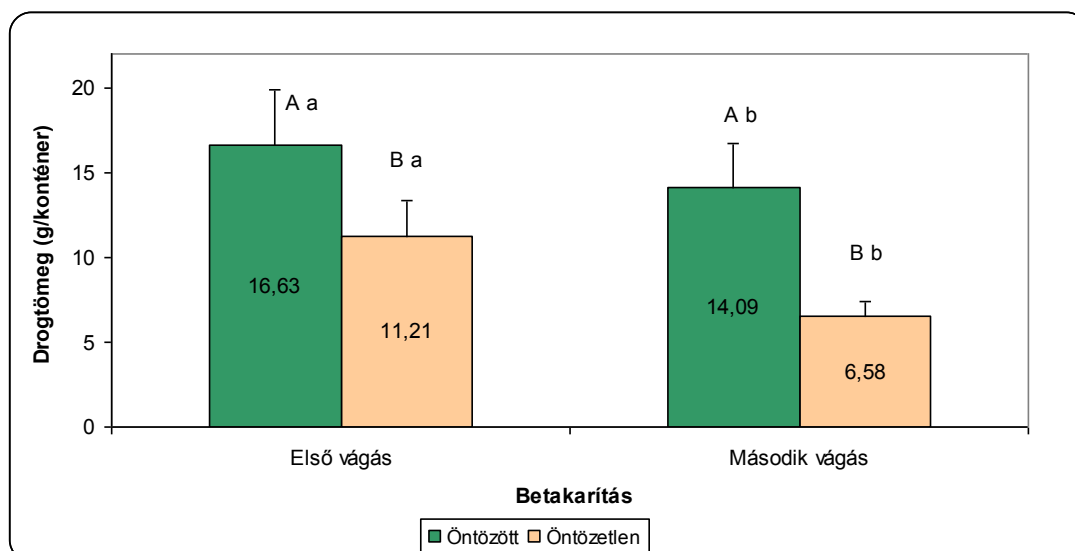
egyértelmű kezeléshatást kimutatni. A fajtákat összehasonlítva az öntözött parcelláknál a 'Wala' fajta érte el a legnagyobb száraz tömeget, míg a 'Genovese' a legkisebbet. Öntöztelen parcellák esetében a növények száraz tömege nem különbözött szignifikánsan egymástól. A friss és száraz tömeg közötti kapcsolat erős ( $r=0,873$ ) volt.



**38. ábra** Az eltérő vízellátottság hatása a szabadföldön nevelt bazsalikom fajták drogtömegére (Soroksár, 2010)

Jelmagyarázat: Az eltérő betűk statisztikailag elkülöníthető csoportokat jelölnek. Kis betűvel jelöltük a fajta hatását, rögzített kezelés esetében.

2010-ben a konténeres kísérlet során megállapítottuk, hogy a vízellátásnak és a betakarítás időpontjának is szignifikáns hatása volt a növények száraz tömegére (39. ábra). A két tényező között nem volt kimutatható interakció. A magasabb vízellátottság hatására megduplázódott a drogtömeg. Az első vágás során mindkét vízellátás esetében magasabb drogtömeget mértünk, mint a második vágás során. A legmagasabb drog tömeget (16,63 g/konténer) az első vágás időpontjában az öntözött növények esetében mértük, míg a legalacsonyabbat (6,58 g/konténer) a második betakarítás öntöztelen növényeinél.



**39. ábra Az eltérő vízellátottság hatása a 2010-ben konténerben nevelt bazsalikom drogtömegére**

Jelmagyarázat: Az eltérő betűk statisztikailag elkülöníthető csoportokat jelölnek. Nagy betűvel jelöltük a kezelés hatását rögzített betakarítási időpont esetében. A kis betűk a betakarítási időpont hatását rögzített kezelés esetében.

#### 4.3.4. Az eltérő vízellátottság hatása a bazsalikom levélarányára

2008-ban, a 'Keskenylevelű' fajta esetében nem volt értékelhető hatása az eltérő vízellátásnak a növények levélarányára, noha az átlag értékek enyhe emelkedést mutattak a szárazabb körülmények között. Az átlag értékek 64,48- és 67,60 % között mozogtak (15. táblázat).

2009-ben, a 'Genovese' fajta esetében az S2 kezelés hatására a levélarány emelkedett a kontroll és S1 kezelésekhez képest. A növekedés statisztikailag igazolható ugyan, de a gyakorlatban csekély mértékű.

2010-ben, a 2009-es évhez hasonló tendenciát figyeltünk meg, vagyis az erős vízhiány hatására (S2) a hajtástömegben belül a levélzet aránya emelkedett, a kontroll és S1 kezelésben részesült növények egyedeihez képest. Egyik évben sem találtunk igazolható kapcsolatot a levélarány és drogtömegek között.

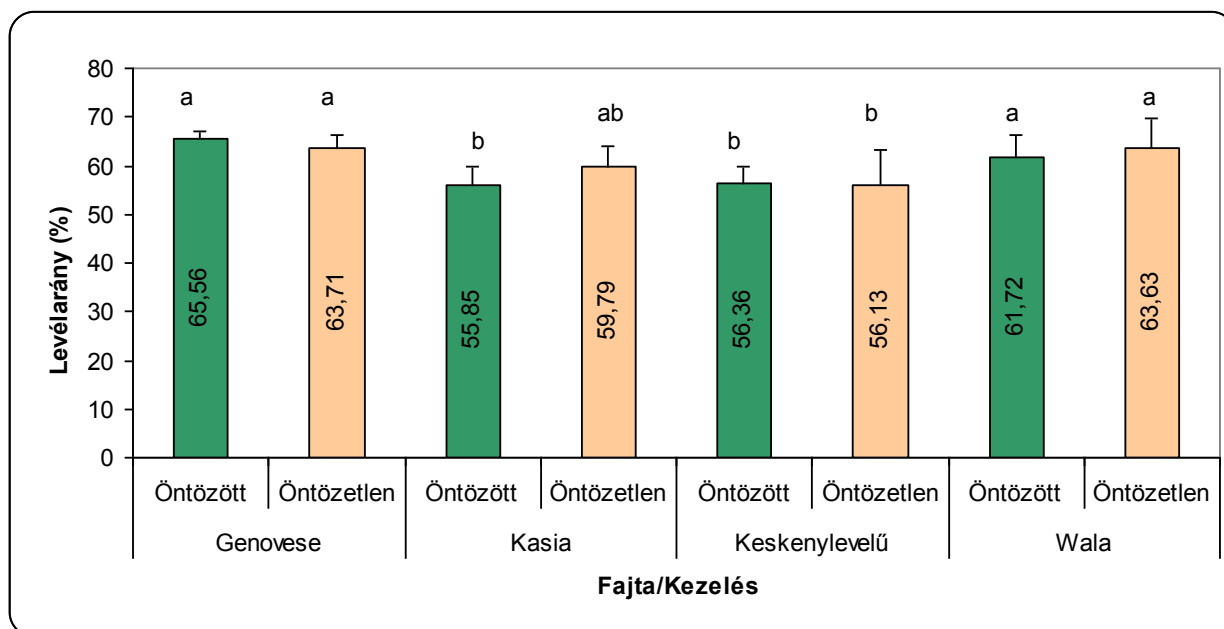
**15. táblázat A fitotronban nevelt növények levélarányának változása az eltérő talaj vízkapacitás tükrében (Fitotron, 2008-2010)**

Kísérlet éve/fajta	Levélarány (% , átlag ± szórás)		
	K (TVK=70 %)	S1 (TVK=50 %)	S2 (TVK=30 %)
2008 / 'Keskenylevelű'	64,48 ± 2,26 A	64,79 ± 4,05 A	67,60 ± 3,81 A
2009 / 'Genovese'	59,36 ± 3,29 B	61,11 ± 2,70 B	66,64 ± 3,42 A
2010 / 'Genovese'	69,69 ± 3,08 B	72,20 ± 5,18 B	76,02 ± 5,49 A

Jelmagyarázat: a soronként eltérő betűk statisztikailag elkülöníthető csoportokat jelölnek.

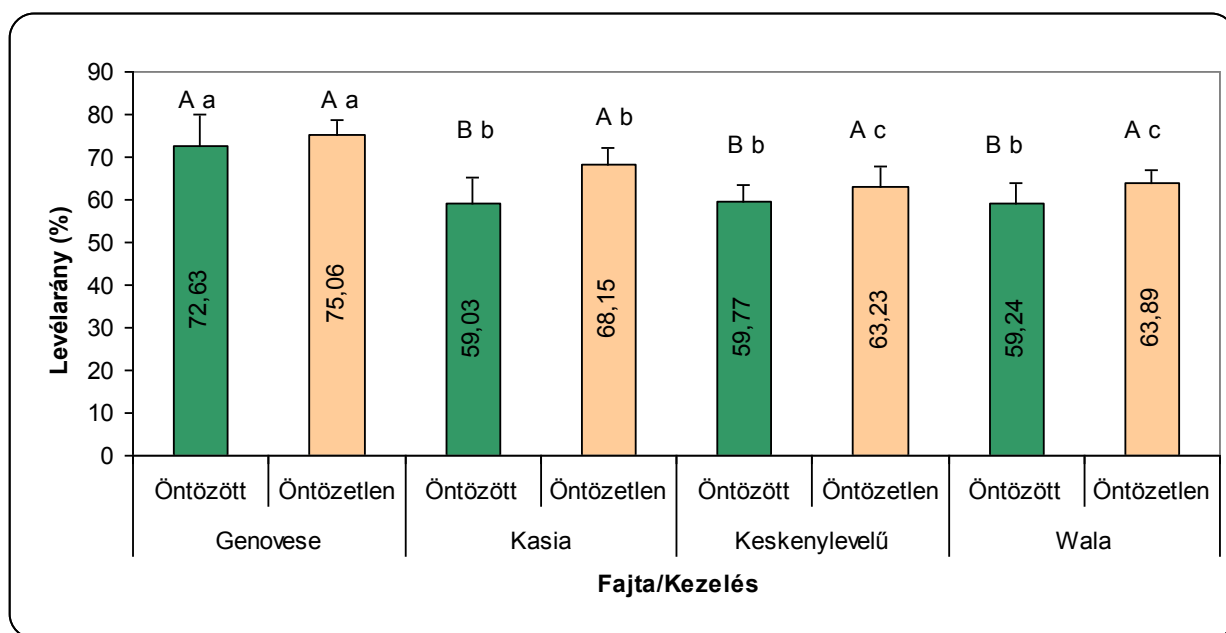


A 2009-ben szabadföldön vizsgált 4 fajta esetében a kiegészítő öntözés nem befolyásolta a növények levélarányát (40. ábra). A fajták és az öntözés, mint tényezők között kölcsönhatás nem volt kimutatható. A különböző fajták azonban eltérő arányban fejlesztenek leveleket (56- és 66 % között). A legkedvezőbb levélaránnyal (63-66 %) a 'Genovese' fajta rendelkezett, míg a legkedvezőtlenebb (56 %) a –névének megfelelően- 'Keskenylevelű' fajta esetében volt mérhető.



**40. ábra Bazsalikom fajták levélarányának változása az öntözés függvényében (Soroksár, 2009)**  
 Jelmagyarázat: Az eltérő betűk statisztikailag elkülöníthető csoportokat jelölnek. Kis betűvel jelöltük a fajta hatását, rögzített kezelés esetében.

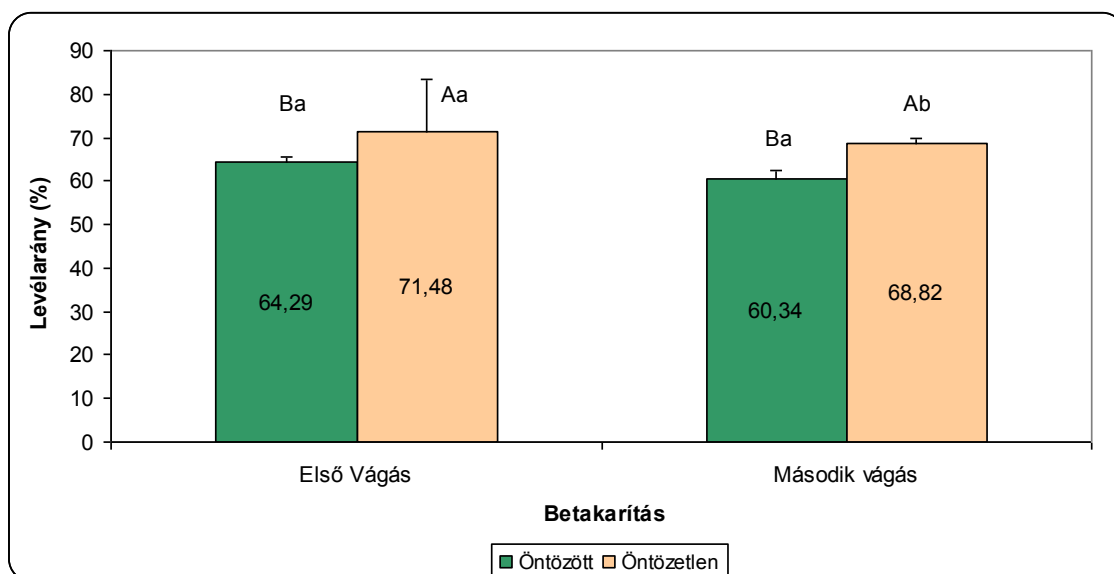
2010-ben megállapítottuk, hogy a fajtának és az öntözésnek egyaránt kimutatható hatása volt a növények levélarányára (41. ábra). A két tényező között interakció nem állt fent. Öntözés hatására alacsonyabb levélarányt mértünk, mint az öntözetlen növények esetében. A kimutatott változás (3-9 %) azonban a gyakorlat számára nem jelentős. A fajták összehasonlítása alapján elmondható, hogy az előző évvel megegyezően a 'Genovese' levélaránya volt a legmagasabb (73-75 %). Ehhez képest a 'Keskenylevelű' levélaránya (60-63 %) megközelítőleg 10 %-kal alacsonyabbnak bizonyult. A levélarányok és a száraz tömeg között gyenge, negatív korreláció volt kimutatható ( $r = -0,470$ ).



**41. ábra Az öntözés hatása 4 bazsalikom fajta levélarányára (Soroksár, 2010)**

Jelmagyarázat: Az eltérő betűk statisztikailag elkülöníthető csoportokat jelölnek. Kis betűvel jelöltük a fajta hatását, rögzített kezelés esetében. Nagybetűvel jelöltük a kezelés hatását rögzített fajta esetében.

A konténerben nevelt növények vizsgálata során megállapítottuk, hogy a vízellátás befolyásolja a levélarányt, míg a betakarítási időpontnak nincs egyértelmű hatása a növények levélarányára (42. ábra). A betakarítási időpontok és a kezelések között gyenge kölcsönhatás figyelhető meg. A magasabb vízellátásban részesített növények levélaránya alacsonyabb volt az öntöztelen kezeléshez képest. A legjobb levélarány az első betakarításnál, az öntöztelen kezelés esetében volt mérhető, míg a legrosszabb a második betakarítás során, az öntözött növényeknél. A száraztömeg és a levélarány között gyenge negatív korreláció figyelhető meg ( $r=-0,455$ ).



**42. ábra A betakarítási módok és az eltérő vízellátás hatása a bazsalikom levélarányára (2010, Soroksár)**

Jelmagyarázat: Az eltérő betűk statisztikailag elkülöníthető csoportokat jelölnek. Kis betűvel jelöltük a betakarítási időpont hatását, rögzített kezelés esetében. Nagybetűvel jelöltük a kezelés hatását rögzített betakarítási időpont esetében.

#### 4.4. Eltérő vízellátottság hatása az egyéves borsfű növénymagasságára és produkciójára

##### 4.4.1. Az eltérő vízellátottság hatása a borsfű növénymagasságára

A fitotronban nevelt növények esetében 2009-ben és 2010-ben is megállapítottuk, hogy a növények magassága jelentős mértékben változik a talajvízkapacitás csökkenésével párhuzamosan (16. táblázat). A legmagasabb növények mindkét évben a legmagasabb talajvízkapacitás (K) mellett fejlődtek, míg a legalacsonyabb növényeket az S2 kezelések esetében mértük. 2009-ben 2 csoportot tudtunk statisztikailag elkülöníteni, míg 2010-ben mindhárom kezelés igazolhatóan eltérő volt.

16. táblázat A fitotronban nevelt *S. hortensis* növények magasságának változása az eltérő talaj vízkapacitás tükrében (Fitotron, 2009, 2010)

Kísérlet éve/fajta	Növénymagasság (cm, átlag $\pm$ szórás)		
	K (TVK=70 %)	S1 (TVK=50 %)	S2 (TVK= 30%)
2009 / 'Budakalászi'	30,50 $\pm$ 2,14 A	28,50 $\pm$ 2,07 AB	27,17 $\pm$ 1,60 B
2010 / 'Budakalászi'	40,57 $\pm$ 2,38 A	36,33 $\pm$ 2,24 B	31,91 $\pm$ 2,37 C

Jelmagyarázat: a soronként eltérő betűk statisztikailag elkülöníthető csoportokat jelölnek.

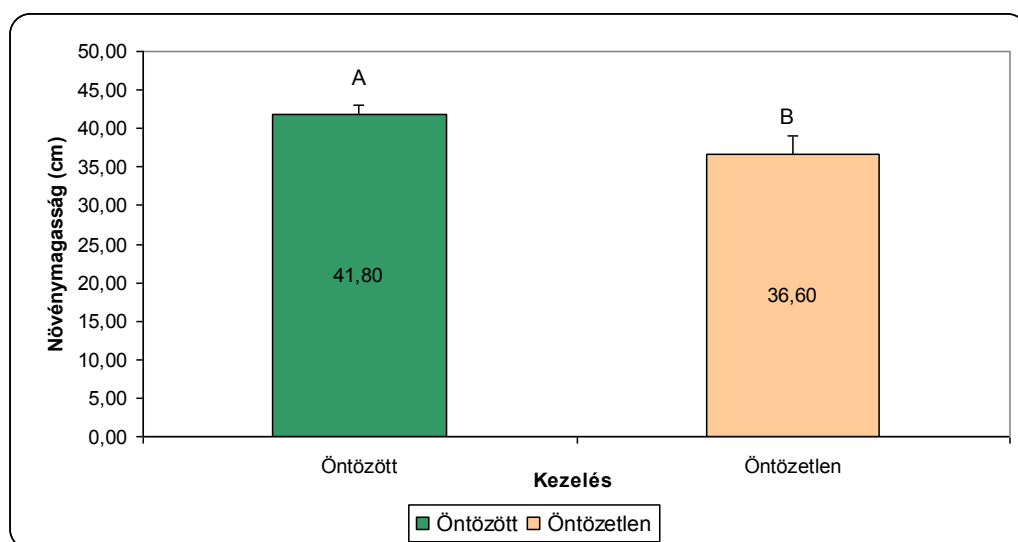
Szabadföldi körülmények között ugyanakkor megállapítottuk, hogy a növénymagasság nem változott statisztikailag igazolható mértékben a kiegészítő öntözés hatására. Ez az eredmény a 2009-es és 2010-es évben is megmutatkozott (17. táblázat).

17. táblázat A szabadföldön nevelt borsfű növények magasságának változása a kiegészítő öntözés hatására (Soroksár, 2009, 2010)

Kísérlet éve/fajta	Növénymagasság (cm, átlag $\pm$ szórás)		
	Öntözött	Öntöztelen	Statisztika
2008 / 'Budakalászi'	Nincs adat		
2009 / 'Budakalászi'	37,36 $\pm$ 2,01	36,73 $\pm$ 3,69	ns (p= 0,621)
2010 / 'Budakalászi'	33,13 $\pm$ 4,52	32,13 $\pm$ 4,21	ns (p= 0,535)

Jelmagyarázat: ns – nem szignifikáns

A konténerben nevelt növények esetében a csökkenő vízellátottság hatására mintegy 10 %-kal csökkent a növények magassága a jobb vízellátás mellett nevelt növényekhez képest (43. ábra). A különbség statisztikailag igazolható volt.



**43. ábra** Az eltérő vízellátás hatása a konténerben nevelt borsfű növények növénymagasságára (Konténeres kísérlet, 2010)

Jelmagyarázat: Az eltérő betűk statisztikailag elkülöníthető csoportokat jelölnek.

#### 4.4.2. Az eltérő vízellátottság hatása az egyéves borsfű friss tömegére

A fitotronban végzett kísérletekben mindhárom évben megnyilvánult a vízellátottság hatása (18. táblázat). A friss tömeg minden kezelés esetében egymástól szignifikánsan eltérőnek bizonyult. A TVK 70 %-án nevelt növények produkálták a legmagasabb friss tömeget, míg a 30 %-on nevelt növények szignifikánsan a legalacsonyabbat. A friss tömeg és a növénymagasság értékei között mindkét évben erős, pozitív korrelációt mutattunk ki ( $r_{2009}=0,618$ ;  $r_{2010}=0,863$ ).

**18. Táblázat** Az eltérő vízellátottság hatása a borsfű friss tömegére (Fitotron, 2008-2010)

Kísérlet éve/fajta	Friss tömeg (g/cserép, átlag $\pm$ szórás)		
	K (TVK=70 %)	S1 (TVK=50 %)	S2 (TVK=30 %)
2008 / 'Budakalászi'	17,80 $\pm$ 1,40 A	15,60 $\pm$ 1,07 B	13,40 $\pm$ 1,17 C
2009 / 'Budakalászi'	52,57 $\pm$ 2,82 A	36,75 $\pm$ 2,82 B	18,50 $\pm$ 2,07 C
2010 / 'Budakalászi'	58,29 $\pm$ 6,19 A	46,79 $\pm$ 5,26 B	26,70 $\pm$ 3,28 C

Jelmagyarázat: a soronként eltérő betűk statisztikailag elkülöníthető csoportokat jelölnek.

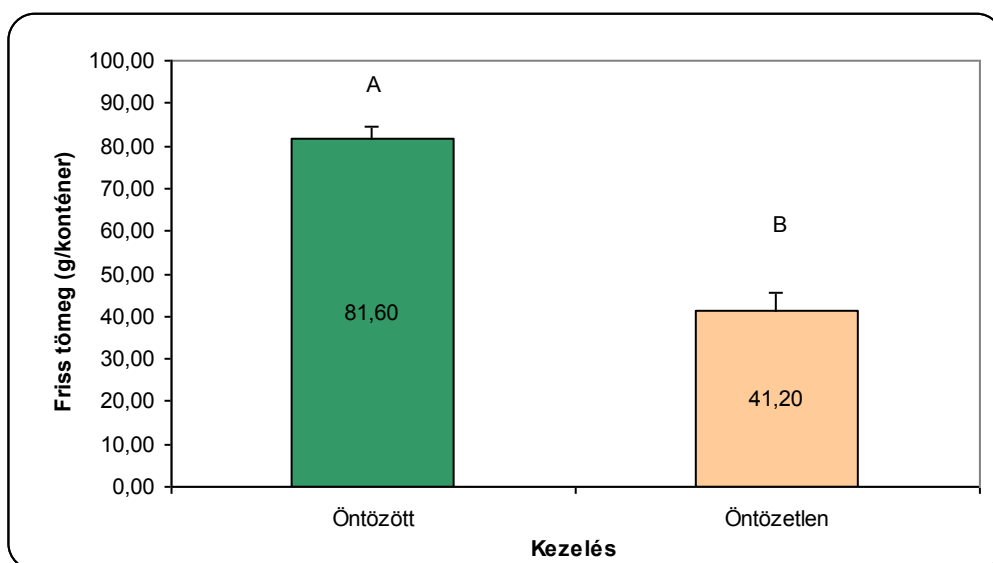
Szabadföldi körülmények között nevelt borsfű növények esetében egyedül 2009-ben nyilvánult meg a kiegészítő öntözés friss tömegre gyakorolt pozitív hatása (19. táblázat). 2008-ban és 2010-ben az öntözésnek nem volt statisztikailag igazolható hatása, sőt, az átlag értékek - a várttal ellentétben – nem emelkedtek, hanem csökkentek. A friss tömegek értékeivel összehasonlítva megállapítható, hogy 2009-ben nem volt matematikailag kimutatható kapcsolat ( $r_{2009}=0,400$ ), míg 2010-ben erős, pozitív korrelációt találtunk ( $r_{2010}=0,734$ ).

**19. táblázat Az öntözés hatása a szabadföldön nevelt borsfű növények friss tömegére (Soroksár, 2008-2010)**

Kísérlet éve/fajta	Friss tömeg (g/tő, átlag ± szórás)		
	Öntözött	Öntöztelen	Statisztika ( $\alpha=0,05$ )
2008 / 'Budakalászi'	48,74 ± 14,49	54,21 ± 23,56	ns (p= 0,370)
2009 / 'Budakalászi'	<b>104,00 ± 15,80</b>	60,55 ± 15,72	* (p= 0,000)
2010 / 'Budakalászi'	46,53 ± 20,95	62,80 ± 31,53	ns (p= 0,107)

Jelmagyarázat: ns=nem szignifikáns; \* szignifikáns eltérés

A 2010-es konténeres kísérletben az eltérő vízellátottság hatására jelentős mértékben megváltozott a borsfű növények friss tömege (44. ábra), az öntözött kezelésben mintegy a duplájára nőtt az öntöztelen kezeléshez képest. A friss tömeg és a növénymagasság értékek között erős pozitív korreláció volt kimutatható ( $r=0,841$ ).



**44. ábra A vízellátás hatása a konténerben nevelt borsfű friss tömegére (Konténeres kísérlet, 2010)**

Jelmagyarázat: Az eltérő betűk statisztikailag elkülöníthető csoportokat jelölnek.

#### 4.4.3. Az eltérő vízellátottság hatása az egyéves borsfű drogtömegére

Az eltérő vízkapacitás erősen befolyásolta a borsfű növények drogtömegét (20. táblázat). A kísérlet mindhárom tenyészidőszaka alatt a TVK 70 %-án érték el a növények a legmagasabb száraz tömeget. A két alacsonyabb vízellátású kezelés hatására a mért értékek szignifikánsan csökkentek. A mért adatok a friss tömeggel erősen korreláltak:  $r_{2008}=0,927$ ;  $r_{2009}=0,911$ ;  $r_{2010}=0,926$ .

**20. Táblázat Az eltérő vízellátottság hatása a fitotronban nevelt borsfű drogtömegére (Fitotron, 2008-2010)**

Kísérlet éve/fajta	Száras tömeg (g/cserép, átlag ± szórás)		
	K (TVK=70 %)	S1 (TVK=50 %)	S2 (TVK=30 %)
2008 / 'Budakalászi'	6,00 ± 0,65 A	4,95 ± 0,31 B	4,09 ± 0,33 C
2009 / 'Budakalászi'	10,00 ± 1,41 A	7,63 ± 1,06 B	5,17 ± 0,98 C
2010 / 'Budakalászi'	13,19 ± 1,83 A	11,42 ± 1,61 B	7,02 ± 0,99 C

Jelmagyarázat: a soronként eltérő betűk statisztikailag elkülöníthető csoportokat jelölnek.

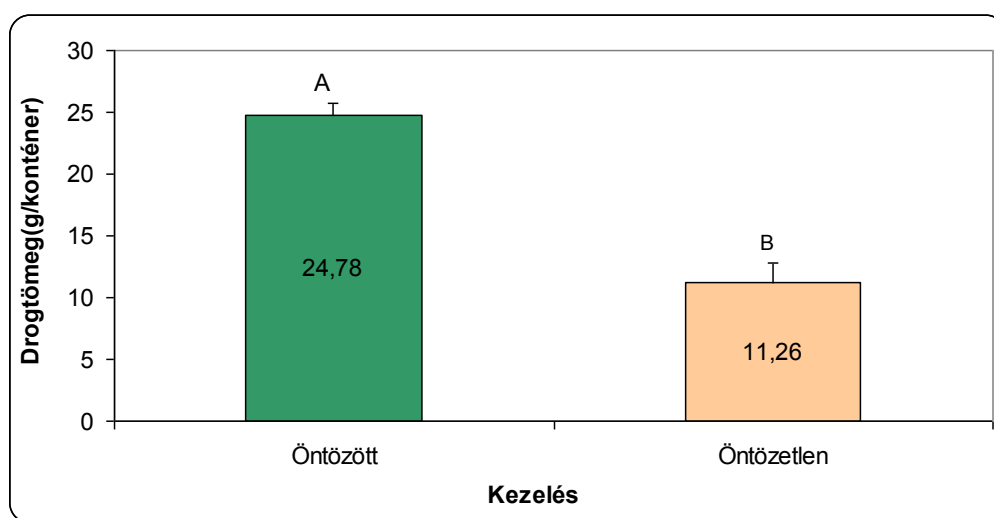
Szabadföldi körülmények között nevelve a növényeket a 2009-es tenyészidőszakban a kiegészítő öntözés hatására, mintegy 30 %-al emelkedett a drogtömeg az öntöztelen parcellákhoz képest (21. táblázat). Az eltérés statisztikailag igazolható. 2010-ben a csapadékos időjárásban a plusz öntözővíz hatására a száraztömegek csökkentek (!) az öntöztelen növényekhez viszonyítva. Bár az átlagértékek között jelentős eltérés mutatható ki, statisztikailag a különbség nem igazolható. A száraztömeg értékei a friss tömeg mért értékeivel erős korrelációt mutatnak mindkét évben  $r_{2009}=0,922$ ;  $r_{2010}=0,995$ .

**21. táblázat A kiegészítő öntözés hatása a szabadföldön nevelt borsfű drogtömegére (Soroksár, 2009, 2010)**

Kísérlet éve/fajta	Drogtömeg (g/tő, átlag $\pm$ szórás)		
	Öntözött	Öntöztelen	Statisztika
2008 / 'Budakalászi'	Nincs adat		
2009 / 'Budakalászi'	38,82 $\pm$ 5,96	28,36 $\pm$ 8,02	* (p= 0,002)
2010 / 'Budakalászi'	13,03 $\pm$ 5,81	17,68 $\pm$ 8,72	ns (p= 0,085)

Jelmagyarázat: ns: nem szignifikáns; \*: szignifikáns differencia

A kedvezőbb vízellátottság hatására szignifikánsan magasabb drogtömeget mértünk a 2010-es évben, a konténeres kísérletben is (45. ábra). A drogtömeg értékei erős pozitív korrelációt mutatnak a friss tömeg mért értékeivel ( $r=0,997$ ).



**45. ábra Az eltérő vízellátottság hatása a konténerben nevelt borsfű drogtömegére (Konténeres kísérlet, 2010)**

Jelmagyarázat: Az eltérő betűk statisztikailag elkülöníthető csoportokat jelölnek.

#### 4.4.4. Az eltérő vízellátottság hatása az egyéves borsfű levélarányára

A fitotronban nevelt borsfű növények levélarányát a vízellátás egyik évben sem befolyásolta szignifikánsan (22. táblázat). Az adatok csupán 1-2 %-nyi eltérést mutatnak egymáshoz képest, melynek a gyakorlatban elhanyagolható a jelentősége. A drogtömeg és a

levélarány között egyik évben sem volt jól definiálható kapcsolat ( $r_{2008}= 0,278$ ;  $r_{2009}= -0,108$ ;  $r_{2010}= -0,143$ ).

**22. táblázat Az eltérő vízellátás hatása a fitotronban nevelt borsfű levélarányára (Fitotron, 2008-2010)**

Kísérlet éve/fajta	Levélarány (% , átlag $\pm$ szórás)		
	K (TVK=70 %)	S1 (TVK=50 %)	S2 (TVK=30 %)
2008 / 'Budakalászi'	66,76 $\pm$ 3,42	66,21 $\pm$ 2,37	66,77 $\pm$ 4,72
2009 / 'Budakalászi'	55,10 $\pm$ 2,74	56,36 $\pm$ 4,57	56,53 $\pm$ 5,28
2010 / 'Budakalászi'	56,02 $\pm$ 4,48	55,16 $\pm$ 5,99	58,68 $\pm$ 6,60

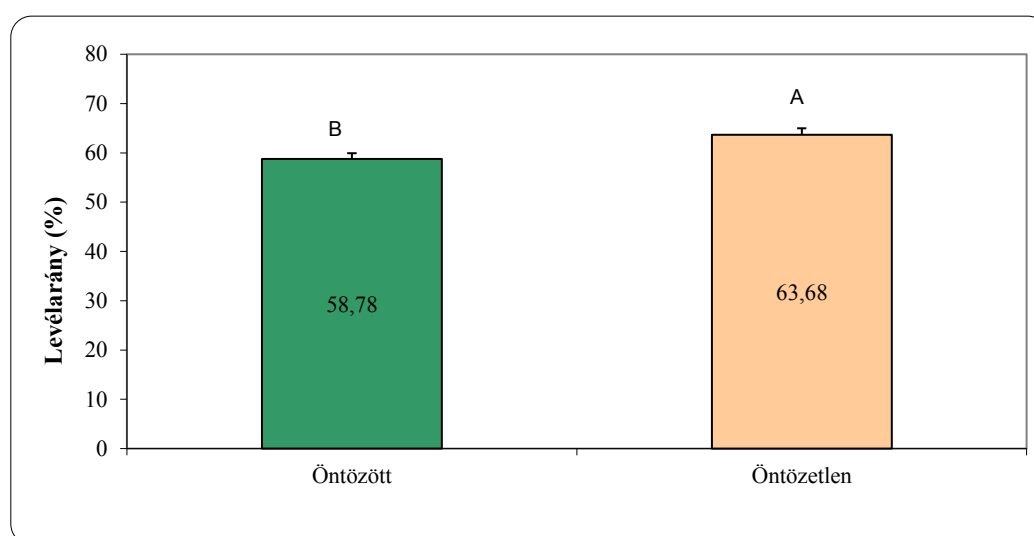
A szabadföldi körülmények között nevelt növények levélarányára sem 2009-ben, sem 2010-ben nem gyakorolt statisztikailag kimutatható hatást a kiegészítő öntözés (23. táblázat). 2009-ben a drogtömeg és a levélarány között nem volt jelentős összefüggés ( $r_{2009}=-0,191$ ), míg 2010-ben gyenge negatív korreláció volt kimutatható ( $r_{2010}=-0,508$ ).

**23. táblázat A kiegészítő öntözés hatása a szabadföldön nevelt borsfű növények levélarányára (Soroksár, 2009, 2010)**

Kísérlet éve/fajta	Levélarány ( % átlag $\pm$ szórás)		
	Öntözött	Öntöztelen	Statisztika ( $\alpha=0,05$ )
2008 / 'Budakalászi'	Nincs adat		
2009 / 'Budakalászi'	51,04 $\pm$ 3,46	48,40 $\pm$ 4,58	ns ( $p= 0,143$ )
2010 / 'Budakalászi'	62,05 $\pm$ 5,46	62,51 $\pm$ 4,50	ns ( $p= 0,804$ )

Jelmagyarázat: ns – nem szignifikáns

A konténeres kísérletben az alacsonyabb vízellátás hatására szignifikánsan magasabb levélarányt állapítottunk meg (46. ábra). A drogtömeg és a levélarány között erős negatív korreláció figyelhető meg ( $r=-0,938$ ).



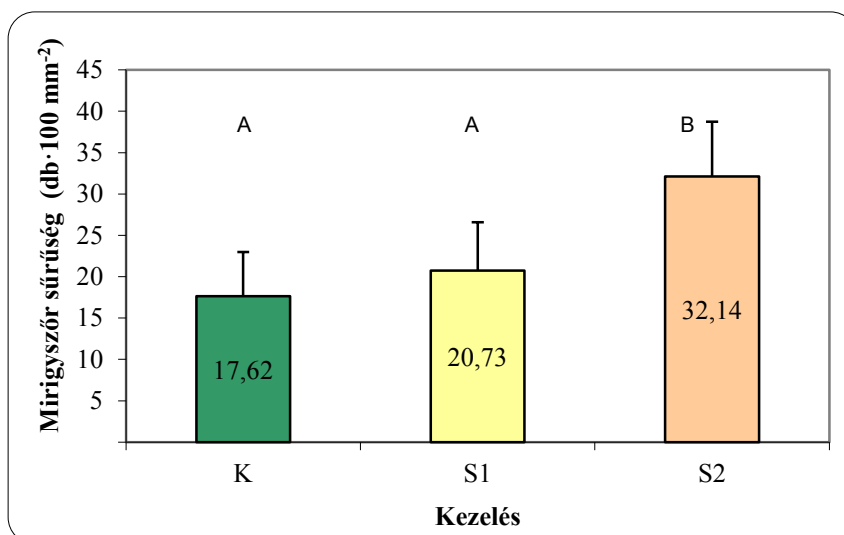
**46. ábra Az eltérő vízellátás hatása a konténerben nevelt borsfű növények levélarányára (Konténeres kísérlet, 2010)**

Jelmagyarázat: Az eltérő betűk statisztikailag elkülöníthető csoportokat jelölnek.

## 4.5. A vízellátottság hatása a bazsalikom hatóanyagaira

### 4.5.1. A vízellátottság hatása a bazsalikom mirigyszőr sűrűségére

A 2010. évi kísérletben a klímakamrában nevelt növények esetében a csökkenő talaj vízkapacitás, vagyis vízellátottság hatására a mirigyszőrök sűrűsége nőtt (47. ábra). A kontroll és S1 kezelések között ugyan mérhető volt kisebb különbség, azonban statisztikailag kimutatható változást csak az S2 kezelés esetében tapasztaltunk. Ez a növekedés a kontroll növényekhez képest csaknem kétszeres.

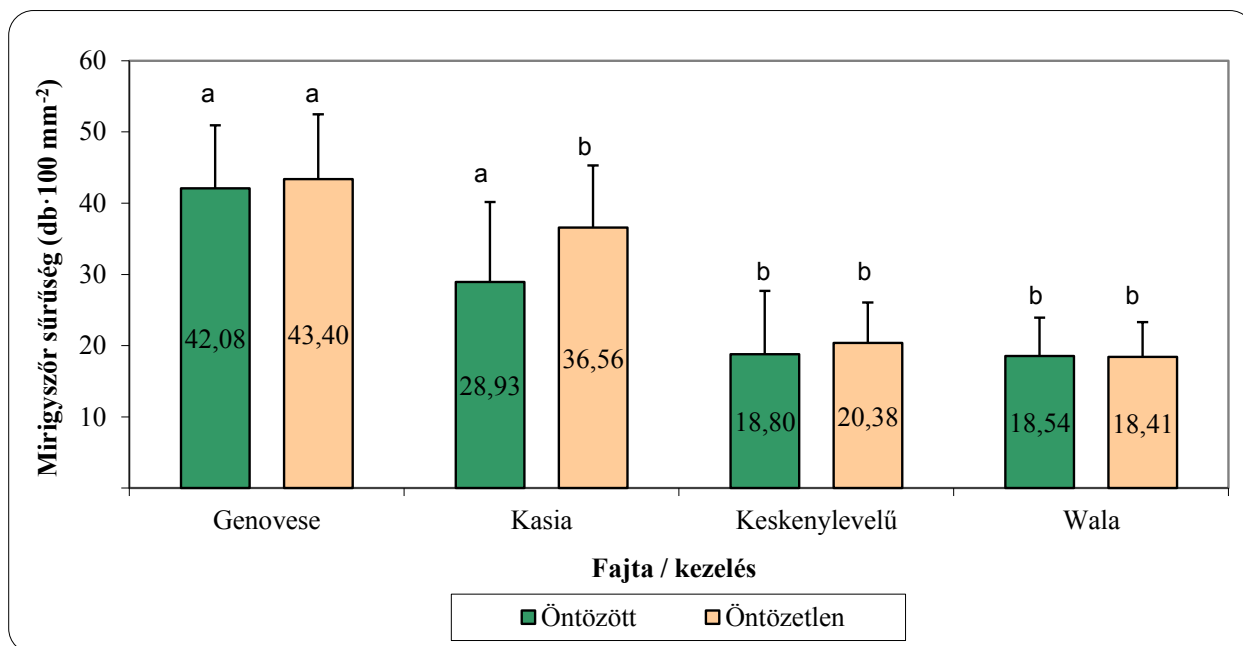


47. ábra Az eltérő talaj vízkapacitás hatása a bazsalikom mirigyszőr sűrűségére (Fitotron, 2009)

Jelmagyarázat: Az eltérő betűk statisztikailag elkülöníthető csoportokat jelölnek.

Szabadföldi körülmények között megállapítottuk, hogy a kiegészítő öntözés és a fajták, mint kezelés között nem áll fent kölcsönhatás (48. ábra). A kísérletbe vont fajták esetében a kiegészítő öntözésnek nem volt statisztikailag igazolható hatása, noha minden fajta esetében magasabb mirigyszőr sűrűséget állapítottunk meg az öntözetlen parcellák növényein. A fajtákat összehasonlítva kimutattuk, hogy a 'Wala' és 'Keskenylevelű' fajták mirigyszőr sűrűsége statisztikailag nem különbözik egymástól. A négy fajtát tekintve a kimutathatóan legmagasabb mirigyszőr sűrűséget a 'Genovese' fajta növényei esetében kaptuk.





**48. ábra A fajthatás és a kiegészítő öntözés hatása a bazsalikom mirigyszór sűrűségére (Soroksár, 2009)**  
Jelmagyarázat: Az eltérő betűk statisztikailag elkülöníthető csoportokat jelölnek. Kis betűvel jelöltük a fajta hatását, rögzített kezelés esetében.

#### 4.5.2. A vízellátottság hatása a bazsalikom illóolaj tartalmára

A klímakamrában egyik évben sem sikerült statisztikailag igazolható különbséget találnunk az eltérő talaj víztartalomra nevelt növények illóolaj tartalma között. Az átlagértékeket tekintve a vízhiánynak kitett növényekben mértük mindhárom tenyészidőszak során a legmagasabb felhalmozódási szintet (24. táblázat).

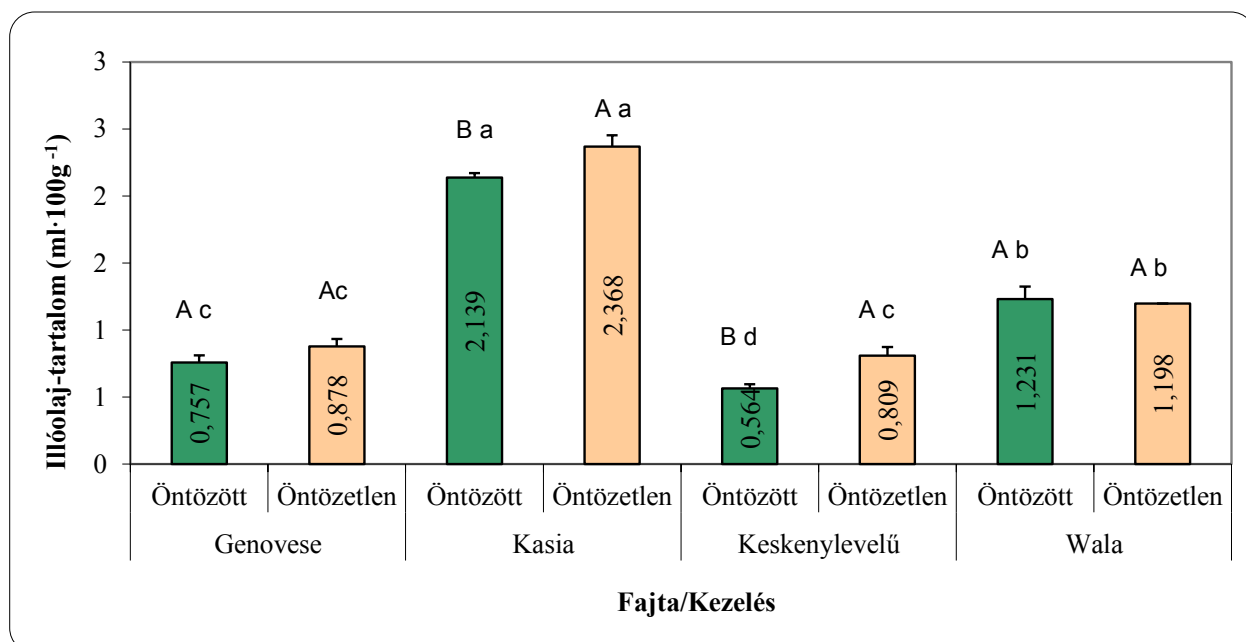
**24. Táblázat Az eltérő talaj vízkapacitás hatása a klímakamrában nevelt bazsalikom növények illóolaj tartalmára (Fitotron, 2008-2010)**

Kísérlet éve/fajta	Illóolaj-tartalom (ml·100 g <sup>-1</sup> , átlag ± szórás)			Statisztika (α=0,05)	Lepárolt növényi rész
	K (TVK=70 %)	S1 (TVK=50 %)	S2 (TVK=30 %)		
2008 / 'Keskenylevelű'	0,462 ± 0	0,442 ± 0,093	0,475 ± 0,040	ns	herba
2009 / 'Genovese'	0,438 ± 0,029	0,473 ± 0,046	0,521 ± 0,059	ns (p=0,170)	levél+virágzat
2010 / 'Genovese'	0,607 ± 0,055	0,667 ± 0,092	0,573 ± 0,087	ns (p=0,0407)	levél+virágzat

Jelmagyarázat: ns: nem szignifikáns. Zöld színnel jelöltük a legmagasabb, míg pirossal a legalacsonyabb átlagértékeket.

Szabadföldi körülmények között 2009-ben a kiegészítő öntözés és a fajták igazolható hatását is felfedeztük, valamint a két tényező közötti interakció is megnyilvánult (49. ábra). A 'Kasia' és 'Keskenylevelű' fajták esetében az öntözetlen parcellákról betakarított növények illóolaj tartalma magasabbnak bizonyult, mint az öntözött növényeké. A 'Genovese' és 'Wala' fajták esetében a kezelések között mért eltérések nem voltak szignifikánsak. A fajták között viszont jelentős eltérések mutatkoztak. Mindkét öntözésszint esetében a 'Kasia' fajta illóolaj tartalma volt a legmagasabb. A legalacsonyabb illóolaj tartalmat öntözött parcellák esetében a

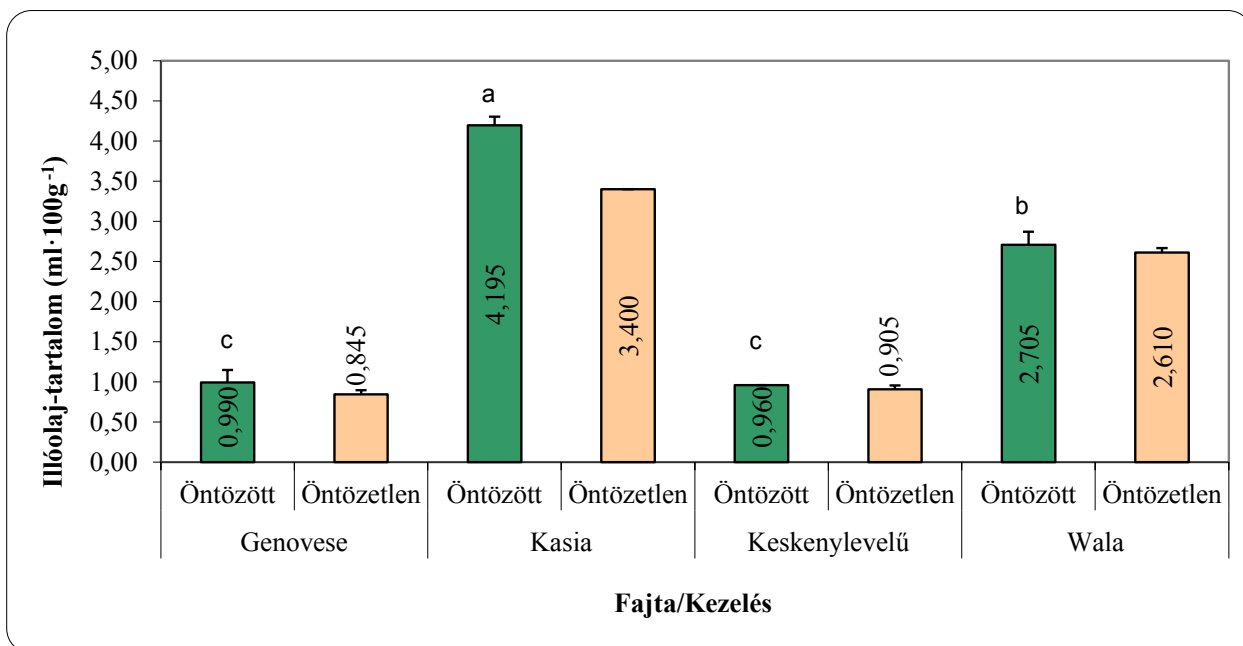
'Keskenylevelű' fajta, míg öntöztetlen parcellákban a 'Keskenylevelű' és 'Genovese' fajták produkáltak.



49. ábra A kiegészítő öntözés hatása a szabadföldön nevelt bazsalikom fajták herbájának illóolaj tartalmára (Soroksár, 2009)

Jelmagyarázat: Az eltérő betűk statisztikailag elkülöníthető csoportokat jelölnek. Kis betűvel jelöltük a fajta hatását, rögzített kezelés esetében. Nagybetűvel jelöltük a kezelés hatását rögzített fajta esetében.

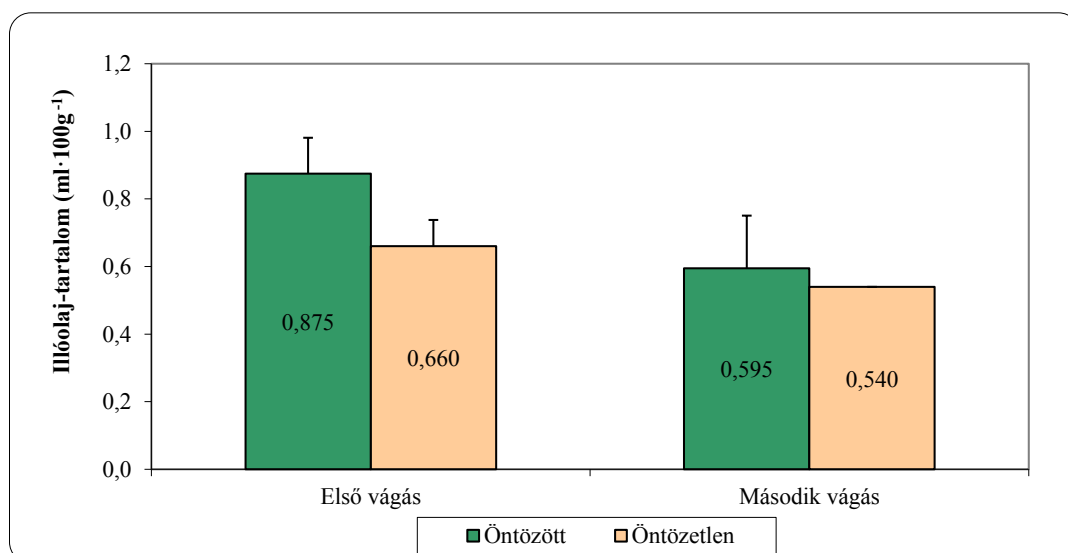
A 2010-es tenyésztidőszakban az elvégzett varianciaanalízis alapján a kezelésnek és a fajtának is van hatása a növények illóolaj tartalmára, valamint a két tényező közötti kölcsönhatás is kimutatható (50. ábra). Az előző évhez képest ellentmondás, hogy az öntözött parcellákban tapasztalhatók a magasabb értékek, ami azonban a fajták átlagát tekintve nem szignifikáns. Az alacsony mintaszám miatt a fajták páronkénti összehasonlítását csak az öntözött parcellák esetében tudtuk elvégezni. Ezek alapján megállapítható, hogy a 'Kasia' fajta illóolaj tartalma szignifikánsan magasabb, mint a másik három fajtáé és ez a fajta reagált az öntözésre is legérzékenyebben.



**50. ábra A kiegészítő öntözés hatása a szabadföldön nevelt bazsalikom fajták morzsolt drogjának illóolaj tartalmára (Soroksár, 2010)**

Jelmagyarázat: Az eltérő betűk statisztikailag elkülöníthető csoportokat jelölnek. Kis betűvel jelöltük a fajta hatását az öntözött parcellák esetében.

A konténerben nevelt növények esetében az átlagértékek alapján megfigyelhetünk némi csökkenést az illóolaj tartalomban a csökkenő vízellátással párhuzamosan (51. ábra), mindkét vágás során. Azonban statisztikailag igazolható hatása sem a vízellátásnak sem pedig a betakarítási időpontnak nem volt, ennek ellenére az átlag értékek között jelentős eltéréseket mértünk.



**51. ábra Az eltérő öntözésmód hatása a konténerben nevelt *O. basilicum* 'Genovese' növények illóolaj tartalmára (Konténeres kísérlet, 2010)**

#### 4.5.3. A vízellátottság hatása a bazsalikom illóolaj összetételére

Az általunk vizsgált bazsalikom fajták mindegyike a linaloolos kemotípusba sorolható. A *linalool*, mint meghatározó, fő komponens - kivétel nélkül - minden mintában dominált.

2008-ban, a klímakamrában vizsgált 'Keskenylevelű' fajta illóolajában (25. táblázat) a *linalool* részaránya a vízhiány fokozódásával csekély mértékben csökkent. Az *esztragon* komponens csupán elenyésző mértékben jelent meg, a vízhiánynak kitett növények illóolajában. Megfigyelhető, hogy az erős vízhiánynak kitett növények illóolaja több komponenst tartalmazott kimutatható arányban, mint a K és S1 kezelésben részesített növényeké. A részletes illóolaj összetételt az 2. melléklet szemlélteti.

25. táblázat Az *O. basilicum* 'Keskenylevelű' fajta illóolaj összetételének változása az eltérő talaj vízkapacitások hatására (Fitotron, 2008)

Komponens	RT	LRI	K	S1	S2
<i>linalool</i>	11,17	1111,976	96,76	96,52	93,63
Egyéb (5 % alatti komponens)			2,69	2,78	5,58
<b>Összes</b>			99,45	99,3	99,43

Jelmagyarázat: RT=retenciós idő, LRI= lineáris retenciós index, K= TVK 70 %-a, S1= TVK 50 %-a, S2= TVK 30 %-a.

2009-ben, a klímakamrában nevelt 'Genovese' fajtánál szintén a *linalool* részaránya 15 %-os csökkenése volt megfigyelhető az S2 kezelés esetén a kontrollhoz képest (26. táblázat). Ezzel párhuzamosan az *1,8-cineol* és az *eugenol* aránya emelkedett. A *tau-kadinol*, mint jelentősnek mondható komponens aránya enyhe mértékben, de szintén fokozatosan emelkedett a csökkenő talaj vízkapacitás hatására. A változás megnyilvánult az összes monoterpén és szeszkviterpén arányának változásában is illetve a csökkent vízellátás hatására emelkedett a detektált komponensek száma is. A részletes illóolaj összetételt a 3. melléklet szemlélteti.

26. táblázat Az *O. basilicum* 'Genovese' fajta illóolaj összetételének változása az eltérő vízellátás hatására (Fitotron, 2009)

Komponens	RT	LRI	K	S1	S2
<i>1,8-cineol</i>	8,77	1047,60	11,72	12,91	15,45
<i>linalool</i>	11,17	1111,98	59,68	47,17	44,39
<i>eugenol</i>	21,67	1373,49	6,86	11,85	9,17
<i>transz-<math>\alpha</math>-bergamotén</i>	24,36	1439,99	4,11	5,22	6,08
<i>tau-kadinol</i>	32,58	1654,53	7,32	7,56	8,91
Egyéb (5% alatti komponens)			9,69	13,27	15,04
<b>Összesen:</b>			99,38	97,98	99,04
Monoterpén szénhidrogén			0	0,18	0,1
Oxidált monoterpén			74,51	63,56	63,83
Szeszkviterpén szénhidrogén			10,71	14,05	16,04
Oxidált szeszkviterpén			7,32	7,56	8,91
Fenilpropán származék			6,86	12,56	10,19
Egyéb			0	0,11	0

Jelmagyarázat: RT=retenciós idő, LRI= lineáris retenciós index, K= TVK 70 %-a, S1= TVK 50 %-a, S2= TVK 30 %-a.

Ugyanebben a kísérletben a lepárolt illóolaj analízise mellett lehetőségünk volt a friss növényi mintákban található illó komponensek összetételét is meghatározni SPME technikával (27. táblázat). Ennek alapján megállapítható, hogy a *headspace* mintákban is meghatározó arányban a *linalool*, mint fő komponens volt túlsúlyban. Míg a lepárolt olajban jelentős mennyiségben szerepelt az *1,8-cineol*, addig ez a vegyület az SPME gőzterében csupán csekély, 2 %-ot el nem érő arányban volt kimutatható. A további jelentősebb komponensek a  $\beta$ -elemén és germakrén-D voltak. A vízellátási kezeléseket összehasonlítva nem lehet egyértelmű hatást megállapítani a komponensek arányára nézve. A SPME vizsgálat részletes eredményeit a 4. melléklet szemlélteti.

**27. táblázat** Az *O. basilicum* 'Genovese' fajta illékony komponenseinek (SPME) változása az eltérő talaj vízkapacitások hatására (Fitotron, 2009)

Komponens	RT	LRI	K	S1	S2
<i>linalool</i>	<b>11,17</b>	<b>1111,98</b>	<b>57,64</b>	<b>53,98</b>	<b>60,52</b>
<i>eugenol</i>	21,67	1373,49	5,69	2,36	3,78
$\beta$ -elemén	22,65	1397,00	6,29	7,33	4,11
germakrén-D	26,18	1485,57	9,21	8,66	5,78
$\alpha$ -bulnezén ( $\delta$ -guaajén)	27,16	1507,39	5,22	5,37	2,95
Egyéb (5% alatti komponens)			13,27	18,12	18,42
<b>Összesen:</b>			97,32	95,82	95,56
Monoterpén szénhidrogén			1,72	2,00	5,62
Oxidált monoterpén			58,07	58,05	63,57
Szeszkviterpén szénhidrogén			30,75	31,55	19,45
Oxidált szeszkviterpén			0,00	0,00	0,00
Fenilpropán származék			5,69	2,36	3,78
Egyéb			0,00	0,00	0,00

Jelmagyarázat: RT=retenciós idő, LRI= lineáris retenciós index, K= TVK 70 %-a, S1= TVK 50 %-a, S2= TVK 30 %-a.

2010-ben az *O. basilicum* 'Genovese' növények illóolajában az eddigiekhez hasonlóan a *linalool*, mint meghatározó komponens volt jelen a legnagyobb mennyiségben (28. táblázat). A vízhiány fokozódásával a *linalool* részaránya ismét csökkenő tendenciát mutatott. Ezzel fordított arányban az *1,8-cineol*, valamint *tau-kadinol* aránya enyhe mértékben, de fokozatosan emelkedett. A korábbiakhoz hasonlóan a monoterpének részaránya csökkent a vízhiány erősödésével, míg a szeszkviterpéneké emelkedett. A legmagasabb számú (42) komponenst ebben az évben is, akárcsak korábban, az S2 kezelésben részesített növények illóolajából mutattuk ki. A részletes illóolaj összetételt az 5. melléklet szemlélteti.

**28. táblázat** Az *O. basilicum* 'Genovese' fajta illóolaj összetételének változása az eltérő talaj vízkapacitások hatására (Fitotron, 2010)

Komponens	RT	LRI	K	S1	S2
<i>1,8-cineol</i>	8,38	1034,00	13,76	15,08	16,31
<b><i>linalool</i></b>	<b>10,76</b>	<b>1097,00</b>	<b>54,46</b>	<b>54,68</b>	<b>46,10</b>
<i>eugenol</i>	21,44	1361,00	4,51	3,08	5,03
<i>transz-<math>\alpha</math>-bergamotén</i>	24,36	1437,00	5,82	4,84	6,04
<i>tau-kadinol</i>	32,26	1644,00	6,08	5,65	7,49
<i>Egyéb (5% alatti komponens)</i>			15,36	15,59	18,94
<b>Összesen:</b>			99,99	98,92	99,91
Monoterpén hidrokarbon			0,64	0,40	1,54
Oxidált monoterpén			72,05	75,05	67,31
Szeszkviterpén hidrokarbon			14,78	12,72	15,60
Oxidált szeszkviterpén			7,10	6,63	8,96
Fenilpropán származék			5,40	4,11	6,47
Egyéb			-	-	-

Jelmagyarázat: RT=retenciós idő, LRI= lineáris retenciós index, K= TVK 70 %-a, S1= TVK 50 %-a, S2= TVK 30 %-a.

A szabadföldi körülmények között nevelt bazsalikom fajták illóolajának elemzése során megállapítottuk, hogy a meghatározó komponens mind a 4 fajta esetében a *linalool* volt (29. táblázat). A kiegészítő öntözés hatása a komponensek spektrumára és arányára nem volt egyértelmű. A *linalool* részaránya a 'Genovese', 'Keskenylevelű' és 'Wala' fajták esetében enyhe csökkenést mutatott az öntözetlen parcellákon, azonban a 'Kasia' fajtánál jelentősebb mértékű emelkedést figyeltünk meg. Az *1,8-cineol* komponens a 'Genovese' fajta illóolajában halmozódott fel jelentősebb mértékben, melynek részaránya a vízhiány hatására enyhe mértékben növekedett. Bár mind a 4 fajta illóolaja a linaloolos kemotípushoz sorolható, említésre méltó különbség, hogy a lengyel fajták ('Kasia', 'Wala') esetében a *linalil-acetát* is jelentős mértékben (8,73-11,29 %) halmozódott fel.

Az azonosított komponensek számában nem találtunk olyan mértékű emelkedést a kezelés hatására, mint a klímakamrában nevelt növényeknél. A 'Genovese' fajta illóolajából 25-, a 'Kasiaéból' 28-, a 'Keskenylevelűéből' 22-, míg a 'Wala' fajtából 19 komponenst azonosítottunk. A részletes illóolaj összetételt a 6. melléklet szemlélteti.

**29. táblázat A kiegészítő öntözés hatása négy, szabadföldön nevelt bazsalikom fajta illóolaj összetételére (Soroksár, 2009)**

Komponens	RT	LRI	Genovese Öntözött	Genovese Öntözetlen	Kasia Öntözött	Kasia Öntözetlen	Keskenylevelű Öntözött	Keskenylevelű Öntözetlen	Wala Öntözött	Wala Öntözetlen
<i>1,8-cineol</i>	8,38	1034,00	6,53	8,57	7,55	1,08	0,80	1,42	3,23	2,87
<b><i>linalool</i></b>	<b>10,76</b>	<b>1097,00</b>	<b>54,21</b>	<b>52,52</b>	<b>53,37</b>	<b>76,96</b>	<b>70,14</b>	<b>69,12</b>	<b>62,89</b>	<b>62,25</b>
<i>linalil-acetát</i>	17,11	1250,00				8,73			9,60	11,29
<i>α-bulnezén (δ-guajén)</i>	27,16	1506,00	5,68	4,24	4,96	2,03	5,45	5,14	1,55	1,96
<i>tau-kadinol</i>	32,26	1644,00	9,80	10,38	10,09	5,64	8,74	7,91	11,58	10,92
<i>Egyéb (5% alatti komponens)</i>			22,35	22,73	22,54	5,57	14,87	16,33	10,94	10,72
<b>Összesen:</b>			98,57	98,44	98,51	100,01	100,00	99,92	99,79	100,01
Monoterpén hidrokarbon			0,60	0,91	0,76	-	-	-	-	-
Oxidált monoterpén			64,50	65,90	65,21	87,89	73,14	74,34	77,89	78,14
Szeszkviterpén hidrokarbon			21,56	17,87	19,73	6,13	16,43	15,16	8,43	10,02
Oxidált szeszkviterpén			10,79	11,68	11,24	5,99	9,31	8,41	12,29	11,85
Fenilpropán származék			1,12	2,08	1,60	-	1,12	2,01	1,18	-
Egyéb			-	-	-	-	-	-	-	-

Jelmagyarázat: RT=retenciós idő, LRI= lineáris retenciós index.

A 2010-es tenyészidőszakban a bazsalikom fajták illóolaj összetételének módosulásával kapcsolatban (30. táblázat) egyértelmű tendenciát szintén nem sikerült megállapítanunk. 3 fajta ('Genovese', 'Kasia', 'Keskenylevelű') *linalool* tartalma csökkent a vízhiány hatására, azonban a Wala fajta esetében egy jelentősebb (6 %) emelkedést tapasztaltunk. A *linalil-acetát*, mint jelentős komponens ebben az évben is csak a lengyel eredetű fajtákban ('Wala', 'Kasia') volt kimutatható, 10 % körüli mennyiségben. A 'Keskenylevelű' fajta illóolajában jelentős, 10 %-ot meghaladó részarányban jelent meg az *esztragol*, amelyet a korábbiakban nem mutattunk ki ilyen arányban. A *tau-kadinol* aránya 6-8 % között mozgott, azonban sem a fajták szerint, sem az öntözés hatására nem változott jelentős mértékben. A 'Wala' fajta esetében a monoterpén komponensek részaránya emelkedett a vízhiány hatására. Ezzel ellentétes tendenciát mértünk a másik három vizsgált fajta esetében a fitotronos eredményekhez hasonlóan. A részletes illóolaj összetételt a 7. melléklet szemlélteti.

**30. táblázat A kiegészítő öntözés hatása négy, szabadföldön nevelt bazsalikom fajta illóolaj összetételére (Soroksár, 2010)**

Komponens	RT	LRI	Genovese Öntözött	Genovese Öntözetlen	Kasia Öntözött	Kasia Öntözetlen	Keskenylevélű Öntözött	Keskenylevélű Öntözetlen	Wala Öntözött	Wala Öntözetlen
<i>1,8-cineol</i>	8,38	1034,00	6,58	7,80	1,13	3,85	1,46	3,25	3,43	5,24
<b><i>linalool</i></b>	<b>10,76</b>	<b>1097,00</b>	<b>76,27</b>	<b>64,10</b>	<b>75,69</b>	<b>70,47</b>	<b>73,24</b>	<b>61,12</b>	<b>62,77</b>	<b>68,94</b>
<i>esztragon</i>	14,85	1196,00					2,37	12,23	4,78	
<i>linalil-acetát</i>	17,11	1250,00			9,69	10,13			11,58	11,11
<i>tau-kadinol</i>	32,31	1645,61	6,36	8,07	6,13	6,14	7,48	7,18	7,91	6,03
<i>Egyéb (5% alatti komponens)</i>			10,75	20,04	7,38	8,88	15,51	16,21	9,54	7,93
<b>Összesen:</b>			<b>99,96</b>	<b>100,01</b>	<b>100,02</b>	<b>99,47</b>	<b>100,06</b>	<b>99,99</b>	<b>100,01</b>	<b>99,25</b>
Monoterpén hidrokarbon			0,30	0,60	0,17	0,50	0,35	0,53	0,30	0,49
Oxidált monoterpén			83,85	73,75	87,11	85,89	78,05	67,76	78,75	86,92
Szeszkviterpén hidrokarbon			8,94	16,00	6,22	6,52	11,01	11,03	7,75	5,60
Oxidált szeszkviterpén			6,69	9,20	6,57	6,54	8,17	8,13	8,48	6,27
Fenilpropán származék			0,24	0,56	-	0,00	2,56	12,61	4,78	-
Egyéb			-	-	-	0,02	-	-	-	0,04

Jelmagyarázat: RT=retenciós idő, LRI= lineáris retenciós index.

A konténerben nevelt növények esetében az illóolaj összetétele megfelelt a 'Genovese' fajta korábban mért értékeinek (31. táblázat). Az illóolaj meghatározó komponense a *linalool* volt, melynek mennyisége az alacsonyabb vízellátás hatására jelentős mértékben csökkent. A betakarítási időpont nem befolyásolta számottevően a *linalool* felhalmozódását. A *linalool* csökkenésével párhuzamosan az *1,8-cineol* és *tau-kadinol* komponensek mennyisége emelkedett. Mind a két betakarítási időpont esetén megfigyelhető, hogy a monoterpének részaránya a vízhiány hatására csökkent, míg a szeszkviterpén típusú komponensek aránya növekedett. A részletes illóolaj összetételt a 8. melléklet szemlélteti.



**31. táblázat** Az eltérő vízellátás hatása a konténerben nevelt *O. basilicum* 'Genovese' fajta illóolaj összetételére (Konténeres kísérlet, 2010)

Komponens	RT	LRI	1. vágás		2. vágás	
			Öntözött	Öntöztelen	Öntözött	Öntöztelen
<i>l,8-cineol</i>	8,38	1034,00	5,80	10,70	6,76	11,23
<b><i>linalool</i></b>	<b>10,76</b>	<b>1097,00</b>	<b>62,35</b>	<b>43,06</b>	<b>64,90</b>	<b>41,02</b>
<i>transz-<math>\alpha</math>-bergamotén</i>	24,36	1437,00	3,15	4,60	1,77	5,03
<i>tau-kadinol</i>	32,31	1645,61	8,76	11,94	8,20	13,63
<i>Egyéb (5% alatti komponens)</i>			19,88	29,2	18,26	28,92
<b>Összesen:</b>			99,94	99,50	99,89	99,83
Monoterpén hidrokarbon			0,16	0,99	0,46	1,06
Oxidált monoterpén			70,34	60,32	75,36	58,14
Szeszkviterpén hidrokarbon			19,35	22,9	13,72	23,57
Oxidált szeszkviterpén			10,05	15,15	9,86	16,37
Fenilpropán származék			0,11	0,19	0,52	0,69
Egyéb			-	-	-	-

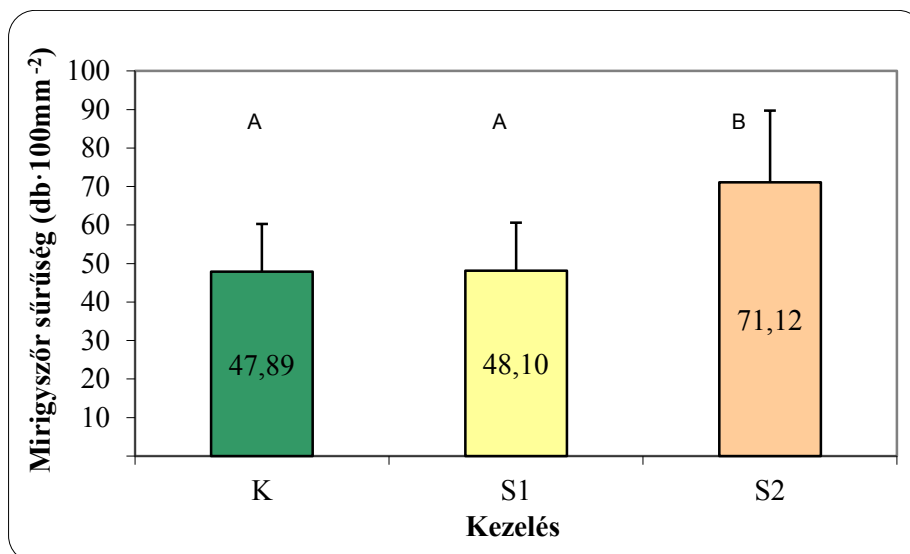
Jelmagyarázat: RT=retenciós idő, LRI= lineáris retenciós index.

#### 4.6. A vízellátottság hatása a borsfű hatóanyagaira

##### 4.6.1. A vízellátottság hatása a borsfű mirigyszőr sűrűségére

2010-ben lehetőségünk adódott megvizsgálni a borsfű levelén található illóolajtartó mirigyszőrök számát, s ezzel meghatározni az egységnyi felületre jutó mirigyszőr sűrűségét.

Megállapítottuk, hogy a csökkenő vízellátás hatására a borsfű levelének fonákán található mirigyszőrök egységnyi felületre vetített száma emelkedik (52. ábra). Amíg az enyhe vízhiánynak kitett növények esetében ez az emelkedés nem haladja meg az 1 %-ot, addig a TVK 30 %-án nevelt növények esetében mintegy 70 %-os növekedést figyelhetünk meg.



**52. ábra** Az eltérő vízellátás hatása a borsfű mirigyszőr sűrűségére (Fitotron, 2009)

Jelmagyarázat: Az eltérő betűk statisztikailag elkülöníthető csoportokat jelölnek.

#### 4.6.2. A vízellátottság hatása a borsfű illóolaj tartalmára

A kísérletek első két ciklusában a klímakamrában nevelt növények illóolaj tartalmára vonatkozóan nem tudtunk statisztikailag kimutatható változást igazolni (32. táblázat). 2008-ban az erős vízhiány hatására a növények illóolaj tartalma mintegy 10 %-kal emelkedett a kontroll növényekhez képest. Ezzel szemben 2009-ben ezzel ellentétes tendenciát figyeltünk meg: az S2 kezelés növényeinek illóolaj tartalma alacsonyabbnak mutatkozott, mint a kontroll növényeké.

2010-ben azonban statisztikailag alátámasztható különbséget mértünk az eltérő vízkapacitáson nevelt növények között. Legmagasabb illóolaj tartalommal az enyhe vízhiánynak (S1) kitett növények rendelkeztek, míg a kontroll és S2 kezelés között nem lehetett a különbséget igazolni.

32. táblázat Az eltérő talaj vízkapacitások hatása a borsfű illóolaj tartalmára (Fitotron, 2008-2010)

Kísérlet éve/fajta	Illóolaj-tartalom (ml·100g <sup>-1</sup> , átlag ± szórás)		
	K (TVK=70 %)	S1 (TVK=50 %)	S2 (TVK=30 %)
2008 / 'Budakalászi'	2,005 ± 0,106	2,040 ± 0,156	2,265 ± 0,049
2009 / 'Budakalászi'	2,127 ± 0,008	1,927 ± 0,163	1,719 ± 0,149
2010 / 'Budakalászi'	4,922 ± 0,223 B	5,300 ± 0,096 A	4,782 ± 0,092 B

Jelmagyarázat: Zöld színnel jelöltük a legmagasabb, míg pirossal a legalacsonyabb átlagértékeket. Soronként eltérő betűk statisztikailag elkülöníthető csoportokat jelölnek.

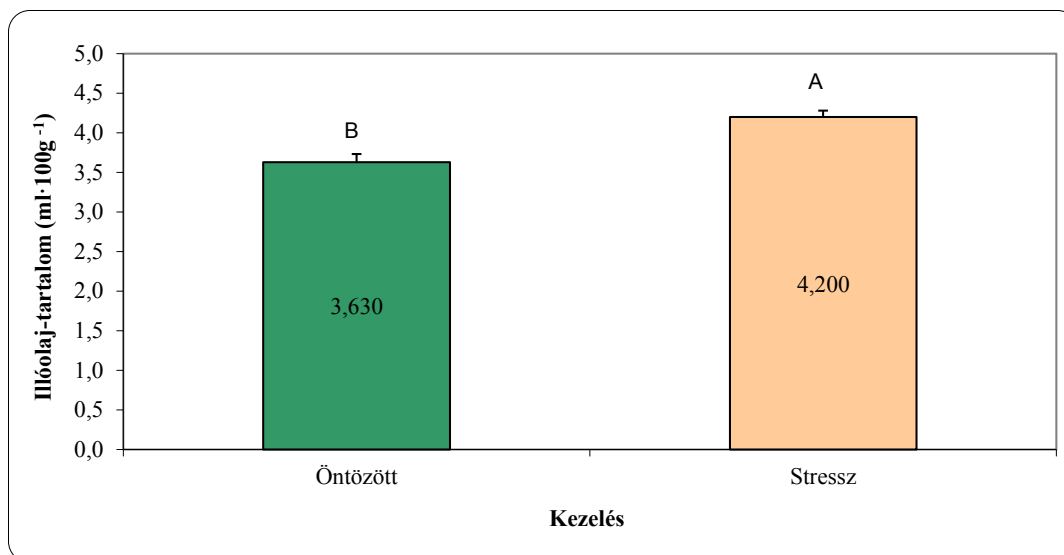
Szabadföldi körülmények között nevelt növények esetében 2008-ban és 2009-ben a kiegészítő öntözésben részesített növények illóolaj tartalma alacsonyabb volt, mint a nem öntözött („stresszelt”) növényeké (33. táblázat). Ezzel szemben a 2010-es tenyészidőszak során, a nagyon csapadékos évjáratban, nem lehetett igazolni a kiegészítő öntözés hatását a növények illóolaj tartalmára.

33. táblázat A kiegészítő öntözés hatása a szabadföldön nevelt *S. hortensis* 'Budakalászi' fajta illóolaj tartalmára (Soroksár, 2008-2010)

Kísérlet éve	Illóolaj tartalom (ml·100 g <sup>-1</sup> ± szórás)	
	Öntözött	Öntöztelen
2008	1,980 ± 0,096 B	2,553 ± 0,247 A
2009	4,289 ± 0,107 B	4,859 ± 0,187 A
2010	4,759 ± 0,052	4,656 ± 0,000

Jelmagyarázat: Soronként eltérő betűk statisztikailag elkülöníthető csoportokat jelölnek.

A konténerben nevelt növények a gyengébb vízellátás hatására szignifikánsan több illóolajat halmoztak fel (53. ábra). A növekedés mértéke meghaladta a 15 %-ot.



**53. ábra** Az eltérő vízellátás hatása a konténerben nevelt borsfűvek illóolaj tartalmára (Konténeres kísérlet, 2010)

Jelmagyarázat: az eltérő betűk az oszlopok fölött szignifikánsan elkülönülő csoportokat jeleznek.

#### 4.6.3. A vízellátottság hatása a borsfű illóolaj összetételére

2008-ban a klímakamrában nevelt borsfű növények esetében a meghatározó komponens minden mintában a *karvakrol* (58,55-64,14 %) volt (34. táblázat). A stresszhatásként beállított intenzívebb vízmegvonás esetében a *karvakrol* aránya minimális mértékben csökkent a kontrollhoz képest. Ezzel ellentétes változás volt megfigyelhető a *γ-terpinén* (32,43-37,44 %), mint jelentős komponens esetében. Az illóolaj mintákból összesen 10 komponenst sikerült kimutatnunk, a legnagyobb számban az S1 kezelés esetében. A részletes illóolaj összetételt a 9. melléklet szemlélteti.

**34. táblázat** A *S. hortensis* 'Budakalászi' fajta illóolaj összetételének változása az eltérő talaj vízkapacitások hatására (Fitotron, 2008)

Komponens	RT	LRI	K	S1	S2
<i>p-cimol</i>	8,09	1027,95	1,15	1,45	1,62
<i>γ-terpinén</i>	<b>9,20</b>	<b>1060,02</b>	<b>32,43</b>	<b>37,44</b>	<b>36,05</b>
<i>karvakrol</i>	<b>19,37</b>	<b>1317,71</b>	<b>64,14</b>	<b>56,69</b>	<b>58,55</b>
<i>Egyéb (5% alatti komponens)</i>			2,29	4,4	3,69
<b>Összesen</b>			100,00	99,98	99,91
Monoterpén szénhidrogén			35,87	43,16	41,36
Oxidált monoterpén			64,14	56,69	58,55
Szeszkviterpén szénhidrogén			-	0,13	-
Oxidált szeszkviterpén			-	-	-
Fenilpropán származék			-	-	-
Egyéb			-	-	-

Jelmagyarázat: RT=retenciós idő, LRI= lineáris retenciós index, K= TVK 70 %-a, S1= TVK 50 %-a, S2= TVK 30 %-a.

A 2009-ben fitotronban nevelt növényeknél az előző évhez hasonló eredményeket kaptunk (35. táblázat). Meghatározó komponensek a *karvakrol* (57,26-59,04 %) és a *γ-terpinén* (29,85-31,45 %) voltak. Megállapítható, hogy az eltérő vízellátottság hatására csupán csekély

mértékben változott a növények illóolaj összetétele. Hasonlóan kis mértékben változott a különböző terpenoid csoportokba tartozó vegyületek aránya. Összesen 14 komponens került meghatározásra, és a komponensek száma nem változott a kezelések hatására. A részletes illóolaj összetételt a 10. melléklet szemlélteti.

**35. táblázat A *S. hortensis* 'Budakalászi' fajta illóolaj összetételének változása az eltérő talaj vízkapacitások hatására (Fitotron, 2009)**

Komponens	RT	LRI	K	S1	S2
<i>p-cimol</i>	8,09	1027,95	3,57	4,42	5,09
<i>γ-terpinén</i>	9,20	1060,02	30,88	31,45	29,85
<i>karvakrol</i>	19,37	1317,71	57,26	56,28	59,04
<i>Egyéb (5% alatti komponens)</i>			8,29	7,85	6,00
<b>Összesen:</b>			100,00	100,00	99,98
Monoterpén szénhidrogén			41,75	42,72	39,98
Oxidált monoterpén			41,75	42,72	39,98
Szeszkviterpén szénhidrogén			57,6	56,63	59,38
Oxidált szeszkviterpén			0,68	0,67	0,67
Fenilpropán származék			-	-	-
<i>Egyéb</i>			-	-	-

Jelmagyarázat: RT=retenciós idő, LRI= lineáris retenciós index, K= TVK 70 %-a, S1= TVK 50 %-a, S2= TVK 30 %-a.

A friss mintákból SPME technika segítségével meghatározásra került az illó komponensek összetétele (36. táblázat). Az ezzel a módszerrel meghatározott illó komponensek aránya jelentős mértékben eltér a lepárolt illóolaj összetételétől. Bár a *karvakrol* a friss mintákban is előfordult, azonban annak aránya csupán tizede az illóolajban mért értéknek. A *γ-terpinén* részaránya ezzel egyetemben jelentősen magasabb a friss mintákban, mint a szárított drogból lepárolt olajban. A *p-cimol* és *α-terpinén* mennyisége és jelenléte említést érdemel, hiszen ezen komponensek aránya szintén magasabb volt a lepárolt olajhoz képest. A részletes illóolaj összetételt a 11. melléklet szemlélteti.

**36. táblázat A klímakamrában nevelt *S. hortensis* 'Budakalászi' fajta illékony komponenseinek változása (SPME) az eltérő vízellátás hatására (Fitotron, SPME, 2009)**

Komponens	RT	RI	K	S1	S2
<i>α-pinén</i>	5,48	934,88	5,14	5,14	4,73
<i>α-terpinén</i>	7,79	1019,28	7,12	6,24	7,05
<i>cimol</i>	8,09	1027,95	14,77	14,61	5,77
<i>γ-terpinén</i>	9,20	1060,02	55,71	49,65	61,82
<i>karvakrol</i>	19,37	1317,71	5,26	8,61	5,11
<i>kariofillén</i>	23,68	1422,97	1,50	5,74	3,55
<i>Egyéb (5% alatti komponens)</i>			11,91	15,71	15,52
<b>Összesen:</b>			99,91	99,96	100,00
Monoterpén szénhidrogén			92,93	85,2	89,71
Szeszkviterpén szénhidrogén			5,37	8,70	6,45
Szeszkviterpén szénhidrogén			1,60	6,08	3,84

Jelmagyarázat: RT=retenciós idő, LRI= lineáris retenciós index, K= TVK 70 %-a, S1= TVK 50 %-a, S2= TVK 30 %-a.

2010-ben a klímakamrában nevelt növények illóolajából az addigi legnagyobb számú komponenst sikerül elválasztani (16 komponens) (37. táblázat). A meghatározó komponensek ez esetben is a fajra jellemző *karvakrol* és a  $\gamma$ -*terpinén* voltak. A csökkenő vízellátás hatására a kontrollhoz képest a *karvakrol* részaránya csekély mértékben emelkedett, míg a  $\gamma$ -*terpinén* aránya csökkent. Három komponenst (*transz-szabinén-hidrát*; *terpinén-4-ol*; *timol*) – igaz nagyon kis mennyiségben – csak a legkisebb vízellátáson nevelt növények esetében mértünk. A részletes illóolaj összetételt a 12. melléklet szemlélteti.

37. táblázat A *S. hortensis* 'Budakalászi' fajta illóolaj összetételének változása az eltérő vízellátás hatására (Fitotron, 2010)

Komponens	RT	RI	K	S1	S2
<i>p-cimol</i>	8,09	1025,86	2,45	2,67	3,5
<b><math>\gamma</math>-terpinén</b>	<b>9,20</b>	<b>1055,53</b>	<b>32,30</b>	<b>29,67</b>	<b>30,06</b>
<b><i>karvakrol</i></b>	<b>19,20</b>	<b>1299,53</b>	<b>56,66</b>	<b>60,65</b>	<b>59,82</b>
<i>Egyéb (5% alatti komponens)</i>			8,52	7,01	6,62
<b>Összesen:</b>			99,93	100,00	100,00
Monoterpén szénhidrogén			42,01	38,06	38,97
Oxidált monoterpén			56,73	60,75	59,89
Szeszkviterpén szénhidrogén			1,22	1,2	1,14

Jelmagyarázat: RT=retenciós idő, LRI= lineáris retenciós index, K= TVK 70 %-a, S1= TVK 50 %-a, S2= TVK 30 %-a.

A szabadföldön nevelt borsfű növények illóolájának összetétele nem különbözött számottevő mértékben a klímakamrában nevelt növényekéhez képest (38. táblázat). A kísérletek mindhárom évében a meghatározó komponensek a *karvakrol* és a  $\gamma$ -*terpinén* voltak. A *karvakrol* mennyisége a kiegészítő öntözés hatására a 2008-as évben emelkedett. 2009-ben és 2010-ben azonban nem változott számottevően. A  $\gamma$ -*terpinén* felhalmozódásában nem tapasztaltunk jelentős eltéréseket. A részletes illóolaj összetételt a 13. melléklet szemlélteti.

38. táblázat A *S. hortensis* 'Budakalászi' fajta illóolaj összetételének változása a kiegészítő öntözés hatására (Soroksár, 2008-2010)

Komponens	RT	LRI	2008		2009		2010	
			Öntözött	Öntözetlen	Öntözött	Öntözetlen	Öntözött	Öntözetlen
<i>p-cimol</i>	8,09	1027,95	5,67	6,03	3,24	3,86	3,19	3,27
<b><math>\gamma</math>-terpinén</b>	9,20	1060,02	<b>30,05</b>	<b>34,85</b>	<b>35,76</b>	<b>34,96</b>	<b>28,83</b>	<b>31,37</b>
<b><i>karvakrol</i></b>	19,37	1317,71	<b>57,52</b>	<b>51,57</b>	<b>50,97</b>	<b>50,74</b>	<b>59,90</b>	<b>59,18</b>
<i>Egyéb (5% alatti komponens)</i>			6,76	7,55	10,03	10,44	8,03	6,18
<b>Összesen:</b>			100,00	100,00	100,00	100,00	99,95	100,00
Monoterpén szénhidrogén			41,39	47,73	46,44	47,21	38,65	40,30
Oxidált monoterpén			57,69	51,73	52,60	51,80	60,24	59,18
Szeszkviterpén szénhidrogén			0,92	0,54	0,96	0,99	1,08	0,54

Jelmagyarázat: RT=retenciós idő, LRI= lineáris retenciós index.

A konténerben nevelt növények mintáiban az ezt megelőző kísérletekhez hasonló tendenciát tapasztaltunk (39. táblázat). A *karvakrol*, mint a legnagyobb mennyiségben jelenlévő komponens aránya 51-54% között változott, míg ezt a  $\gamma$ -terpinén követte, 34-37 %-os mennyiségben. Elmondható, hogy a vízhiány fokozódásával nem találtunk jelentős, meghatározó változást a növények illóolajának összetételében. A részletes illóolaj összetételt a 14. melléklet szemlélteti.

39. táblázat A konténerben nevelt *S. hortensis* 'Budakalászi' fajta illóolaj összetételének változása az eltérő vízellátás hatására (Konténeres kísérlet, 2010)

Komponens	RT	LRI	Öntözött	Öntözetlen
<i>p-cimol</i>	8,09	1025,86	3,34	3,38
<b><math>\gamma</math>-terpinén</b>	<b>9,20</b>	<b>1055,53</b>	<b>36,67</b>	<b>34,00</b>
<b><i>karvakrol</i></b>	<b>19,20</b>	<b>1299,53</b>	<b>51,44</b>	<b>54,68</b>
<i>Egyéb (5% alatti komponens)</i>			8,55	7,91
<b>Összesen:</b>			100,00	99,97
Monoterpén szénhidrogén			47,67	44,37
Oxidált monoterpén			51,48	54,78
Szeszkviterpén szénhidrogén			0,88	0,85

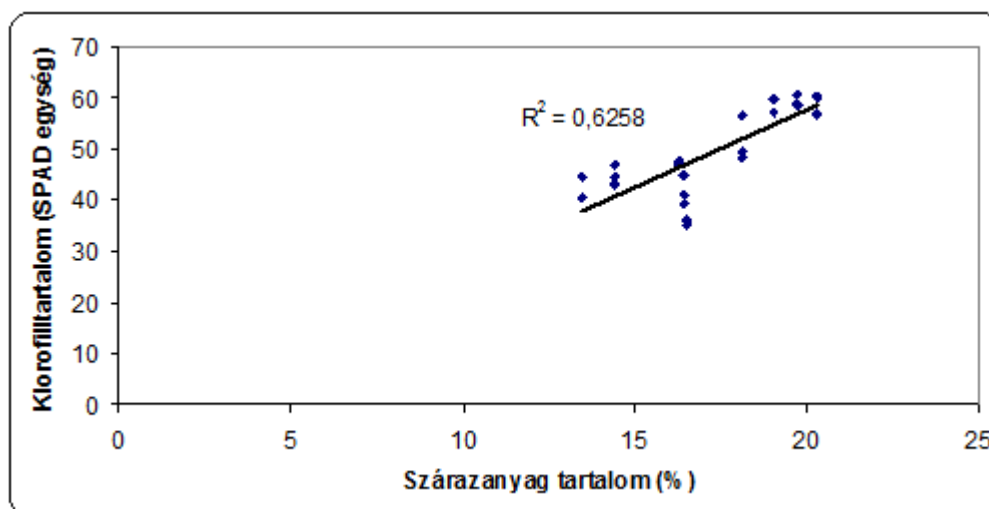
Jelmagyarázat: RT=retenciós idő, LRI= lineáris retenciós index.

## 5. KÖVETKEZTETÉSEK

### 5.1.1. A bazsalikom élettani paramétereinek változása az eltérő vízellátás tükrében

A bazsalikom esetében minden méréskor megállapítottuk, hogy a fokozódó vízhiány hatására jelentősen csökken a növények *vízpotenciálja*. Méréseink tartománya egybeesik Simon et al. (1992) méréseivel, miszerint a fokozott szárazságstressz hatására a bazsalikom növények vízpotenciálja -0,3 MPa-ról -1,12 MPa-ra (-11,2 bar-ra) csökkent. Barbieri et al. (2012) fokozódó NaCl stressz hatására (200 mM NaCl oldat) az általunk, erős szárazságstressz esetében tapasztalt értéket mért (-1,34 MPa).

A tartós vízhiány egyik jellemző tünete, hogy a növények hervadnak, megsárgulnak, a leveleiket elvesztik. Inamullah és Akihiro (2005) vízhiány hatására szója és gyapot növények esetében is a SPAD értékek jelentős csökkenését tapasztalták, míg Guerfel et al. (2009) az *Olea europea* leveleiben 30-40 %-os klorofilltartalom csökkenést tapasztalt. Ezzel szemben a klímakamrában nevelt bazsalikomok esetében a sárgulással ellentétes tünetet figyeltünk meg. A növények zöld színe szemmel láthatóan erősödött, valamint a klorofill tartalomra utaló *SPAD értékek* is emelkedtek. Ebben a tendenciában valószínűleg nagy szerepet játszik, hogy a vízhiány hatására a sejtek elvesztik turgorukat, összetöppednek, közelebb kerülnek egymáshoz. A módszerrel az egységnyi területen elnyelt fény mennyiségét mérjük. Amennyiben a mérési felületen a sejtek közelebb vannak egymáshoz, úgy a fényelnyelés is nyilvánvalóan jelentősebb. Ezt igazolandó, 2009-ben a klímakamrás kísérletben, a klorofilltartalom mérése során meghatároztuk a vizsgált levelek szárazanyag tartalmát is (54. ábra). Ennek alapján kimutattuk, hogy a szárazanyag tartalom és a klorofilltartalom között erős, lineáris összefüggés áll fenn ( $r=0,791$ ). Bár a szabadföldön nevelt növények esetében az eltérés (zöld szín változása) nem volt szemmel látható, de a mérések során egyértelműen magasabb SPAD értékeket detektáltunk az öntözetlen növényeken. Analitikai módszerekkel történő klorofill a és b meghatározással az általunk mért tendenciának ellentmondó eredményre jutott Khalil et al. (2010), ugyanis a klorofill a+b mintegy 35 %-kal csökkent a fokozódó vízhiány hatására. Ebben elsősorban az eltérő mérési módszernek lehet szerepe.



54. ábra A szárazanyag tartalom és SPAD - klorofilltartalom közötti kapcsolt *O. basilicum* 'Genovese' fajta esetében (Fitotron, 2009)

A sztómakonduktancia értéke jelentős mértékben (egy nagyságrenddel) csökkent a vízhiány fokozódásával. Ezt a tendenciát mindhárom kísérlet típus esetén megfigyeltük. Bár a sztómakonduktancia pillanatnyi értéket mutat, azonban hosszú távon a víztranszport lassulása (leállása) jelentős mértékben kihat a növények primer anyagprodukcijára. Stressz hatására a növények bezárják sztómáikat (alacsony sztómakonduktancia), ezzel azonban nem csak a párologtatást csökkentik, hanem a CO<sub>2</sub> felvételét is gátolják, s így jelentős gátat szabnak a fotoszintézisnek. Szabadföldi parcellás és konténeres körülmények között jóval magasabb sztómakonduktancia értékeket mértünk, mint a klímakamrában. Ennek oka az intenzívebb megvilágításban, illetve a levelek magasabb hőmérsékletében keresendő. A levelek hőmérsékletüket leginkább párologtatással tudják szabályozni. A klímakamrákban a fotoszintetikusán aktív sugárzás (PAR) 370  $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$  volt, ezzel szemben szabadföldön gyakran mértünk 2000  $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$  feletti PAR-t.

A bazsalikom élettani paramétereinek változása tehát arra utal, hogy a kísérleteinkben alkalmazott vízellátási kezelések következtében tényleges módosulások történtek az anyagcserében, azaz az alkalmazott kezelések stresszorként hatottak.

### 5.1.2. A borsfű élettani paramétereinek változásai az eltérő vízellátás tükrében

A borsfű növények *vízpotenciálja* jelentős mértékben csökkent a csökkenő vízellátással párhuzamosan. Ez a tendencia minden kísérlet típus esetén beigazolódott. Az általunk mért értékek jóval, csaknem 10 bar-ral alacsonyabbak voltak, mint Baher et al. (2002) által mért értékek. Gershenzon et al. (1978) a rokon *S. douglasii* faj esetében az általunk mért vízpotenciálhoz hasonló értékeket mért. A vízhiány erősödésével egyetemben azonban mindkét



kutatócsoport az általunk is detektált tendenciát tapasztalta, vagyis erősödő vízhiány hatására negatívabb  $\Psi$ -t mértek.

A növények *klorofilltartalma* csak a tőzeg közegben nevelt növények esetében változott igazolható mértékben, a vízhiány fokozódásával növekedett a klorofilltartalom. Összefüggést keresve a növények klorofill tartalma és a szárazanyag tartalom között kimutattuk, hogy azok között erős, pozitív korreláció áll fent ( $r=0,941$ ). Vagyis a növények víztartalma befolyásolta a klorofill tartalomra vonatkozó értékeket. A szabadföldi kísérletek során nem találtunk igazolható eltéréseket, noha 2010-ben, - akárcsak a bazsalikomban, - a SPAD egység átlagok emelkedtek a stresszelt növényekben. Fontos megemlíteni, hogy a kontrollált és szabadföldi körülmények között nevelt növények között jelentős eltéréseket tapasztaltunk. A klímakamrában, stressz hatásnak kitett növények klorofill tartalma csaknem a duplája volt a szabadföldön mért legmagasabb értékeknek. Ennek oka feltehetően a megvilágítás különbözőségében rejlik.

A *sztómakonduktancia* mérése a borsfű növények kis mérete miatt csak nehezen volt megoldható. A gázcsere nyitottsága erős vízhiány hatására a negyedére csökkent a vízzel jól ellátott növényekhez képest.

### **5.1.3. A kerti bazsalikom és egyéves borsfű élettani paramétereinek összehasonlítása**

A két növényfaj esetében mért értékeket összehasonlítva megállapíthatjuk, hogy a csökkenő talaj víztartalom mindkét növény *vízpotenciálját* jelentős mértékben csökkentette. Kontrollált körülmények között, valamint szabadföldi konténeres kísérlet esetében is a borsfűnél mértünk negatívabb vízpotenciált. Ez az érték utalhat a két faj eltérő igényeire, de egyben magyarázhatja is az eltérő igényeiket. Negatívabb vízpotenciál esetében magasabb a gradiens a talaj vízpotenciálhoz képest, vagyis a növények szívóereje jelentősebb. Ezt használhatja ki a borsfű a rossz vízellátottság esetében: a gyökereken keresztül képes lehet felszívni azt a vizet is, amit egy magasabb, (nullához közelebb álló) vízpotenciálú növény már nem tud felvenni, így a borsfű számára feltehetően azok a vízkészletek is elérhetőek, amelyek a bazsalikomnak már nem.

Mindkét faj esetében a klímakamrában nevelt növényeknél jelentkezett erősebben a levelek *klorofilltartalom* változása, ami abban nyilvánult meg, hogy az alacsonyabb vízellátottság mellett a klorofilltartalom emelkedett. Mindkét fajnál közel 50 %-os növekedést mértünk az S2 kezelések következtében a kontrollhoz képest. Azonban azt is sikerült kimutatnunk, hogy a klorofilltartalom változás – mindkét fajban – nem feltétlenül egységnyi száraz tömegre vetítve változik, hanem egységnyi felületre vonatkoztatva. Ennek tükrében a SPAD műszeres mérés feltételesen ad csak információt a stresszállapotról.

A bazsalikom és a borsfű *RWC* %-a nagyon hasonló mértékben változott. Az enyhe vízhiány hatására is detektálható volt mindkét fajnál a víztartalom csökkenése, ami az erős vízhiány hatására (S2 kezelés, TVK 30 %-a) drasztikus mértéket öltött. A két faj *RWC* értékei között nem lehet lényeges, nagyságrendi különbséget találni.

A fajok sztómakonduktanciája ellenben jelentős mértékben eltért egymástól. Klímakamrában a bazsalikom sztómakonduktanciája a vízzel jól ellátott növények esetében 40-60  $\text{mmol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$  értékkel magasabb volt, mint a borsfűé. A legalacsonyabb értékek között azonban nem volt ilyen mértékű eltérés. Vagyis jó vízellátottság esetén a bazsalikom erősebben párologtat, ami egyben utalhat és magyarázhatja is a bazsalikom - borsfűhöz viszonyított – vízigényesebb voltát.

Adataink arra utalnak, hogy mindkét fajban kimutatható volt a vizsgált élettani jellemzők módosulása a kezelések következtében. Ezek tendenciája hasonlóan mutatkozott, de a nagyságrend ezt tekintve fajonként eltért, ami specifikus jellegre enged következtetni.

#### **5.2.1. A bazsalikom produkcióbiológiai jellemzői**

A vízellátás hatását vizsgálva a bazsalikomra egyértelműen megállapítható, hogy a fokozódó vízhiány jelentős mértékben befolyásolja a növények produkcióját. Mindhárom kísérlettípusban (klímakamra, szabadföld, szabadföldi konténer) a korábbi szakirodalmi adatokkal egyező tendenciákat tapasztaltunk (Khalid, 2006; Simon et al., 1992), vagyis a fokozódó vízhiány hatására csökkent a biomassa produkció.

Akárcsak a friss tömeg tekintetében, a száraz tömegeknél is jelentős hatást detektáltunk az összes kísérlet során. Egyes esetekben a friss tömegek eredményeihez képest módosult a kezelések hatása: a klímakamrás kísérletekben a friss tömegek alapján mindhárom vízellátás hatására három, statisztikailag elkülöníthető csoportot kaptunk, a drogtömegeket vizsgálva viszont a három eltérő vízellátás csak két statisztikailag elkülönülő csoportot alkotott. Ennek egyik oka lehet, hogy a friss tömegek nagyobb hányadát a növény víztartalma adja, s ebből kifolyólag e tulajdonság gyorsabban változik, mind a napszak, mind pedig az öntözési ciklusok során. Ehhez képest a drogtömegeknél a vízzel, mint tényezővel gyakorlatilag nem kell számolnunk. Ez a feltételezés a növények relatív víztartalmának vizsgálata során beigazolódott. Az enyhébb vízhiány kezdetben csak a víztartalom csökkenését okozza, majd a fokozódó szárazság hatására a növények asszimilációja és szárazanyag tartalma is csökken.

A kísérleteink alapján megállapítottuk, hogy a vízhiány befolyásolhatja a növények levélarányát, amit korábbi publikációk szerzői nem közöltek. Ez a változás ugyan csekély mértékű, de kimutatható. A gyakorlat szempontjából érdekes megfigyelés, hiszen a hatóanyagot (illóolajat) a levelek, illetve a virágzat tartalmazza, s így ezen szervek magasabb aránya egy

értékesebb növényi anyagot reprezentálhat. Azonban azzal is mindenképp számolni kell, hogy a levelek és virágzat aránya növekszik ugyan relatív értelemben, de az egységnyi felületről betakarítható levelek és virágok mennyisége a vízhiány hatására jelentős mértékben csökkenhet.

A növénymagasság olyan tulajdonság, amelyet az eltérő vízellátottság minden kísérletben befolyásolt, s a csökkentett vízellátás hatására a növények minden esetben alacsonyabbra nőttek. A friss tömeg és a növénymagasság között erős, pozitív korrelációt találtunk, vagyis a magasabb növényektől nagyobb biomasszát is várhatunk. Önmagában azonban a növénymagasság nem elégséges egy esetleges hozambecsléshez. Ehhez mindenképp tisztában kell lenni a fajták egyéb növekedési jellemzőivel (pl.: bokorátmérő, elágazásszám). Razmjoo et al. (2008) kamilla, valamint Laribi et al. (2009) konyhakömény modellnövényeken a vízellátás csökkenésével párhuzamosan szintén a magasság csökkenését tapasztalta.

A bazsalikom produkcióját jellemző paraméterek a csökkenő vízellátottság hatására mindhárom kísérleti típus esetén hasonló tendencia szerint változtak: vízhiány hatására a növénymagasság, a friss- és száraztömeg csökkent, míg a levélarány enyhe emelkedése volt megfigyelhető. A klímakamrában végzett kísérlet során megjegyzendő, hogy a 2008-as év homok+perlit (1:1 v/v %) közegében a növények jóval kisebb zöld tömeget fejlesztettek, mint a későbbi években alkalmazott közegben (Rekyva Remix 2D : Blühfix : perlit – 7:2:1 v/v %). Ez igazolja a nevelő közeg lecserélésének szükségességét.

A fajtákat összehasonlítva megállapítottuk, hogy a 'Kasia' és 'Keskenylevelű' fajták nagyobb hozamra képesek. A friss és száraz tömegek azonban további szempontokkal (levélarány, illóolaj-tartalom, stb.) kiegészítve adhatnak csak jó jellemzést a gyakorlat számára.

### **5.2.2. A borsfű produkcióbiológiai jellemzői**

Megállapítható, hogy bizonyos fókig várakozásunkkal ellentétben, a vízhiány erős hatással volt a borsfű produkcióját jellemző tulajdonságokra.

A növénymagasság a szárazságstressz hatására kontrollált körülmények között csökkent, míg szabadföldön nem volt kimutatható eltérés. Mindez annak tükrében méltó említésre, hogy a növények friss tömege változott ugyan, azonban ez a változás nem annak volt köszönhető, hogy a növények magasabbra nőttek volna. A növénymagasság egyike azon paramétereknek, amelyek közvetlen utalhatnak a növények produkciójára. A borsfű esetében azonban nem lehet egyértelműen kijelenteni, hogy a magasabb növények nagyobb biomassa produkcióra lennének képesek. Szabadföldi körülmények a növények nem vertikális kiterjedésben, hanem sokkal inkább horizontálisan fejlődtek, vagyis nagyobb átmérőjű bokrokat képeztek. A megfigyelést saját mérésekkel igazoltuk.

A vízhiány fokozódására a friss és száraz tömegek általános csökkenésével válaszoltak a növények. Eltérés tapasztalható azonban a klímakamrában és a szabadföldön nevelt növények között.

Klímakamrás kísérletek során, a magasabb talajvízkapacitás minden esetben pozitívan befolyásolta a növények friss- és drogtömegét. Megemlítendő, hogy a 2008-ban beállított kísérlet során a növények lényegesen alacsonyabb friss hozammal rendelkeztek, mint a későbbi kísérletekben. Ennek feltételezhető oka az eltérő tápközeg kiválasztásában van. A homok és perlit közeg kedvezőtlennek bizonyult a későbbiek során alkalmazott keverékekhez képest.

Szabadföldi körülmények között a kiegészítő öntözés csak a kifejezetten száraznak tekinthető, 2009-es évben emelte meg a növények friss tömegét, hasonlóan a Baher et al. (2002) által leírtakhoz. A kísérletek másik két évében nem sikerült igazolható hatást detektálni. Ennek feltételezhető oka, hogy a kifejezetten szárazságtűrőnek tartott borsfű a fejlődéshez szükséges vízigényét a természetes csapadékból fedezni tudta, s a többlet víz már átlendítette a növényeket az optimumon.

Csupán a konténerben nevelt növények levélaránya emelkedett a gyengébb vízellátás hatására. Emellett ezen kísérlet során erős pozitív összefüggést találtunk a drogtömeggel. Ilyen jellegű korreláció korábban nem került kimutatásra.

### **5.2.3. A bazsalikom és borsfű produkciójának változása az eltérő vízellátás tükrében**

A két növény ökológiai igényeit a korábbi tapasztalatok és a szakirodalom (Lenchés, 2000; Halászné, 2000) szerint is különbözőnek tekinthetjük. A vízhiány és a kiegészítő öntözések is eltérően befolyásolták a két faj produkcióját jellemző paramétereket. A növények friss és száraz tömege mindkét faj esetében erősen függött a vízellátottságtól. Alacsonyabb vízellátottság hatására kisebb biomassa produkció volt jellemző. A két faj vízellátottsági optimuma egymástól eltérő. Jól mutatja ezt, hogy a csapadékosabb, 2010-es tenyészidőszak során a borsfű növények biomasszáját nem növelte szignifikánsan az öntözés, míg a bazsalikom esetében több fajtánál is csökkentek a friss tömegek az öntözetlen kontroll parcellákon az öntözött kezeléshez képest. Ennek feltételezhető oka lehet, hogy a borsfű a csapadékos évjáratban természetes csapadékból tudta fedezni az optimális fejlődéshez szükséges vízmennyiséget, a bazsalikom ezzel szemben még ekkor is csak a kiegészítő öntözéssel együttesen érte el az optimálisához közeli állapotot. A drogtömeg szempontjából azonban a csapadékos 2010-es évben a bazsalikom esetében sem tudtuk igazolni a kiegészítő öntözés hatását. Ez jól szemlélteti, hogy a friss és száraz tömegek együttesen lehetnek alkalmasak a vízellátottság hatásának kimutatására, ha a hozamot vizsgáljuk. A friss tömeg dinamikus mutatónak tekinthető, hiszen a gyors vízfelvétel révén a növények hamar visszanyerik turgorukat

s tömegük jelentős részét is. A száraz tömeg ezzel szemben jóval statikusabb mutató, az anyagcsere intenzitását, a hasznos produktumot jellemzi és a stressz közvetlenebb jelzője lehet.

A bazsalikom levélaránya a vízhiány hatására enyhén emelkedett mind a klímakamrában, mind pedig szabadföldön. A borsfűnél jóval kisebb mértékű változást detektáltunk, aminek oka lehet az eredetileg is alacsonyabb levélarány. Megállapítható, hogy az alkalmazott kezelések csak bizonyos paraméterek esetében jelentkeztek stressz hatásként, míg más paraméterek szempontjából nem okoztak alkalmazkodási kényszerszert a növényekben.

A két növényfaj növekedési típusa eltér egymástól. A bazsalikom jellemzően felálló habitusú növény, míg a borsfű formáját inkább a gömb, vagy az elliptikus gömb alakkal jellemezhetjük. A bazsalikom esetében a magasabb vízellátottság magasabb növényeket eredményezett minden kísérlettípusban. Ezzel szemben a borsfű növényeknél csupán a klímakamrában nevelt növényeknél tapasztaltuk ezt a tendenciát, szabadföldön nem. Ennek oka lehet, hogy a klímakamrákban (14,5 klx) és a szabadföldön mérhető fényintenzitás (>25 klx) eltérő volt. A klímakamrában a növények minden esetben enyhén megnyúltak voltak, ami a vízhiány hatását fokozhatta.

### **5.3.1. A kerti bazsalikom hatóanyagainak változása az eltérő vízellátás tükrében**

Bazsalikom levelein a vízhiány hatására a klímakamrákban és szabadföldön is emelkedett az egységnyi felületen fellelhető illóolajtartó mirigyszőrök sűrűsége. Az, hogy ez tényleges gyarapodás-e, azonban kevéssé valószínű. Amennyiben elfogadjuk Werker et al. (1993) állítását, miszerint a mirigyszőrök sűrűsége a levélkezdeményeken a legmagasabb, majd a levéllemez növekedésével az egységnyi felületre eső mirigyszőrök száma csökken, úgy feltételezhetjük, hogy a kifejlett leveleken található mirigyszőrök száma már nem változik jelentős mértékben a környezeti tényezők hatására. Vagyis feltételezhető, hogy a mirigyszőrök száma már a levélkezdemények kialakulásakor determinált, és a nevelési körülmények azt csak közvetetten befolyásolják a levélfelület nagyságán keresztül. Korábbi kísérleteink során ugyanakkor megállapítottuk, hogy a bazsalikom levélfelülete csökken a vízhiány hatására, ami a fentieket támasztja alá (Radácsi et al., 2010). Khalil et al. (2010) szintén ezzel egyező tapasztalatokat szerzett bazsalikomnál.

Szabadföldi kísérleteinkben az is bebizonyosodott, hogy a 4 vizsgált bazsalikomfajta mirigyszőr sűrűsége jelentős eltérést mutat. Az illóolaj tartalom változása azonban nem követte a fajták mirigyszőr sűrűségét, ami arra utal, hogy a mirigyszőrök száma önmagában nem alkalmas arra, hogy azon keresztül közvetlenül becsülhessük az illóolaj tartalmat. A növények illóolaj tartalmának változása nem feltétlenül a mirigyszőrök számának változásában keresendő, hanem más ökológiai, vagy élettani oka lehet.

Általánosságban elmondható, hogy a növények illóolaj tartalma jelentősen nem változott, vagy enyhe emelkedést mutatott a stresszkezelésben részesített növényekben a kontroll növényekhez képest. Az illóolaj-tartalomban azonban jelentős eltérések voltak az eltérő kísérleti helyszíneken. Statisztikailag igazolható emelkedést az illóolaj tartalomra nézve csak a szabadföldi parcellákon tapasztaltunk.

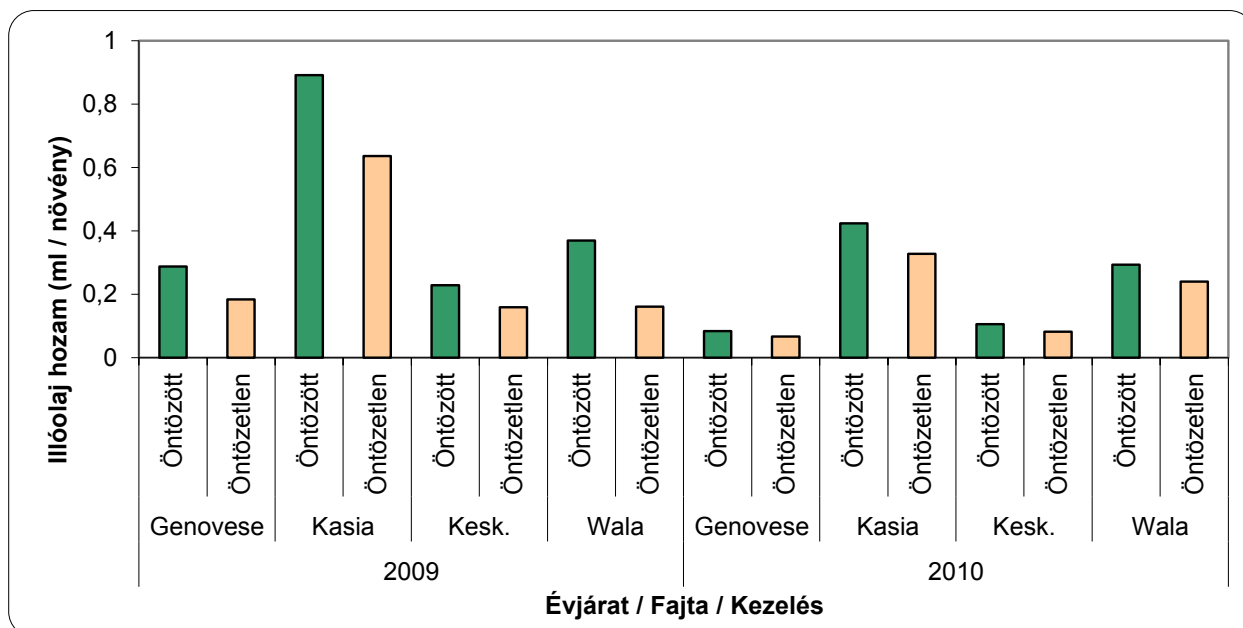
Simon et al. (1992) az általunk detektált változásnál sokkal határozottabb változást írt le, miszerint az erős szárazságstressz hatására az illóolaj-tartalom csaknem a duplájára emelkedett. Khalid (2006) kísérletei során a 100 %-os szabadföldi vízkapacitáshoz képest magasabb (túlöntözött) és alacsonyabb vízellátás esetén is magasabb illóolaj tartalmat mért. Khalil et al. (2010) *O. basilicum* 'Thai Magic' fajta esetében a 70 %-os talajvíz hiány hatására a 30 %-os hiányhoz képest több mint háromszoros emelkedést detektált.

Szabadföldi körülmények között a 2009-es csapadékos évben megállapítottuk, hogy az öntözetlen parcellák esetében magasabb illóolaj-tartalmat értek el a növények. 2010-ben ezzel szemben az öntözés illóolajtartalmat módosító hatását nem tudtuk kimutatni.

Bebizonyosodott, hogy a nemesített fajták, intraspecifikus taxonok között mind az illóolajtartalomban, mind annak reakciójában eltérések lehetnek. A bazsalikom 'Kasia' fajtája halmozta fel minden alkalommal a legtöbb illóolajat a többi vizsgált fajtához képest.

Ugyanakkor az is megfigyelhető, hogy a növények reakciójában jelelős évjárat hatása jelenik meg. Ez megegyezik Zámboriné et al. (2005) bazsalikomnál nyert tapasztalataival. Feltételezhető tehát, hogy a konkrét vízmennyiség, dózis a hatóanyagokkal kapcsolatos válaszreakciókat jelentősen befolyásolja, a tendenciákat akár meg is fordíthatja. Ez a napjainkban hazánkban tapasztalható, igen változó időjárási körülmények között a termesztést bizonytalanná teheti.

A fajták produktivitását azonban nem csupán az illóolaj-tartalom jellemzi, hanem az növény által termelt összes illóolaj is. A szárazanyagprodukciónak és az illóolajtartalom szorzata az egy növény által produkált illóolaj hozam, ami a gyakorlatban a jövedelmezőséget befolyásolja (55. ábra). Ennek alapján megállapítható, hogy hiába mértünk egyes esetekben magasabb illóolajtartalmat az öntözetlen parcellákon, a kiegészítő öntözés hatására mindig magasabb volt az illóolaj hozam. A két tenyészidőszakot összevetve megállapíthatjuk, hogy az összes fajta esetében a 2009-ben mértünk magasabb illóolaj hozamot. Ennek feltételezhető oka a napsütéses órák magasabb száma, valamint a kedvezőbb átlag hőmérséklet volt.



55. ábra A szabadföldön nevelt bazsalikom fajták illóolaj hozamának alakulása az öntözéssel összefüggésben (Soroksár, 2009, 2010)

Az illóolaj összetételének vizsgálata során megállapítottuk, hogy az általunk vizsgált összes fajta a *linaloolos kemotípusba* tartozott (Grayer et al., 1996). A klímakamrában nevelt növények lepárolt illóolajában megfigyeltük, hogy a linalool részaránya a szárazság fokozódásával csökken. A 'Keskenylevelű' fajtában ez a változás ~3 %-os, míg a 'Genovese' esetében 10-15 %-os csökkenést eredményezett. Ezzel szemben mindhárom kísérleti ciklus során emelkedett az *1,8-cineol*, *eugenol*, valamint a *tau-kadinol* komponensek aránya, igaz ezen komponensek változása csekélyebb mértékű. Szabadföldi körülmények között szintén a *linalool*, mint meghatározó komponens változása volt a legjelentősebb. A *linalool* aránya az öntözés hatására emelkedett, azonban nem minden fajtánál, mivel 2009-ben a 'Kasia' 2010-ben pedig a 'Wala' fajták esetében tapasztaltunk ezzel eltérő tendenciát. Az eltérések oka feltehetőleg a vízhiányra, mint abiotikus faktorra adott eltérő válaszreakciónak köszönhető. Az *1,8-cineol* komponens aránya 2009-ben a különböző fajták esetében eltérő irányú változást mutatott, míg a 2010-es tenyészidőszak során minden vizsgált fajtánál emelkedő tendenciát tapasztaltunk. Ezek a változások tehát viszonylag kis mértékűek, de fajtaspecifikusak lehetnek.

A konténerben nevelt növények mindkét vágása során jóval alacsonyabb *linalool* részarányt detektáltunk a szárazságnak kitett növények esetében, mint a jó vízellátásban részesítettekben. Ezzel egyidejűleg a mintákban nagyobb mennyiségben jelen levő *1,8-cineol* és *tau-kadinol* komponensek aránya emelkedett. A kontrollált körülmények között nevelt növények esetében (ide sorolva a klímakamrában és konténerben nevelt növényeket) sokkal tisztábban detektálható tendenciákat tudunk megállapítani, mint a szabadföldi körülmények között.

A friss minták illékony komponenseinek összetétele (SPME módszer) nagyban hasonlított a szárított drogból desztillált illóolajoknál tapasztaltakhoz, azonban a *linalool*

résaránya nem változott olyan jelentős mértékben, továbbá az *1,8-cineol* és *tau-kadinol* komponensek jelentéktelen arányban halmozódtak fel. Emellett az *eugenol* és *germakrén-D* komponensek érték el nagyobb részarányt. Megállapítottuk tehát, hogy az SPME módszerrel kimutatott komponensek a desztillátumhoz képest eltérőek, a különbségek azonban alapvetően kvantitatívak.

A terpenoidok felhalmozódási szintje szoros összefüggésben van a terpén szintáz enzimek aktivitásával. A *linalool* felhalmozódásáért elsősorban az (R)-*linalool* szintáz enzim felelős (Iijima et al., 2004). Ismert, hogy az aciklikus *linalool* és a ciklikus *1,8-cineol* közös prekursora lehet a linalil-kation, ennek ellenére két eltérő enzimrendszer felelős a komponensek kialakulásáért (Degenhardt et al., 2009). A fenilpropán származékok, az *eugenol* és *metil-eugenol* komponensek más bioszintézis úton keresztül jönnek létre (Gang et al., 2001). Kevés a rendelkezésre álló adat azzal kapcsolatban, hogy a külső, biotikus és abiotikus tényezők hogyan befolyásolják az összetett enzimrendszer aktiválódását illetve a génszintű expressziót. Modellfajaink esetében az erre vonatkozó eredmények egyenlőre hiányoznak.

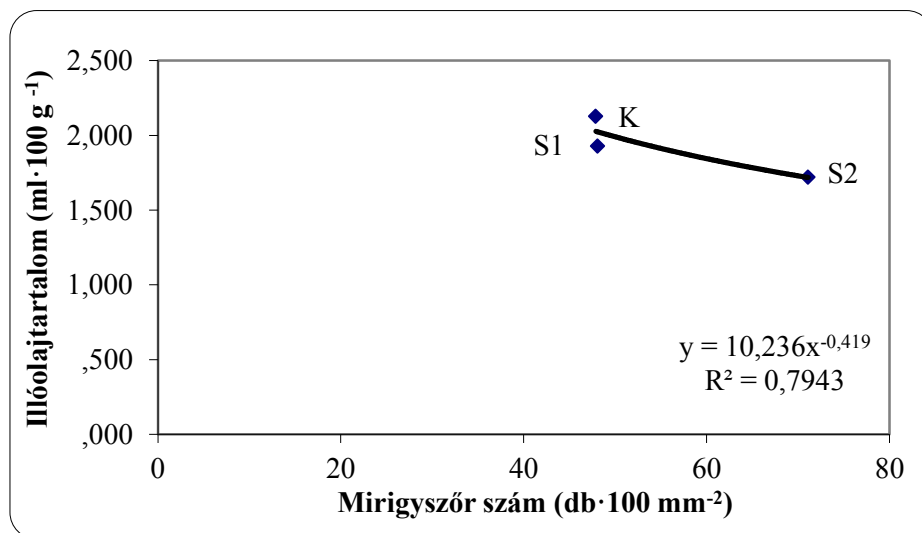
Meg kell jegyeznünk, hogy munkánk során az általánosan elfogadott area % dokumentálási módot alkalmaztuk, azaz az egyes komponensek relatív százalékos aránya az össz illóolajra vonatkoztatott. Ez a módszer nyilvánvalóan magában rejti, hogy nem kaptunk közvetlen választ arra vonatkozóan, mely komponens valós, bioszintetikus változása okozta a módosulást, mivel egy-egy komponens révén változhat a többi aránya is. Mindemellett a gyakorlatban az illóolaj minőségét és felhasználhatóságát e komponensek együttesen szabják meg.

Összességében megállapítható, hogy a talajnedvesség csökkenése a bazsalikom illóolajában a *linalool* részarányának csökkenésével, s ezzel párhuzamosan a *1,8 cineol*, *tau-kadinol* komponensek részarányának emelkedésével járhat együtt. A vízellátás hatása a *headspace* technikával azoosított komponensek esetében másképpen érvényesül, mint az illóolajnál, aminek háttere további vizsgálatokat érdemelne.

### **5.3.2. Az egyéves borsfű hatóanyagainak változása az eltérő vízellátás tükrében**

A 2009-es évben, a mirigyszőrök sűrűségét és az illóolajtartalmat összehasonlítva megállapíthatjuk, hogy a két adatsor közötti kapcsolat erős, jól közelíthető hatványfüggvénnyel (56. ábra). Az összefüggés azonban meglepő, az előzetes feltételezéseknek ellentmond, ugyanis a magasabb mirigyszőr sűrűség esetén alacsonyabb illóolaj tartalmat mértünk. Az általunk kapott mirigyszőr számok egybeesnek Svoboda és Greenaway (2003) által tapasztaltakkal.





56. ábra A mirigyszőrök sűrűsége és az illóolajtartalom közötti kapcsolat az eltérő vízkapacitáson nevelt *S. hortensis* 'Budakalászi' esetében (Fitotron, 2009)

Az illóolaj-tartalom változását 7 kísérleti ciklusban vizsgáltuk (3 klímakamrás, 3 szabadföldi, 1 konténeres). A nagyszámú kísérlet ellenére sem lehet egyértelműen megállapítani, hogy a vízellátás miként befolyásolja a borsfű illóolaj felhalmozódását. A klímakamrában nevelt növényeknél a 3 eltérő ciklus során eltérő tendenciákat figyeltünk meg és ebből csupán a 2010-es évben sikerült statisztikailag igazolni a detektált eltéréseket. A szabadföldi és konténeres kísérletek során a 4-ből 3 alkalommal az öntözetlen parcellák/konténerek esetében mértünk igazolhatóan magasabb illóolaj tartalmat. Kivételt csupán a 2010-es, csapadékos év szabadföldi kísérlete képezett.

Szabadföldi körülmények között vizsgálva a növények illóolaj hozamát, szintén ellentmondásos eredményre jutottunk (40. táblázat). 2009-ben az illóolaj tartalom magasabb volt, azonban az egy növény által produkált illóolaj-hozam kisebb: csaknem 25 %-os csökkenést mutatott az öntözetlen növények esetében. Ezzel szemben 2010-ben az öntözött és öntözetlen növények illóolaj-tartalma között csupán elenyésző különbség volt statisztikailag nem is lehetett szétválasztani a két kezelést, azonban az öntözetlen növények jelentősen magasabb illóolaj hozamot biztosítottak. Ebben az esetben ismételtén a csapadékosabb évjárat lehetett az eltérések okozója. A borsfű szárazságtűrő növényként ismert, ezért feltételezhető, hogy a 2010-es évben a természetes csapadék elegendő volt, hogy a növény szükségleteit fedezze. A kiegészítő öntözés pedig már az általunk vizsgálni kívánt vízhiánnyal ellentétes stresszhatást (vízstressz, vagy túlóntözés) váltott ki. Khalid (2006) bazsalikomban (*O. basilicum*) a vízkapacitás 125 %-a mellett mérte a legmagasabb illóolaj-tartalmat, ezzel egyetemben a legalacsonyabb illóolaj hozamot.

Egyértelműen megállapítható, hogy változó környezeti feltételek között - a bazsalikomhoz hasonlóan -, a borsfű illóolaj hozamát is alapvetően a szárazanyag produkció szabja meg és az illóolaj felhalmozódási szintjének módosulása kevésbé jelentős.

**40. táblázat Egy növényre vonatkoztatott illóolaj hozam az öntözött és öntöztelen *S. hortensis* 'Budakalászi' fajta esetében (Soroksár, 2009, 2010)**

Kezelés	Illóolaj tartalom (ml/100g)	Száraz tömeg (g/növény)	Levélarány (%)	Illóolajtartalom (ml·100 g <sup>-1</sup> )	Illóolaj hozam (ml/növény)
2009 Öntözött	4,289	38,820	51,040	2,189	<b>0,850</b>
Öntöztelen	4,859	28,360	48,400	2,352	<b>0,667</b>
2010 Öntözött	4,759	13,030	62,050	2,953	<b>0,385</b>
Öntöztelen	4,656	17,680	62,510	2,911	<b>0,515</b>

Megállapítottuk, hogy az eltérő vízellátás csupán igen csekély mértékben befolyásolta a borsfű illóolaj komponenseinek arányát. A két meghatározó komponens a *γ-terpinén* és a *karvakrol* voltak. A két komponens aránya a vízhiány fokozódásával általában egymáshoz képest ellenkező irányba mozdult. Vagyis, ha a *γ-terpinén* aránya emelkedett 2-3 %-ot, akkor a *karvakrol* részaránya hasonló mértékben csökkent. Azonban - akárcsak Baher et al. (2002) - mi sem tudtunk jelentős mértékű változást detektálni a szárazságstressz hatására.

A desztillált illóolaj összetételéhez képest markáns eltérést tapasztaltunk az illékony komponensek vizsgálatakor SPME módszerrel. Korábban Novak et al. (2006) csupán minimális különbséget tapasztalt a lepárolt illóolaj és az egyes mirigyszőrök illóolaj összetétele között: a lepárolt illóolaj és az SPME/GC technikával meghatározott összetétel esetében is 50 %-ot meghaladó részarányt tett ki a *karvakrol*, szemben az általunk tapasztaltakkal (5-8 %). Tekintettel arra, hogy az SPME módszer erősen érzékeny a komponensek illékonyaságára, s mint aromás komponens a *karvakrol* illékonyasága elmarad az aciklusos és ciklusos monoterpének illékonyaságától, feltételezhető, hogy hosszabb mintavételezési idővel, vagy a mintát melegítve, magasabb *karvakrol* részarányt tapasztalhattunk volna (Sárosi és Ruff, 2013). Az eltéréseket érdemes lenne azonos genotípus esetében részletesebben megvizsgálni.

Az eltérő talajvízkapacitás azonban a gőztérben kimutatott komponensek tekintetében is csupán rendkívül enyhe mértékben befolyásolta az összetételt.

### **5.3.3. A kerti bazsalikom és az egyéves borsfű hatóanyagainak összehasonlítása az eltérő vízellátás függvényében**

A két növényfaj esetében a leveleken eltérő mirigyszőr sűrűséget állapítottunk meg. A vízhiány hatására azonban mindkét faj hasonlóan reagált: emelkedett a mirigyszőr sűrűség. Ennek azonban nem volt közvetlen összefüggése a drog illóolaj tartalmával. A vízellátásnak az illóolaj-tartalom változására gyakorolt hatásáról az elvégzett nagyszámú mérés és kísérlet

ellenére sem sikerült egyértelmű következtetést levonnunk. Az esetek döntő többségében nem változott, vagy az alacsonyabb vízellátási szint mellett enyhén –többségében nem szignifikánsan - emelkedett az illóolajtartalom átlagértéke. A klímakamrában nevelt növények illóolaj-tartalmának változása csak a borsfű esetében volt kimutatható, s ott is csupán egy kísérleti ciklus során. A bazsalikom esetében feltételezhető, hogy a fény spektrális összetétele vagy a megvilágítás erőssége befolyásolhatja inkább az illóolaj felhalmozódását. A borsfűben, a klímakamrában és szabadföldön nevelt növények illóolaj-tartalma között, nem találtunk ilyen mértékű eltérést.

Noha az illóolaj-tartalom változása nem mutatható ki egyértelműen, a csökkenő szárazanyag produkció következtében az illóolaj-hozam csökkenésével - alacsonyabb vízellátás esetén - mindkét fajnál feltétlenül számolnunk kell. A vízhiány hatására a bazsalikom illóolaj hozama 10-30 %-kal is csökkenhet, míg a borsfű esetében 0-22 % kiesést okozhat a nem megfelelő vízellátás, ami jelentős gazdasági kárt okozhat a termesztésben. Az esetleges enyhe felhalmozódási szint emelkedés nem kompenzálja a biomassza produkció csökkenését.

A vizsgált növények illóolaj összetétele szempontjából a bazsalikomban tapasztaltunk jelentősebb (10 %-ot meghaladó), és tendenciaszerűen előforduló változást. Elsősorban a *linalool*, mint kemotípust meghatározó komponens részaránya csökkent a vízhiány fokozódásával. A borsfű esetében ezzel szemben 2-3 %-os változást detektáltunk csak a  $\gamma$ -*terpinén* és a *karvakrol* arányában. A bazsalikom illóolajában a *linalool*, mint egyszerű terpénalkohol, borsfűben a  $\gamma$ -*terpinén*, mint monoterpén szénhidrogén prekursoroknak számítanak számos más terpénmolekula képződéséhez. Mindkét faj esetében viszonylag jól ismert a komponensek kialakulásáért felelős enzimrendszer (Degenhardt et al., 2009; Lana et al., 2006; Lewinsohn et al., 2000; Iijima et al., 2004; Gang et al., 2001; Poulouise és Croteau, 1978; Ramak et al., 2013; Sangwan et al., 2001). Azonban az egyes komponensek kialakulásáért felelős enzimek képződésében és aktivitásában, a környezeti tényezők szerepe a mai napig nem tisztázott. Így a rendelkezésünkre álló adatok alapján nem állapítható meg, hogy az egyes komponensek eltérő részaránya pontosan minek a következménye.

Mindehhez fontos lenne ismernünk, hogy az illóolajok milyen szerepet töltenek be a növények életében. Bár sokféle feltételezés született már ezzel kapcsolatban, bizonyíték viszonylag kevés van. Feltételezhető, hogy egyfajta védelmi funkciót is ellátnak, ami módosulhat a környezeti stresszhatások folytán Barbieri et al., (2012) többek között feltételezi, hogy a stresszhatások következtében felhalmozódó monoterpéneknek jelentős szerepük lehet az oxidatív stresszfolyamatok kivédésében. Mindamellett ismeretes, hogy a *karvakrol*, mint fenolos típusú vegyület jelentős antioxidáns tulajdonsággal is bír.

Eredményeink tehát rámutatnak arra, hogy az illóolaj mennyiségének és minőségének változása adott körülmények között fajspecifikus. A módosulások hátterét érdemes lenne a továbbiakban részletesebben vizsgálni, hogy azok kontrolljára tudományos alapon kerülhessen sor.

#### **5.4. 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 biomassa 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 biomassa 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 *tau-kadinol* 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.

## 6. ÖSSZEFOGLALÁS

A gyógyításban és az életminőségünk javításában egyre nagyobb szerep jut a gyógy- és aromanövényeknek. Magyarország a jelentősebb gyógynövénytermelő országok közzé tartozott, azonban pozíciónk megerősítéséhez, megtartásához feltétlen optimalizálni kell termesztett növényeink termesztéstechnológiáját. Ezt követelik meg az előre jelzett éghajlati változások, de a megnövekedett minőség biztosítás iránti igény is.

Munkánk célja volt, hogy összehasonlítsuk, hogyan reagál az eltérő vízellátásra két – a gyakorlatban eltérő vízigényűnek ismert faj – a kerti bazsalikom (*Ocimum basilicum* L.) és az egyéves borsfű (*Satureja hortensis* L.), hogyan hat a vízhiány a növények produkciós tulajdonságaira, egyes élettani paramétereire, valamint hatóanyagaina.

Kísérleteinket 2008 és 2010 között, három tenyészidőszakban végeztük, klímakamrás, szabadföldi kispárcellás, valamint egy szabadföldi konténeres kísérlet keretében.

Klímakamrás kísérleteinkben kontrollként – szakirodalmi adatokra alapozva – talaj vízkapacitást (TVK) 70 %-át állítottunk be. Enyhe vízhiányként 50 %-ot míg erős stresszhatásként a TVK 30 %-át alkalmaztunk. Szabadföldi kispárcellás kísérletekben öntözetlen kontroll, valamint öntözött (2×20 ml/hét kiegészítő öntözés) kezeléseket alkalmaztunk. Konténeres kísérletek során két vízellátási szintet állítottunk be. A bazsalikomnál szabadföldön második tényezőként négy fajtát ('Genovese', 'Kasia', 'Keskenylevelű' és 'Wala' fajtákat) teszteltünk, hogy az esetleges intraspecifikus eltérésekről is képet kapjunk. Ugyancsak e fajnál a konténeres kísérletben két betakarítás vizsgálatára is mód nyílt, ezért itt a vágási idő szerepelt második tényezőként. A borsfűnél a 'Budakalászi' fajtát alkalmaztuk modellnövényként minden kísérletben.

Meghatároztuk a növények vízpotenciálját és relatív víztartalmát, amely értékek a növények aktuális vízellátottságáról adnak fontos információt, a növények klorofill tartalmát, amely alapvetően befolyásolja az asszimilációs folyamatokat, valamint a sztómakonduktanciát, mely a sztómák nyitottságát és a sztómákon keresztül végzett párologtatás mértékét mutatja meg. Jellemeztük a két növényfaj növénymagasságát, produkcióját, a friss- és száraz tömeg, valamint a levél/szár arány tükrében. A hatóanyagok változásait a mirigyszőrök egységnyi felületén történő meghatározásával, illóolaj-lepárlással, gőztéranalízissel (SPME-GC) követtük nyomon, valamint gázkromatográfiás módszerrel (GC/MS) azonosítottuk az illóolaj komponenseit.

Mindkét faj vízpotenciálja jelentősen csökkent a talaj alacsonyabb víztartalma következtében. Klímakamrás kísérletek során a bazsalikomnál 25-170 %-kal, borsfűben 44-380 %-kal 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 klorofilltartalmat 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 víztartalma. 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 borsfűénél ( $77 \text{ mmol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ ), 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 talajnál. 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 ( $42\text{-}43 \text{ db} \cdot 100 \text{ mm}^{-2}$ ) 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 évjárat 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 volt jelentősen magasabb. A csapadékos, 2010-es évben azonban már nem találtunk változást a növények illóolaj tartalmában. A konténerben nevelt borsfűvek illóolajtartalma 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 detektáltakkal.

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 produkcióját. 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.

## 7. Summary

Medicinal plants are rapidly retaking their prominent position in human health. Recently, there has been an intensive growth in the interest of plant-based drugs, pharmaceuticals. Hungary used to be a well-known medicinal- and aromatic plant producer. In the past few years this situation has changed. To increase our market share, the cultivation technology of our medicinal plants must be upgraded. The predicted climatic change and the increased demand of high quality products also require the improvement of the present technologies.

The aims of our research were to compare the reaction of two medicinal plants sweet basil (*Ocimum basilicum* L.) and summer savory (*Satureja hortensis* L.) on the different water regimes, and to study how the soil water level influences the physiological parameters, the production biology and the quantity and quality of active substances.

Experiments were carried out between 2008 and 2010. The experiments were set under controlled environment (climatic chamber), in open field and under semi-controlled conditions. In the climatic chambers in every treatment two levels of water supply were applied: for modelling a slight drought stress effect (S1) we used a 50 % saturation of SWC, while to induce a severe stress effect (S2), the saturation level of SWC was 30 %. The control (K) plants were grown in soil with a 70 % saturation level of SWC.

In open field the plants were irrigated with 2×20 mm water per week while the untreated/unirrigated control was not irrigated at all. In the semi-controlled (pot) experiment two different water regimes were applied.

In case of summer savory the 'Budakalászi' cultivar was used, while 4 cultivars of basil were studied in the field experiments ('Genovese', 'Kasia', 'Keskenylevelű', 'Wala'). In the semi-controlled experiment the time of harvesting came up as a second monitored factor.

The water potential and the relative water content have been identified. These parameters describe the water status of the plants. The chlorophyll content was determined by SPAD equipment. The chlorophyll content has an intensive effect on the general assimilation processes. The stomatal conductance was measured by AP4 porometer. The production of the two model plants were measured due to the fresh-, dry weight, ratio of leaves as well as the plant height. Changes of the active substances were described with the glandular hair density and the essential oil concentration. The essential oil composition was analysed with GC/MS and SPME/GC.

In both species the decreasing water saturation level in the soil positively influenced the water potential of the plants. Under controlled conditions, the drought stress caused 25-170 % decrease in the water potential of basil while the decrease in savory was 44-380 %. Based on our experiences the water potential of savory is usually lower than the basil's water potential. The changes of chlorophyll content (SPAD unit) were more expressed in the climatic chambers. In

some experiments the SPAD unit increased with 50 % parallel with the applied drought stress. In the open field experience this tendency was less expressed: the chlorophyll content of savory has not been modified by the irrigation level. Positive correlation was found between the RWC and the soil water level but no significant differences were found between the relative water content of the two studied species. Highest RWC of basil was 97,5 % while the lowest was 65,4 %. In savory the identified RWC was 93,1 % and 75,2 %.

Stomatal conductance of the basil and savory plants decreased intensively if the soil water level was lower. The basil's stomatal conductance was higher ( $131 \text{ mmol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ ) than that of the savory's ( $77 \text{ mmol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ ) if the soil was well saturated.

Lack of water influenced negatively the production parameters and plant height in case of both model plants. 19-26 % decrease in the basil's height was measured as the result of low water supply. In climatic chamber the height of savory also decreased (22-23 %) compared to the control but in open field we did not find significant difference. Fresh- and dry weight of the plants decreased if the soil water capacity was reduced from 70 % to 30 %. The difference in basil was 28-30 % while in savory 32-47 %. In 2010, when the natural precipitation was more than usual, only the basil's fresh weight was modified by the irrigation. Fresh weight of savory has not changed significantly. The leaf ratio of basil slightly increased (1-7 %) under drought stress while the leaf ratio of savory's did not alter (1-3 % changes).

The glandular hair density of basil and savory plants increased under lower water capacity. Increase of glands under low soil water capacity was more than 40 % in savory and more than 78 % in basil compared to the control treatment. In open field experiments the irrigation did not influence the glandular hair density; however the cultivars did have an effect. The highest gland density was measured on the leaves of 'Genovese'.

Based on the high number of different type of experiments we could not declare what was the effect of the water supply on the essential oil concentration. The different water capacity influenced under controlled conditions only the savory's essential oil concentration (EOC). Highest EOC was measured under 50 % of the soil water capacity. Compared to this 8 % decrease was measured in the control and 10% under 30 % of soil water capacity. In 2009 (this year was extremely dry) the basil's and savory's EOC was higher in case of the irrigated control however the essential oil yield of the plants was significantly higher on the irrigated parcels. In 2010 (wet, rainy year) we could not detect any differences in the EOC between the different water supply treatments. In the semi-controlled condition the savorys EOC increased under the lower water supply while in case of basil the irrigation treatment did not influence it. The harvesting time did not have an effect on the EOC of basil.

We did not find any tendency in the essential oil composition of savory. Main components were the carvacrol and  $\gamma$ -terpinene. In contrast, the different water supply had effect on the essential oil composition of basil: ratio of linalool decreased (10-15 %) while the 1,8-cineole and tau-cadinole increased parallel due to the lack of water.

Volatile composition of the two investigated species was identified. The major components of the plants were the same as in the distillate oil. We did not find significant modifications in the essential oil composition due to the different water supply.

During our research work we described the physiological parameters, production biology and active substances of two annual plants: the sweet basil and summer savory. We can declare that the investigated physiological parameters are fitting to detect the ratio of drought stress. The tendencies of changes in the physiological parameter were the same in the two model plants however the scale were different. These differences could explain the different water demand of the two plants but also could reflect to the drought tolerance. The production biology was negatively influenced by the lack of water. In some cases the drought stress increased the EOC; however the essential oil yield was always lower. Based on this information we have to say that during the cultivation of both species, additional irrigation might be necessary. To identify the optimal irrigation regimes and methods of the two examined species (and other medicinal plants) further investigations would be highly recommended.

## 8. IRODALOMJEGYZÉK

1. Abbaszadeh, B., Farahani, H.A., Morteza, E. (2009): Effects of irrigation levels on essential oil of balm (*Melissa officinalis* L.). American-Eurasian Journal of Sustainable Agriculture, 3(1): 53-56.
2. Abreu, I.N., Mazzafera, P. (2005): Effect of water and temperature stress on the content of active constituents of *Hypericum brasiliense* Choisy. Plant Physiology and Biochemistry, 43: 241-248.  
DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.plaphy.2005.01.020>
3. Ade-Ademilua, E.O., Obi, H.O., Craker, L.Y. (2012): Growth and essential oil yield of African basil, *Ocimum gratissimum*, under light and water stress. Journal of Medicinally Active Plants, 1(4): 143-149.
4. Adiguzel, A., Ozer, H., Kilic, H., Cetin, B. (2007): Screening of antimicrobial activity of essential oil and methanol extract of *Satureja hortensis* on foodborne bacteria and fungi. Czech Journal of Food Science, 25(2):81-89.
5. Agarwal, C., Sharma, N.L., Gaurav, S.S. (2013): An analysis of Basil (*Ocimum* sp.) to study the morphological variability. Indian Journal of Fundamental and Applied Life Sciences, 3: 521-525.
6. Akıncı, S., Lösel, D.M. (2012): Plant water-stress response mechanisms, In: Rahman, I.M.M. (Ed.): Water Stress, InTech Publisher, 15-42.  
DOI: <http://dx.doi.org/10.5772/29578>
7. Alizadeh, A., Khoshkhui, M., Javidnia, K., Firuzi, O., Tafazoli, E., Khalighi, A. (2010): Effects of fertilizer on yield, essential oil composition, total phenolic content and antioxidant activity on *Satureja hortensis* L. (*Lamiaceae*) cultivated in Iran. Journal of Medicinal Plant Research, 4(1): 33-40.  
DOI: <http://dx.doi.org/10.5897/JMPR09.361>
8. Amirjani, M.R. (2013): Effects of drought stress on the alkaloid contents and growth parameters of *Catharanthus roseus*. Journal of Agricultural and Biological Science, 8(11): 745-750.
9. Angers, P., Morales, M.R., Simon, J.E. (1996): Fatty acid variation in seed oil among *Ocimum* species. Journal of the American Oil Chemists' Society, 73: 393-395.
10. Arve, L.E., Torre, S., Olsen, J.E., Tanino, K.K. (2012): Stomatal responses to drought stress and air humidity, In: Rahman, I.M.M. (Ed.): Water Stress, InTech Publisher, 267-280.

11. Atkinson, C.J., Mansfield, T.A., McAinsh, M.R., Brownlee, C., Hetherington, A.M. (1990): Interactions of Calcium with abscisic-acid in the control of stomatal aperture. *Biochemie Und Physiologie Der Pflanzen*, 186: 333-339  
DOI: [http://dx.doi.org/10.1016/S0015-3796\(11\)80228-3](http://dx.doi.org/10.1016/S0015-3796(11)80228-3)
12. Azhar, N., Hussain, B., Ashraf, M.Y., Abbasi, K.Y. (2011): Water stress mediated changes in growth, physiology and secondary metabolites of Desi Ajwain (*Trachyspermum ammi* L.). *Pakistan Journal of Botany*, 43: 15-19.
13. Baghalian, K., Abdoshah, Sh., Khalighi-Sigaroodi, F., Paknejad, F. (2011): Physiological and phytochemical response to drought stress of German chamomile (*Matricaria recutita* L.). *Plant Physiology and Biochemistry*, 49: 201-207.  
DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.plaphy.2010.11.010>
14. Baher, Z.F., Mirza, M., Ghorbanli, M., Rezaii, M.B. (2002): The influence of water stress on plant height, herbal and essential oil yield and composition in *Satureja hortensis* L. *Flavour and Fragrance Journal*, 17: 275-277.  
DOI: <http://dx.doi.org/10.1002/ffj.1097>
15. Bahreinijad, B., Razmjoo, J., Mirza, M. (2013): Influence of water stress on morpho-physiological and phytochemical traits in *Thymus daenensis*. *International Journal of Plant Production*, 7(1): 151-166.
16. Barbieri, G., Vallone, S., Orsini, F., Paradiso, R., De Pascale, S., Negre-Zakharov, F., Maggio, A. (2012): Stomatal density and metabolic determinants mediate salt stress adaptation and water use efficiency in basil (*Ocimum basilicum* L.). *Journal of Plant Physiology*, 169: 1734-1746.  
DOI <http://dx.doi.org/10.1016/j.jplph.2012.07.001>
17. Baričević, D., Zupančič, A. (2002): The impact of drought stress and/or nitrogen Fertilization in some medicinal plants. *Journal of Herbs, Spices & Medicinal Plants*, 9: 53-64.  
DOI: [http://dx.doi.org/10.1300/J044v09n02\\_08](http://dx.doi.org/10.1300/J044v09n02_08)
18. Bartholy, J., Bozó, L., Haszpra, L. (2011): Klímaváltozás – Klímaszvenáriók a Kárpát-medence térségére, Fólium Nyomda Kft.
19. Baser, K.H.C., Özek, T., Kirimer, N. (2004) A comparative study of the essential oils of wild and cultivated *Satureja hortensis* L. *Journal of Essential Oil Research*, 16: 422-424.  
DOI <http://dx.doi.org/10.1080/10412905.2004.9698761>
20. 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.

21. Bernáth, J.- Németh, É. (2004): A hazai gyógy- és aromanövény spektrum elemzése ökológiai sajátosságai alapján. Agro 21 sorozat, Agro 21 programiroda, 34:79-95.
22. Bettaieb, I., Zakhama, N., Wannes, W.A., Kchouk, M.E., Marzouk, B. (2009): Water deficit effects on *Salvia officinalis* fatty acids and essential oils composition. Scientia Horticulturae, 120: 271-275.  
DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.scienta.2008.10.016>
23. Blumenthal, M., Goldberg, A., Brinckmann, J. (2000): Herbal medicine-expanded commission E monographs. American Botanical Council, Newton
24. Camoğlu, G. (2013): The effects of water stress on evapotranspiration and leaf temperatures of two olive (*Olea europea* L.) cultivars. Zemdirbyste-Agriculture, 100, (1): 91-98.  
DOI <http://dx.doi.org/10.13080/z-a.2013.100.012>
25. Carović-Stanko, K., Libr, Z., Besendorfer, V., Javornik, B., Bohanec, B., Kolak, I., Satovic, Z. (2010): Genetic relations among basil taxa (*Ocimum* L.) based on molecular markers, nuclear DNA content, and chromosome number. Plant Systematics and Evolution, 285: 13-22.  
DOI: <http://dx.doi.org/10.1007/s00606-009-0251-z>
26. Chalchat, J., Özcan, M.M. (2008): Comparative essential oil composition of flowers, leaves and stems of basil (*Ocimum basilicum* L.) used as herb. Food Chemistry, 110: 501-503.  
DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2008.02.018>
27. Chang, X., Alderson, P.G., Wright, C.J. (2009): Variation in the essential oil in different leaves of basil (*Ocimum basilicum* L.) at day time. The Open Horticulture Journal, 2: 13-16.  
DOI: <http://dx.doi.org/10.2174/1874840600902010013>
28. Cheruiyot, E.K., Mumera, L.M., Ng'etich, W.K., Hassanali, A., Wachira, F., Wanyoko, J.K. (2008): Shoot epicatechin and epigallocatechin contents respond to water stress in tea [*Camelia sinensis* (L.) O. Kuntze], Bioscience, Biotechnology, and Biochemistry, 75(5): 1219-1226.  
DOI: <http://dx.doi.org/10.1271/bbb.70698>
29. Cowan, I.R.F., Farquhar, G. (1977): Stomatal function in relation to leaf metabolism and environment. Symposia for the Society of Experimental Biology, 31: 471-505.
30. Dambolena, J.S., Zunino, M.P., López, A.G., Rubinstein, H.R., Zygodlo, J.A., Mwangi, J.W., Thoithi, G.N., Kibwage, I.O., Mwalukumbi, J.M., Kariuki, S.T. (2010): Essential oils composition of *Ocimum basilicum* L. and *Ocimum gratissimum* L. from Kenya and their inhibitory effects on growth and fumonisin production by *Fusarium verticillioides*. Innovative Food Science and Emerging Technologies, 11: 410-414.  
DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ifset.2009.08.005>

31. Daszkowska, A., Szarejko, I. (2013): The Molecular Basis of ABA-Mediated Plant Response to Drought. In: Vahdati, K., Leslie, C. (Ed.): Abiotic Stress - Plant Responses and Applications in Agriculture, InTech Publisher
32. Degenhardt, J., Köllner, T., Gershenzon, J. (2009): Monoterpene and sesquiterpene synthases and the origin of terpene skeletal diversity in plants. *Phytochemistry*, 70: 1621-1637.  
DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.phytochem.2009.07.030>
33. Devitt, D.A., Piorkowski, J.M., Smith, S.D., Cleverly, J.R., Sala, A. (1997): Plant water relations of *Tamarix ramosissima* in response to the imposition and alleviation of soil moisture stress. *Journal of Arid Environments*, 36: 527-540.  
DOI: <http://dx.doi.org/10.1006/jare.1996.0216>
34. Dzida K (2010) Biological value and essential oil content in sweet basil (*Ocimum basilicum* L.) depending on calcium fertilization and cultivar. *Acta Scientiarum Polonorum Hortorum Cultus*, 9: 153–161.
35. Ekren, S., Sönmez, C., Özçakal, E., Kurttaş, Y.S.K., Bayram, E. (2012): The effect of different water levels on yield and quality characteristics of purple basil (*Ocimum basilicum* L.). *Agricultural Water Management*, 109: 155-161.  
DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.agwat.2012.03.004>
36. Fatima, S., Farooqi, A.H., Ansari, S.R., Sharma, S. (1999): Effect of water stress on growth and essential oil metabolism in *Cymbopogon martinii* (Palmarosa) cultivars. *Journal of Essential Oil Research*, 11:491-496.  
DOI: <http://dx.doi.org/10.1080/10412905.1999.9701193>
37. Gang, D.R., Wang, J., Dudareva, N., Nam, K.H., Simon, J.E., Lewinsohn, E., Pichersky, E. (2001): An investigation of the storage and biosynthesis of phenylpropenes in sweet basil. *Plant Physiology*, 125: 539-555.  
DOI: <http://dx.doi.org/10.1104/pp.125.2.539>
38. Gershenzon, J., Lincoln, D.E., Langenheim, J.H. (1978): The effect on moisture on monoterpenoid yields and composition in *Satureja douglasii*. *Biochemical Systematics and Ecology*, 6: 33-43.
39. Grayer, R.J., Kite, G.C., Goldstone, F.J., Bryan, E.S., Paton, A., Putievsky, E. (1996): Intraspecific taxonomy and essential oil chemotypes in sweet basil, *Ocimum basilicum*. *Phytochemistry*, 43: 1033-1039.  
DOI: [http://dx.doi.org/10.1016/S0031-9422\(96\)00429-3](http://dx.doi.org/10.1016/S0031-9422(96)00429-3)
40. Grayer, R.J., Veitch, N.C., Kite, G.C., Price, A.M., Kokubun, T. (2001): Distribution of 8-oxygenated leaf-surface flavones in the genus *Ocimum*. *Phytochemistry*, 56: 559-567.



41. Grayer, R.J., Vieira, R.F., Price, A.M., Kite, G.C., Simon, J.E., Paton, A.J. (2004): Characterization of cultivars within species of *Ocimum* by exudate flavonoid profiles. *Biochemical Systematics and Ecology*, 32: 901-913.  
DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.bse.2004.04.002>
42. Guerfel, M., Baccouri, O., Boujnah, D., Caibi, W., Zarrouk, M. (2009): Impacts of water stress on gas exchange, water relations, chlorophyll content and leaf structure in the two main Tunisian olive (*Olea europaea* L.) cultivars. *Scientia Horticulturae*, 119: 257-263.  
DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.scienta.2008.08.006>
43. Hadian, J., Ebrahimi, S.N., Salehi, P. (2010): Variability of morphological and phytochemical characteristics among *Satureja hortensis* L. accessions of Iran. *Industrial Crops and Products*, 32: 62-69.  
DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.indcrop.2010.03.006>
44. Hadian, J., Tabatabaei, S.M.F., Naghavi, M.R., Jamzad, Z., Ramak-Masoumi, T. (2007): Genetic diversity of Iranian accessions of *Satureja hortensis* L. based on horticultural traits and RAPD markers. *Scientia Horticulturae*, 115: 196-202.  
DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.scienta.2007.08.007>
45. Halász né, Z.K. (2000): *Satureja hortensis* – borsfű. In: Bernáth, J. (Ed.): *Gyógy- és Aromanövények*, Mezőgazda Kiadó, Budapest, 525-528.
46. Héjja, M., Bernáth, J., Szentgyörgyi, E. (2002): Comparative investigation of *Satureja hortensis* of different origin. *Acta Horticulturae*, 576: 65-68.
47. Hideg, E., Spetea, C., Vass, I. (1995): Superoxide radicals are not the main promoters of acceptor-side-induced photoinhibitory damage in spinach thylakoids. *Photosynthesis Research*. 46: 399-407.  
DOI: <http://dx.doi.org/10.1007/BF00032294>.
48. Hiltunen, R. (1999): Chemical composition of *Ocimum* species. In: Hiltunen, R., Holm, Y. (Ed.): *Basil – The Genus Ocimum. Medicinal and Aromatic Plants – Industrial Profiles*. Harwood Academic Publishers. Amsterdam.
49. Hsiao, T. (1973): Plant response to water stress. *Annual Review of Plant Physiology*, 24: 519-570.
50. Hojati, M., Modarres-Sanavy, S.A., Ghanati, F., Panahi, M. (2011): Hexaconazole induces antioxidant protection and apigenin-7-glucoside accumulation in *Matricaria chamomilla* plants subjected to drought stress. *Journal of Plant Physiology*, 168: 782-791.  
DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jplph.2010.11.009>.

51. Idrees, M., Masroor, M., Khan, A., Aftab, T., Naeem, M., Hashmi, N. (2010): Salicylic acid-induced physiological and biochemical changes in lemongrass varieties under water stress. *Journal of Plant Interactions*, 5(4): 293-303.  
DOI: <http://dx.doi.org/10.1080/17429145.2010.508566>
52. Iijima, Y., Davidovich-Rikanati, R., Fridman, E., Gang, D.R., Bar, E., Lewinsohn, E., Pichersky, E. (2004): The biochemical and molecular basis for the divergent patterns in the biosynthesis of terpenes and phenylpropenes in the peltate glands of three cultivars of basil. *Plant Physiology*, 136: 3724-3736.  
DOI: <http://dx.doi.org/10.1104/pp.104.051318>
53. Inamullah, Akihiro, I. (2005): Adaptive responses of soybean and cotton to water stress II. Changes in CO<sub>2</sub> assimilation rate, chlorophyll fluorescence and photochemical reflectance index in relation to leaf temperature. *Plant Production Science*, 8: 131-138.  
DOI: <http://dx.doi.org/10.1626/pps.8.131>
54. 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 & Biotechnology*, 87(5): 499–503.
55. Ioannidis, D., Bonner, L., Johnson, C.B. (2002): UV-B is required for normal development of oil glands in *Ocimum basilicum* L. (Sweet basil). *Annals of Botany*, 90: 453-460.  
DOI: <http://dx.doi.org/10.1093/aob/mcf212>
56. Iyengar E.R.R., Reddy, M.P. (1996): Photosynthesis in high salt-tolerant plants. In: Pesserkali, M. (Ed.): *Hand book of photosynthesis*. Marshal Dekar, Baton Rouge, 56–65.
57. Javanmardi, J., Stushnoff, C., Locke, E., Vivanco, J.M. (2003): Antioxidant activity and total phenolic content of Iranian *Ocimum* accessions. *Food Chemistry*, 83: 547-550.  
DOI: [http://dx.doi.org/10.1016/S0308-8146\(03\)00151-1](http://dx.doi.org/10.1016/S0308-8146(03)00151-1)
58. Jones, H.G., Serraj, R., Loveys, B.R., Xiong, L., Wheaton, A., Price A.H. (2009): Thermal infrared imaging of crop canopies for the remote diagnosis and quantification of plant responses to water stress in the field. *Functional Plant Biology*, 36: 978-989.  
DOI: <http://dx.doi.org/10.1071/FP09123>
59. Karademir, C., Karademir, E., Ekinici, R., Genvcer, O. (2009): Correlations and path coefficient analysis between leaf chlorophyll content, yield and yield components in cotton (*Gossypium hirsutum* L.) under drought stress conditions. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*, 37(2): 241-244.

60. Kemertelidze, É.P., Sagareisvili, T.G., Syrov, V.N., Kushbaktova, Z.A. (2004): Chemical composition and pharmacological activity of garden savory (*Satureja hortensis* L.) occurring in Georgia. *Pharmaceutical Chemistry Journal*, 38 (6): 319-322.  
DOI: <http://dx.doi.org/10.1023/B:PHAC.0000048144.98876.10>
61. Khalid, Kh.A. (2006): Influence of water stress on growth, essential oil, and chemical composition of herbs (*Ocimum* sp.). *International Agrophysics*, 20: 289-296.
62. Khalil, S.E., El-Aziz, N.G.A., Abou Leila, B.H. (2010): Effect of water stress, absorbic acid and spraying time on some morphological and biochemical composition of *Ocimum basilicum* plant. *Journal of American Science*, 6: 33-44.
63. Kizil, S., Turk, M., Özguven, M., Khalid, M.K. (2009): Full blooming stage is suitable for herbage yield and essential oil content of summer savory (*Satureja hortensis* L.). *Journal of Essential Oil Bearing Plants*, 12(5): 620-629.  
DOI: <http://dx.doi.org/10.1080/0972060X.2009.10643765>
64. Kleinwächter, M., Selmar, D. (2014): Influencing the product quality by applying drought stress during the cultivation of medicinal plants. In: Ahmad, P., Wani, M.R. (Ed.): *Physiological mechanism and adaptation strategies in plants under changing environment*, Springer Science+Business Media, New York
65. Kordi, S., Saidi, M., Ghanbari, F. (2013): Induction of drought tolerance in sweet basil (*Ocimum basilicum* L) by salicylic acid. *International Journal of Agricultural and Food Research*, 2(2): 18-26.
66. Kranner, I., Minibayeva, F.V., Beckett, R.P., Seal, C.E. (2010): What is stress? Concepts, definitions and applications in seed science. *New Phytologist*, 188: 655-673.  
DOI: <http://dx.doi.org/10.1111/j.1469-8137.2010.03461.x>
67. Kwee, E.M., Niemeyer, E.D. (2011): Variations in phenolic composition and antioxidant properties among 15 basil (*Ocimum basilicum* L.) cultivars. *Food Chemistry*, 128: 1044-1050.  
DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2011.04.011>
68. Lana, E.J.L., da Silva Rocha, K.A., Kozhevnikov, I.V., Gusevskaya, E.V. (2006): Synthesis of 1,8-cineole and 1,4-cineole by isomerization of  $\alpha$ -terpineol catalyzed by heteropoly acid. *Journal of Molecular Catalysis A: Chemical*, 259: 99-102.  
DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.molcata.2006.05.064>
69. Lange, D. (1998): *Europe's medicinal and aromatic plants: their use, trade and conservation*. Traffic International, Cambridge, UK., 77.
70. Larcher, W. (1987): Stress bei Pflanzen. *Naturwissenschaften*, 74: 158-167,

71. Laribi, B., Bettaieb, I., Kouki, K., Sahli, A., Mougou, A., Marzouk, B. (2009): Water deficit effects on caraway (*Carum carvi* L.) growth, essential oil and fatty acid composition. *Industrial Crops and Products*, 30: 372-379.  
DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.indcrop.2009.07.005>
72. Lawrence, B.M. (1992): Chemical components of *Labiatae* oils and their exploitation. In: Harley R.M., Reynolds, T. (Ed.): *Advances in Labiatae Science*, Royal Botanic Gardens, Kew, UK, 399–436.
73. Lee, J., Scagel, C.F. (2009): Chicoric acid found in basil (*Ocimum basilicum* L.) leaves. *Food Chemistry*, 115: 650-656.  
DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2008.12.075>
74. Lenchés, O. (2000): *Ocimum basilicum*. In: Bernáth, J. (Ed.): *Gyógy- és aromanövények*. Mezőgazda Kiadó. Budapest, 436-439.
75. Levitt, J. (1980): Responses of plants to environmental stresses. Vol. I. Chilling, freezing, and high temperature stress. London, New York, Toronto, Academic Press
76. Lewinsohn, E., Ziv-Raz, I., Dudai, N., Tadmor, Y., Lastochkin, E., Larkov, O., Chaimovitsh, D., Ravid, U., Putievsky, E., Pichersky, E., Shoham, Y. (2000): Biosynthesis of estragole and methyl-eugenol in sweet basil (*Ocimum basilicum* L.). Developmental and chemotypic association of allylphenol O-methyltransferase activities. *Plant Science*, 160: 27-35.  
DOI: [http://dx.doi.org/10.1016/S0168-9452\(00\)00357-5](http://dx.doi.org/10.1016/S0168-9452(00)00357-5)
77. Lichtenthaler, H.K., Rinderle, U. (1988): The role of chlorophyll fluorescence in the detection of stress conditions in plants. *CRC Critical Reviews in Analytical Chemistry* 29: 29-85.
78. Lichtenthaler, H.K. (1996) Vegetation Stress: an Introduction to the stress concept in plants. *Journal of Plant Physiology*, 148: 4-14.  
DOI: [http://dx.doi.org/10.1016/S0176-1617\(96\)80287-2](http://dx.doi.org/10.1016/S0176-1617(96)80287-2)
79. Lisar, S.Y.S., Motafakkerazad, R., Hossain, M.M., Rahman, I.M.M. (2012). Water stress in plants: Causes, effects and responses. In: Rahman, I.M.M. (Ed.): *Water Stress*, InTech Publisher, 1-14.
80. Liu, H., Wang, X., Wang, D., Zou, D., Liang, Z. (2011): Effect of drought stress on growth and accumulation of active constituents in *Slavia militorrhiza* Bunge, *Industrial Crops and Products*, 33: 84-88.  
DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.indcrop.2010.09.006>
81. Madsen, H.L., Andersen, L., Christiansen, L., Brockhoff, P., Bertelsen, G. (1996): Antioxidative activity of summer savory (*Satureja hortensis* L.) and rosemary (*Rosmarinus officinalis* L.) in minced, coked pork meat. *Zeitschrift für Lebensmittel-Untersuchung und Forschung*, 203: 333-338. DOI: <http://dx.doi.org/10.1007/BF01231071>

82. Madsen, H.L., Sorensen, B., Skibsted, L.H., Bertelsen, G. (1998): The antioxidfatve activity of summer savory (*Satureja hortensis* L.) and rosemary (*Rosmarinus officinalis* L.) in dressing stored exposed to light or in darkness. Food Chemistry, 63(2): 173-180.
83. Magda, S. (Ed). (1998): Mezőgazdasági vállalkozások szervezése és ökonómiája, Mezőgazdasági Szaktudás Kiadó, Budapest
84. Manukyan, A. (2011): Effect of growing factors on productivity and quality of lemon catmint, lemon balm and sage under soilless greenhouse production: I. Drought Stress. Medicinal and Aromatic Plant Science and Biotechnology, 5(2): 119-125.
85. Mihajilov-Krstev, T., Radnović, D., Kitić, D., Zlatković, B., Ristić, M., Branković, S. (2009): Chemical composition and antimicrobial activity of *Satureja hortensis* L. essential oil. Central European Journal of Biology, 4(3): 411–416.
86. Misra, A., Srivastava, N.K. (2000): Influence of water stress on japanese mint. Journal of Herbs, Spices & Medicinal Plants, 7(1): 51-58.  
DOI: [http://dx.doi.org/10.1300/J044v07n01\\_07](http://dx.doi.org/10.1300/J044v07n01_07)
87. Momtaz, S., Abdollahi, M. (2008): A systematic rview of the biological activities of *Satureja* L. species. Pharmacologyonline, 2: 34-54.
88. Najafi, F., Khavari-Nejad, R.A., Ali, M.S. (2010): The effect of salt stress on certain physiological parameters in summer savory (*Satureja hortensis* L.) plants. Journal of Stress Physiology & Biochemistry, 6(1): 13-21.
89. Nhu-Trang, T., Casabiance, H., Grenier-Loustalot, M. (2006): Deuterium/hydrogen ratio analysis of thymol, carvacrol,  $\gamma$ -terpinene and p-cymene in thyme, savory and oregano essential oils by gas chromatography–pyrolysis–isotope ratio mass spectrometry. Journal of Chromatography A, 1132: 219-227.  
DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.chroma.2006.07.088>
90. Niyogi, K.K. (1999): Photoprotection revisited: genetic and molecular approaches. Annual review of plant physiology and plant molecular biology, 50: 333-359.  
DOI: <http://dx.doi.org/10.1146/annurev.arplant.50.1.333>
91. Novak, J., Bahoo, L., Mitteregger, U., Franz, C. (2006): Composition of individual essential oil glands of savory (*Satureja hortensis* L., *Lamiaceae*) from Syria. Flavour and Fragrance Journal, 21: 731-734.  
DOI: <http://dx.doi.org/10.1002/ffj.1725>
92. Nurzyńska-Wierdak, R., Borowski, B., Dzida, K., Zawislak, G., Kowalsky, R. (2013): Essential oil composition of sweet basil cutivars as affected by nitrogen and potassium fertilization. Turkish Journal of Agriculture and Forestry, 37: 427-436.  
DOI: <http://dx.doi.org/10.3906/tar-1203-43>

93. Odjegba, V.J., Alokolaro, A.A. (2013): Simulated drought and salinity modulates the production of phytochemicals in *Acalypha wilkesiana*. Journal of Plant Studies, 2(3): 105-112.  
DOI: <http://dx.doi.org/10.5539/jps.v2n2p105>
94. Outlaw W.H. (2003): Integration of cellular and physiological functions of guard cells. Critical Reviews in Plant Sciences, 22: 503-529.  
DOI: <http://dx.doi.org/10.1080/713608316>
95. Pank, F., Pfefferkorn, A., Krüger, H. (2004): Evaluation of a summer savory (*Satureja hortensis* L.) collection with regard to morphology, precocity, yield components and essential oil and carvacrol content. Zeitschrift für Arznei- und Gewürzpflanzen, 9(2): 72-79.
96. Parida, A.K., Dagaonkar, V.S., Phalak, M.S., Umalkar, G.V., Aurangabadkar L.P. (2007): Alterations in photosynthetic pigments, protein and osmotic components in cotton genotypes subjected to short-term drought stress followed by recovery. Plant Biotechnology Rep., 1:37-48.  
DOI: <http://dx.doi.org/10.1007/s11816-006-0004-1>
97. Paton, A., Harley, M.R., Harley, M.M. (1999). Ocimum: An overview of classification and relationships. In: Hiltunen, R., Holm, Y. (Ed.): Basil - The Genus Ocimum. Harwood academic publishers
98. Penka, M. (1978): Influence of Irrigation on the contents of effective substances in officinal plants, Acta Horticulturae, 73: 181-197.
99. Petit, J.R., Jouzel, J., Raynaud, D., Barkov, N.I., Barnola, J-M., Basile, I., Bender, M., Chappelaz, J., Davis, M., Delaygue, G., Delmotte, M., Kotlyakov, V.M., Legrand, M., Lipenkov, V.Y., Lorius, C., Pépin, L., Ritz, C., Saltzman, E., Stievenard, M. (1999): Climate and atmospheric history of the past 420,000 years from the Vostok ice core, Antarctica, Nature, 399: 429-436.
100. Pfefferkorn, A., Krüger, H., Pank, F. (2008): Chemical composition of *Satureja hortensis* L. essential oils depending on ontogenetic stage and season. Journal of Essential Oil Research, 20: 303-305.  
DOI: <http://dx.doi.org/10.1080/10412905.2008.9700018>
101. Pirzad, A., Alyari, H., Shakiba, M.R., Zetab-Salmasi, S., Mohammadi, A. (2006): Essential oil content and composition of German chamomile (*Matricaria recutita* L.) at different irrigation regimes. Journal of Agronomy, 5(3): 451-455.  
DOI <http://dx.doi.org/10.3923/ja.2006.451.455>

102. Poulou, A.J. and Croteau, R. (1978): Biosynthesis of aromatic monoterpenes - Conversion of  $\gamma$ -terpinene to *p*-cimene and *thymol* in *Thymus vulgaris* L. Archives of Biochemistry and Biophysics, 187 (2): 307-314.
103. Pushpangadan, P., Bradu, B.L. (1995): Medicinal and Aromatic Plants. In K.L. Chadha and R. Gupta, (ed.), Advances in Horticulture, 11, Malhotra Publishing House, New Delhi, 627-657.
104. 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, 122-123.
105. Rahimi, A., Hosseini, S.M., Pooryoosef, M., Fateh, I. (2010): Variation of leaf water potential, relative water content and SPAD under gradual drought stress and stress recovery in two medicinal species of *Plantago ovata* and *P. psyllium*. Plant Ecophysiology, 2: 53-60.
106. Ramak, P., Osaloo, S.K., Ebrahimzadeh, H., Sharifi, M., Behmanesh, M. (2013): Inhibition of the mevalonate pathway enhances carvacrol biosynthesis and DXR gene expression in shoot cultures of *Satureja khuzistanica* Jamzad. Journal of Plant Physiology, 170: 1187-1193.  
DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jplph.2013.03.013>
107. Rápóti, J., Romváry, V. (1980): Gyógyító növények. Medicina Könyvkiadó, Budapest
108. Razmjoo, K., Heydarizadeh, P., Sabzalian, R. (2008): Effect of salinity and drought stress on growth parameters and essential oil content of *Matricaria chamomila*. International Journal of Agriculture & Biology, 10, (4): 451-454.
109. Ruiz-Espinoza, F., Murillo-Amador, B., Garcia-Hernandez, J.L., Fenech-Larios, L., Rueda-Puente, E.O., Troyo-Diéguez, E., Kaya, C., Beltrán-Morales, A. (2010): Field evaluation of the relationship between chlorophyll content in basil leaves and a portable chlorophyll meter (SPAD-502) readings. Journal of Plant Nutrition, 33: 423-438.  
DOI: <http://dx.doi.org/10.1080/01904160903470463>
110. Runyoro, D., Ngassapa, O., Vagionas, K., Aligiannis, N., Graikou K., Chinou, I. (2010): Chemical composition and antimicrobial activity of the essential oils of four *Ocimum* species growing in Tanzania. Food Chemistry, 119: 311-316.  
DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2009.06.028>
111. Sahzabi, A.A., Ashoorabadi, E.S., Shiranirad, A.H., Abbaszadeh, B., Farahani, H.A. (2010): The methods of nitrogen application influence on essential oil yield and water use efficiency of summer savory (*Satureja hortensis* L.). Journal of Horticulture and Forestry, 2(3): 052-056.



112. Sajjadi, S.E. (2006): Analysis of the essential oils of two cultivated basil (*Ocimum basilicum* L.) from Iran. DARU, 14: 128-130.
113. Sangwan, N.S., Farooqi, A.H.A., Sabih, F., Sangwan, R.S. (2001): Regulation of essential oil production in plants. Plant Growth Regulation, 34:3-21.  
DOI: <http://dx.doi.org/10.1023/A:1013386921596>
114. Sárosi, Sz., Ruff, J. (2013): Szilárd fázisú mikroextrakció körülményeinek optimalizálása kerti kakukkfű illékony vegyületeinek elemzéséhez. Kertgazdaság, 45(2): 75-82.
115. Satil, F., Kaya, A. (2007): Leaf anatomy and hairs of Turkish *Satureja* L. (*Lamiaceae*). Acta Biologica Cracoviensia Series Botanica, 49 (1): 67-76.
116. Scholander, P. F., Bradstreet, E.D., Hemmingsen, E.A., Hammel, H.T. (1965): Sap pressure in vascular plants. Science, 148:339-346.  
DOI: <http://dx.doi.org/10.1126/science.148.3668.339>
117. Schurr, U., Gollan, T., Schulze, E.D. (1992): Stomatal response to drying soil in relation to changes in the xylem sap composition of *Helianthus annuus*. II. Stomatal sensitivity to abscisic acid imported from xylem sap. Plant, Cell and Environment, 15: 561-567.  
DOI: <http://dx.doi.org/10.1111/j.1365-3040.1992.tb01489.x>
118. Sefidkon, F., Abbasi, K., Jamzad, Z., Ahmadi, S. (2007): The effect of distillation methods and stage of plant growth on the essential oil content and composition of *Satureja rechingeri* Jamzad. Food Chemistry, 100: 1054-1058.  
DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2005.11.016>
119. Sefidkon, F., Abbasi, K., Khaniki, G.B. (2006): Influence of drying and extraction methods on yield and chemical composition of the essential oil of *Satureja hortensis*. Food Chemistry, 99: 19-23.  
DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2005.07.026>
120. Sefidkon, F., Jamzad, Z. (2004): Chemical composition of the essential oil of three Iranian *Satureja* species (*S. mutica*, *S. macrantha*, *S. intermedia*). Food Chemistry, 91: 1-4.  
DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2004.01.027>
121. Seidler-Łożykowska, K., Król, D. (2008): The content of essential oil in sweet basil (*Ocimum basilicum* L.) cultivars and its composition. Herba Polonica, 54:7-12.
122. Selmar, D., Kleinwächter, M. (2013a): Influencing the product quality by deliberately applying drought stress during the cultivation of medicinal plants. Industrial Crops and Products, 42: 558-566.  
DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.indcrop.2012.06.020>



123. Selmar, D., Kleinwächter, M. (2013b): Stress enhances the synthesis of the secondary plant products: The impact of stress-related over-reduction on the accumulation of natural products. *Plant Cell Physiology*, 54(6): 817-826.  
DOI: <http://dx.doi.org/10.1093/pcp/pct054>
124. Selye, H. (1998): A syndrome produced by diverse noxious agents. *Neuropsychiatry Classics*, 10: 230-231. (Nature, 1936. 138:32. cikkének újrakiadása)
125. Shiga, T., Shoji, K., Shimada, H., Hashida, S., Goto, F., Yoshihara, T. (2009): Effect of light quality on rosmarinic acid content and antioxidant activity of sweet basil, *Ocimum basilicum* L. *Plant Biotechnology*, 26: 255-259.
126. 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: Janick, J. (Ed.): *Perspectives on new crops and new uses*, ASHS Press, Alexandria
127. Simon, J.E., Reiss-Bubenheim, D., Joly, R.J., Charles, J.D. (1992): Water stress-induced alterations in essential oil content and composition of sweet basil. *Journal of Essential Oil Research*, 4: 71-75.  
DOI: <http://dx.doi.org/10.1080/10412905.1992.9698013>
128. Sinclair, T.R., Ludlow, M.M. (1985): Who taught plants thermodynamics? The unfulfilled potential of plant water potential. *Australian Journal of Plant Physiology*, 12(3): 213-217.  
DOI: <http://dx.doi.org/10.1071/PP9850213>
129. Singh-Sangwan, N., Farooqi, A.H., Sangwan, R.S. (1994): Effect of drought stress on growth and essential oil metabolism in lemongrasses. *New Phytologist*, 128: 173-179.  
DOI: <http://dx.doi.org/10.1111/j.1469-8137.1994.tb04000.x>
130. Smart, R.E., Bingham, G.E. (1974): Rapid estimates of relative water content. *Plant Physiology*, 53: 258-260.  
DOI: <http://dx.doi.org/10.1104/pp.53.2.258>
131. Smirnoff, N. (1998): Plant resistance to environmental stress. *Current Opinion in Biotechnology*, 9:214-219.  
DOI: [http://dx.doi.org/10.1016/S0958-1669\(98\)80118-3](http://dx.doi.org/10.1016/S0958-1669(98)80118-3)
132. Smol, J.P. (2012): A planet in flux – How is life on Earth reacting to climate change? *Nature*, 483: 12-15.  
DOI: <http://dx.doi.org/10.1038/483S12a>
133. Sorial, M.E., El-Gamal, S.M., Gendy, A.A. (2010): Response of sweet basil to jasmonic acid application in relation to different water supplies. *Bioscience Research*, 7(1): 39-47.

134. Stone, C., Bacon, P.E. (1994): Relationship among moisture stress, insect herbivory, foliar cineole content and the growth of river red gum *Eucalyptus camaldulensis*. Journal of Applied Ecology, 31:604-612.
135. Svoboda, K.P., Greenaway, R.I. (2003): Investigation of volatile oil glands of *Satureja hortensis* L. (summer savory) and phytochemical comparison of different varieties. The International Journal of Aromatherapy, 13, (4): 196-202.  
DOI: [http://dx.doi.org/10.1016/S0962-4562\(03\)00038-9](http://dx.doi.org/10.1016/S0962-4562(03)00038-9)
136. Svoboda, K.P., Hay, R.K.M., Waterman, P.G. (1990): The growth and volatile oil yield of summer savory (*Satureja hortensis*) in a cool wet environment. Journal of Horticultural Science, 65(6): 659-665.
137. Szigeti, Z. (1998): Növények és a stressz. In: Láng, F. (Ed.): Növényélettan. A növényi anyagcsere II. kötet. ELTE Eötvös Kiadó, 915-983.
138. Telci, I., Bayram, E., Yilmaz, G., Avci, B. (2006): Variability in essential oil composition of Turkish basil (*Ocimum basilicum* L.). Biochemical Systematics and Ecology, 34: 489-497.  
DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.bse.2006.01.009>
139. Tepe, B., Sokmen, A. (2007): Production and optimization of rosmarinic acid by *Satureja hortensis* L. callus cultures. Natural Product Research, 21: 1133-1144.
140. Tischler, C.R., Voight, P.W. (1984): Screening and selection to improve establishment of warm-season forage grasses in arid regions. In: Proceedings of the Forage and Grassland Conference Houston, TX, 23–26. January 1984, Am. Forage and Grassland Council, Georgetown, TX, 115–119.
141. 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.  
DOI: [http://dx.doi.org/10.1016/S0304-4238\(98\)00168-X](http://dx.doi.org/10.1016/S0304-4238(98)00168-X)
142. Udvardy L. (ed) (2008): A kertészeti növénytan növényismereti kompendiuma. Budapest. Mezőgazda Kiadó
143. Varga, Z. (2013): Hét kérdés a klímaváltozásról. In: Szanyi, Sz. (Ed.): Klímaváltozás a Kárpát-medencében: múlt, jelen, jövő. Márton Áron Szakkollégium - Debrecen
144. Weatherley, P.E. (1950): Studies in the water relations of the cotton plant. I. The field measurement of the water deficit in leaves, New Phytologist, 49:81-97.  
DOI: <http://dx.doi.org/10.1111/j.1469-8137.1950.tb05146.x>

145. Werker, E., Putievsky, E., Ravid, U., Dudai, N., Katzir, I. (1993): Glandular hairs and essential oil in developing leaves of *Ocimum basilicum* L. (*Lamiaceae*). *Annals of Botany*, 71: 43-50.  
DOI: <http://dx.doi.org/10.1006/anbo.1993.1005>
146. Yordanov, I., Velikova, V., Tsonev, T. (2003): Plant responses to drought and stress tolerance. *Bulgarian Journal of Plant physiology*, Special Issue, 187-206.
147. Zámboi-Németh, É., Tétényi, P. (1986): The Effect of the Soil type and Water Supply on the Development and Tilling of the Peppermint. *Herba Hungarica*, 25(3): 55-70.
148. Zámboi-Németh, É., Tanító, G., Novák, I., Rajhárt, P. (2005): Gyógynövény fajok termesztésének optimalizálása a klimatikus adottságok módosulásának tükrében. *Agro-21 Füzetek*, „VAHAVA”, MTA Agro 21 programiroda, Budapest, 42: 158-168.
149. Zhu, Z., Liang, Z., Wang, X. (2009) Impact of fertilization on drought response in the medicinal herb *Bupleurum chienense* DC.: Growth and saikosaponin production. *Industrial Crops and Products*, 29: 629-633.  
DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.indcrop.2008.08.002>

## 9. MELLÉKLETEK

### 1. sz. melléklet A Blühfix általános virágföld fő paraméterei (FVM 11133/2002 sz. engedély alapján)

küllem: sötétbarna, földszagú, morzsalékos anyag  
 térfogattömeg (kg/dm<sup>3</sup>)  
 szárazanyag tartalom (m/m%) legalább 45,0  
 szerves anyag tartalom (m/m%)sz.a. legalább 12,0  
 összes vízben oldható só tartalom legfeljebb 2,0  
 pH (10 %-os vizes szuszpenzióban) 5,5- 7,5

#### Előírt minőségi paraméterek:

küllem: sötétbarna, földszagú, morzsalékos anyag

térfogattömeg (kg/dm<sup>3</sup>) legfeljebb 0,8  
 szárazanyag tartalom (m/m%) legalább 45,0  
 szerves anyag tartalom (m/m%)sz.a. legalább 12,0  
 összes vízben oldható só tartalom legfeljebb 2,0  
 pH (10 %-os vizes szuszpenzióban) 5,5- 7,5  
 N tartalom (m/m%) sz.a. legalább 0,3  
 P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> tartalom (m/m%)sz.a. legalább 0,1  
 K<sub>2</sub>O tartalom (m/m%)sz.a. legalább 0,3  
 szemcse méret összetétel 20 mm alatt (m/m%) 100,0  
 As tartalom (mg/kg)sz.a. legfeljebb 15,0  
 Cd tartalom (mg/kg)sz.a. legfeljebb 2,0  
 Co tartalom (mg/kg)sz.a. legfeljebb 50,0  
 Cr tartalom (mg/kg)sz.a. legfeljebb 100,0  
 Cu tartalom (mg/kg)sz.a. legfeljebb 100,0  
 Hg tartalom (mg/kg)sz.a. legfeljebb 1,0  
 Ni tartalom (mg/kg)sz.a. legfeljebb 50,0  
 Pb tartalom (mg/kg)sz.a. legfeljebb 100,0

### 2. sz. melléklet Az *O. basilicum* 'Keskenylevelű' fajta illóolaj összetételének változása az eltérő vízellátottság hatására (Fitotron, 2008)

Komponens	RT	LRI	K	S1	S2
<i>l,8-cineol</i>	8,77	1047,597			0,22
<b><i>linalool</i></b>	<b>11,17</b>	<b>1111,976</b>	<b>96,76</b>	<b>96,52</b>	<b>93,63</b>
<i>esztragnol</i>	14,85	1187,099		1,31	0,9
<i>eugenol</i>	21,67	1373,49	1,07		0,63
<i>transz-α-bergamotén</i>	24,36	1439,995			0,35
<i>germakrén-D</i>	26,18	1485,575	0,32		0,77
<i>α-bulnezén</i>	27,16	1507,395			0,8
<i>γ-kadinén</i>	27,49	1513,435			0,19
<i>tau-kadinol</i>	32,58	1654,533	1,3	1,47	1,94
<b>Összes</b>			<b>99,45</b>	<b>99,3</b>	<b>99,43</b>

Jelmagyarázat: RT=retenciós idő, LRI= lineáris retenciós index, K= TVK 70 %-a, S1= TVK 50 %-a, S2= TVK 30 %-a.

**3. sz. melléklet Az *O. basilicum* 'Genovese' fajta illóolaj összetételének változása az eltérő vízellátottság hatására (Fitotron, 2009)**

Komponens	RT	LRI	K	S1	S2
<i>β</i> -pinén	6,64	980,86		0,18	
<i>β</i> -mircén	6,99	994,73			0,10
2-oktanon	7,04	997,00		0,11	
1,8-cineol	8,77	1047,60	<b>11,72</b>	<b>12,91</b>	<b>15,45</b>
linalool	11,17	1111,98	<b>59,68</b>	<b>47,17</b>	<b>44,39</b>
izobornil-acetát	18,64	1300,00	3,11	3,48	3,99
eugenol	21,67	1373,49	<b>6,86</b>	<b>11,85</b>	<b>9,17</b>
metil-eugenol	23,67	1422,00		0,71	1,02
transz- <i>α</i> -bergamotén	24,36	1439,99	4,11	5,22	6,08
<i>α</i> -guajén	24,45	1442,00	0,40	0,37	0,57
<i>α</i> -humulén	25,07	1457,78	0,21	0,56	0,27
germakrén-D	26,18	1485,57	1,90	1,87	2,29
biciklogermakrén	26,81	1500,99		0,33	0,23
<i>α</i> -bulnezén ( <i>δ</i> -guajén)	27,16	1507,39	1,49	2,76	2,97
<i>γ</i> -kadinén	27,49	1513,43	2,60	2,94	3,63
tau-kadinol	32,58	1654,53	<b>7,32</b>	<b>7,56</b>	<b>8,91</b>
<b>Összesen:</b>			99,38	97,98	99,04

Jelmagyarázat: RT=retenciós idő, LRI= lineáris retenciós index, K= TVK 70 %-a, S1= TVK 50 %-a, S2= TVK 30 %-a.

**4. sz. melléklet Az *O. basilicum* 'Genovese' fajta illékony komponenseinek (SPME) változása az eltérő vízellátottság hatására (Fitotron, 2009)**

Komponens	RT	LRI	K	S1	S2
<i>β</i> -pinén	<b>6,64</b>	<b>980,86</b>	0,00	0,00	0,05
limonén	<b>8,19</b>	<b>1030,84</b>	0,00	0,00	0,27
1,8-cineol	<b>8,77</b>	<b>1047,60</b>	1,10	1,85	3,16
(E)-ocimol	<b>8,85</b>	<b>1049,91</b>	1,72	1,86	4,71
terpinolén	<b>10,29</b>	<b>1091,52</b>	0,00	0,14	0,59
<b>linalool</b>	<b>11,17</b>	<b>1111,98</b>	<b>57,64</b>	<b>53,98</b>	<b>60,52</b>
kámfor	<b>13,10</b>	<b>1151,00</b>	0,00	0,18	0,31
izoborneol	<b>13,69</b>	<b>1163,00</b>	0,00	0,72	0,44
izobornil-acetát	<b>18,64</b>	<b>1300,00</b>	0,43	3,17	2,30
eugenol	<b>21,67</b>	<b>1373,49</b>	5,69	2,36	3,78
<i>α</i> -kopaén	<b>22,03</b>	<b>1382,00</b>	0,77	0,56	0,59
<i>β</i> -bourbonén	<b>22,26</b>	<b>1387,80</b>	0,00	0,00	0,14
<b><i>β</i>-elemén</b>	<b>22,65</b>	<b>1397,00</b>	<b>6,29</b>	<b>7,33</b>	<b>4,11</b>
kariofillén	<b>23,68</b>	<b>1422,97</b>	0,22	0,29	0,27
<i>β</i> -gurjunén	<b>24,06</b>	<b>1432,00</b>	0,08	0,00	0,00
<i>α</i> -guajén	<b>24,45</b>	<b>1442,00</b>	4,11	4,14	2,78
<i>α</i> -humulén	<b>25,07</b>	<b>1457,78</b>	0,71	0,83	0,55
<i>β</i> -kubebén	<b>25,42</b>	<b>1467,00</b>	0,37	0,35	0,25
<b>germakrén-D</b>	<b>26,18</b>	<b>1485,57</b>	<b>9,21</b>	<b>8,66</b>	<b>5,78</b>
biciklogermakrén	<b>26,81</b>	<b>1500,99</b>	1,96	2,36	1,18
<i>α</i> -bulnezén ( <i>δ</i> -guajén)	<b>27,16</b>	<b>1507,39</b>	5,22	5,37	2,95
<i>γ</i> -kadinén	<b>27,49</b>	<b>1513,43</b>	1,81	1,66	0,85
<b>Összesen:</b>			97,32	95,82	95,56

Jelmagyarázat: RT=retenciós idő, LRI= lineáris retenciós index, K= TVK 70 %-a, S1= TVK 50 %-a, S2= TVK 30 %-a.

5. sz. melléklet Az *O. basilicum* 'Genovese' fajta illóolaj összetételének változása az eltérő vízellátottság hatására (Fitotron, 2010)

Komponens	RT	LRI	K	S1	S2
<i>α-pinén</i>	5,56	938,00	0,02		0,09
<i>szabinén</i>	6,52	976,10	0,09	0,02	0,15
<i>β-pinén</i>	6,64	980,86	0,15	0,13	0,49
<i>β-mircén</i>	6,99	994,73	0,19	0,14	0,44
<i>limonén</i>	8,19	1028,53	0,16	0,11	0,28
<b>1,8-cineol</b>	<b>8,38</b>	<b>1034,00</b>	<b>13,76</b>	<b>15,08</b>	<b>16,31</b>
<i>(E)-ocimol (transz-béta-ocimol)</i>	8,85	1046,18	0,03		0,07
<i>γ-terpinén</i>	9,20	1055,53			0,02
<i>transz-szabinén-hidrát</i>	9,73	1069,71			0,06
<b>linalool</b>	<b>10,76</b>	<b>1097,00</b>	<b>54,46</b>	<b>54,68</b>	<b>46,10</b>
<i>octen-3-yl acetate</i>	11,19	1108,00			0,03
<i>kámfor</i>	12,68	1144,00	0,05	0,05	0,15
<i>lavandulol</i>	13,58	1165,68			0,06
<i>terpinén-4-ol</i>	13,96	1174,81			0,05
<i>α-terpineol</i>	14,55	1189,12	0,96	0,89	1,42
<i>oktanol-acetát</i>	15,38	1209,00	0,24	0,22	0,36
<i>izobornil-acetát</i>	18,41	1281,00	2,58	1,84	2,77
<i>karvakrol</i>	19,20	1299,53		2,29	
<i>eugenol</i>	21,44	1361,00	4,51	3,08	5,03
<i>α-kopaén</i>	22,03	1376,99	0,04		0,04
<i>β-kubebén</i>	22,47	1389,04			0,02
<i>β-elemén</i>	22,55	1391,23	0,34	0,33	0,35
<i>metil-eugenol</i>	23,31	1411,00	0,89	1,03	1,44
<i>cisz-alfa-bergamotén</i>	23,52	1417,00		0,03	
<i>béta-kariofillén</i>	23,68	1419,95			0,04
<i>transz-α-bergamotén</i>	24,36	1437,00	5,82	4,84	6,04
<i>α-guajén</i>	24,45	1439,00	0,54	0,34	0,71
<i>aromadendrén</i>	24,58	1442,12	0,19	0,26	
<i>α-humulén</i>	25,07	1454,00	0,49	0,44	0,54
<i>β-farnezén</i>	25,27	1459,11	0,36	0,28	0,36
<i>alloaromadendrén</i>	25,39	1462,07	0,19	0,17	0,22
<i>germakrén-D</i>	26,18	1482,00	1,30	1,25	1,59
<i>β-szelinén</i>	26,38	1486,45	0,21	0,20	0,19
<i>α-szelinén</i>	26,75	1495,57	0,13	0,23	0,18
<i>biciklogermakrén</i>	26,81	1497,00	0,15		0,11
<i>transz-béta-guajén</i>	26,89	1499,04	0,04	0,04	0,06
<i>α-bulnezén (δ-guajén)</i>	27,16	1506,00	2,21	1,86	1,56
<i>β-bizabolén</i>	27,23	1508,25			0,66
<i>cisz-γ-kadinén</i>	27,49	1515,00	2,40	2,11	2,55
<i>δ-kadinén</i>	27,80	1523,93	0,37	0,34	0,38
<i>spatulenol</i>	29,98	1584,00	0,46	0,44	0,62
<i>1,10-di-epi-kubenol</i>	31,36	1621,00	0,43	0,42	0,59
<b>tau-kadinol</b>	<b>32,26</b>	<b>1644,00</b>	<b>6,08</b>	<b>5,65</b>	<b>7,49</b>
<i>β-eudezmol</i>	32,59	1652,82			0,04
<i>α-kadinol</i>	32,77	1657,64	0,13	0,12	0,22
<b>Összesen:</b>			<b>99,99</b>	<b>98,92</b>	<b>99,91</b>

Jelmagyarázat: RT=retenciós idő, LRI= lineáris retenciós index, K= TVK 70 %-a, S1= TVK 50 %-a, S2= TVK 30 %-a.

6. sz. melléklet A kiegészítő öntözés hatása négy, szabadföldön nevelt bazsalikom fajta illóolaj összetételére (Soroksár, 2009)

Komponens	RT	LRI	Genovese Öntözött	Genovese Öntözetlen	Kasia öntözött	Kasia Öntözetlen	Keskenylevélű Öntözött	Keskenylevélű Öntözetlen	Wala Öntözött	Wala Öntözetlen
<i>szabinén</i>	6,52	976,10		0,10	0,05					
<i>β-pinén</i>	6,64	980,86	0,25	0,27	0,26					
<i>β-mircén</i>	6,99	994,73	0,18	0,24	0,21					
<i>limonén</i>	8,19	1028,53	0,17	0,20	0,19					
<b>1,8-cineol</b>	<b>8,38</b>	<b>1034,00</b>	<b>6,53</b>	<b>8,57</b>	<b>7,55</b>	<b>1,08</b>	<b>0,80</b>	<b>1,42</b>	<b>3,23</b>	<b>2,87</b>
<i>(E)-ocimol (transz-béta-ocimol)</i>	8,85	1046,18		0,10	0,05					
<b>linalool</b>	<b>10,76</b>	<b>1097,00</b>	<b>54,21</b>	<b>52,52</b>	<b>53,37</b>	<b>76,96</b>	<b>70,14</b>	<b>69,12</b>	<b>62,89</b>	<b>62,25</b>
<i>kámfor</i>	12,68	1144,00		0,18	0,09	0,33		0,32		
<i>terpinén-4-ol</i>	13,96	1174,81				0,29	1,51	2,30	0,54	0,21
<i>α-terpineol</i>	14,55	1189,12	0,55	0,86	0,71				0,25	0,19
<i>esztragol</i>	14,85	1196,00							1,18	
<b>linalil-acetát</b>	<b>17,11</b>	<b>1250,00</b>				<b>8,73</b>			<b>9,60</b>	<b>11,29</b>
<i>izobornil-acetát</i>	18,41	1281,00	3,21	3,77	3,49		0,69	0,78	0,31	
<i>karvakrol</i>	19,2	1299,53						0,40		
<i>eugenol</i>	21,44	1361,00	1,12	2,08	1,60		1,12	2,01		
<i>geranil-acetát</i>	22,43	1388,03				0,50			1,07	1,33
<i>β-elemén</i>	22,55	1391,23	1,08	0,80	0,94	0,52	1,05	1,01	0,32	0,53
<i>béta-kariofillén</i>	23,68	1419,95		0,17	0,09					
<i>transz-α-bergamotén</i>	24,36	1437,00	1,75	2,27	2,01		1,26	0,81		
<i>α-guajén</i>	24,45	1439,00	1,40	1,07	1,24	0,31	1,32		0,16	0,28
<i>aromadendrén</i>	24,58	1442,12						1,26		
<i>α-humulén</i>	25,07	1454,00	1,13	0,91	1,02		0,68	0,73		
<i>alloaromadendrén</i>	25,39	1462,07	0,37	0,39	0,38		0,22		0,23	0,33
<i>germakrén-D</i>	26,18	1482,00	4,11	2,82	3,47	1,32	2,90	2,70	2,77	2,81
<i>β-szelinén</i>	26,38	1486,45							0,55	0,43
<i>biciklogermakrén</i>	26,81	1497,00	1,45	1,11	1,28	0,39	0,29	0,32	0,22	0,30
<i>α-bulnezén (δ-guajén)</i>	27,16	1506,00	5,68	4,24	4,96	2,03	5,45	5,14	1,55	1,96
<i>cisz-γ-kadinén</i>	27,49	1515,00	4,20	3,70	3,95	1,56	2,99	2,95	2,63	3,38
<i>δ-kadinén</i>	27,8	1523,93	0,39	0,39	0,39		0,27	0,24		
<i>1,10-di-epi-kubenol</i>	31,36	1621,00	0,71	0,93	0,82	0,35	0,57	0,50	0,71	0,71
<b>tau-kadinol</b>	<b>32,26</b>	<b>1644,00</b>	<b>9,80</b>	<b>10,38</b>	<b>10,09</b>	<b>5,64</b>	<b>8,74</b>	<b>7,91</b>	<b>11,58</b>	<b>10,92</b>
<i>α-kadinol</i>	32,77	1657,64	0,28	0,37	0,33					0,22
<b>Összesen:</b>			98,57	98,44	98,51	100,01	100,00	99,92	99,79	100,01

Jelmagyarázat: RT=retenciós idő, LRI= lineáris retenciós index.

**7. sz. melléklet A kiegészítő öntözés hatása négy, szabadföldön nevelt bazsalikom fajta illóolaj összetételére (Soroksár, 2010)**

Komponens	RT	LRI	Genovese Öntözött	Genovese Öntözetlen	Kasia Öntözött	Kasia Öntözetlen	Keskenylevelű Öntözött	Keskenylevelű Öntözetlen	Wala Öntözött	Wala Öntözetlen
<i>α-pinén</i>	5,56	938,00	0,04	0,04		0,04		0,02		0,05
<i>szabinén</i>	6,52	976,10		0,05		0,02				0,04
<i>β-pinén</i>	6,64	980,86	0,10	0,20		0,08		0,08	0,13	0,10
<i>β-mircén</i>	6,99	994,73	0,10	0,19	0,10	0,13	0,02	0,09	0,08	0,12
<i>2-oktanol</i>	7,04	997,00				0,02				0,04
<i>p-cimol (para)</i>	8,09	1025,86					0,15	0,16		
<i>limonén</i>	8,19	1028,53	0,06	0,12		0,09	0,12	0,15		0,10
<b>1,8-cineol</b>	<b>8,38</b>	<b>1034,00</b>	<b>6,58</b>	<b>7,80</b>	<b>1,13</b>	<b>3,85</b>	<b>1,46</b>	<b>3,25</b>	<b>3,43</b>	<b>5,24</b>
<i>(E)-ocimol (transz- béta-ocimol)</i>	8,85	1046,18			0,07	0,12			0,09	0,08
<i>γ-terpinén</i>	9,2	1055,53				0,02	0,06	0,03		
<i>transz-szabinén-hidrát</i>	9,73	1069,71					0,12	0,17		
<b>linalool</b>	<b>10,76</b>	<b>1097,00</b>	<b>76,27</b>	<b>64,10</b>	<b>75,69</b>	<b>70,47</b>	<b>73,24</b>	<b>61,12</b>	<b>62,77</b>	<b>68,94</b>
<i>kámfor</i>	12,68	1144,00			0,20	0,06	0,27	0,34		
<i>terpinén-4-ol</i>	13,96	1174,81			0,11	0,49	2,00	1,52	0,14	0,49
<i>α-terpineol</i>	14,55	1189,12	0,23	0,51		0,24	0,16	0,36	0,20	0,31
<i>esztragnol</i>	14,85	1196,00					2,37	12,23	4,78	
<i>oktanol-acetát</i>	15,38	1209,00		0,07			0,07	0,17		
<b>linalil-acetát</b>	<b>17,11</b>	<b>1250,00</b>			<b>9,69</b>	<b>10,13</b>			<b>11,58</b>	<b>11,11</b>
<i>dehidro-linalil-acetát</i>	18,3	1278,20			0,04					
<i>izobornil-acetát</i>	18,41	1281,00	0,77	1,27		0,04	0,61	0,80		
<i>transz-anetol</i>	18,51	1283,18	0,15							
<i>eugenol</i>	21,44	1361,00	0,09	0,56			0,19	0,38		
<i>α-kopaén</i>	22,03	1376,99	0,03	0,07						
<i>geranil-acetát</i>	22,43	1388,03			0,25	0,61	0,12	0,03	0,63	0,83
<i>β-kubebén</i>	22,47	1389,04				0,02				
<i>β-elemén</i>	22,55	1391,23	0,15	0,37	0,43	0,30	0,38	0,29	0,45	0,22
<i>béta-kariofillén</i>	23,68	1419,95		0,03		0,04		0,03		
<i>transz-α-bergamotén</i>	24,36	1437,00	2,38	4,39	0,13	0,61	2,01	3,41	0,23	0,51
<i>α-guajén</i>	24,45	1439,00				0,11		0,49		
<i>aromadendrén</i>	24,58	1442,12	0,36	0,83	0,27	0,03	0,66		0,26	0,05
<i>α-humulén</i>	25,07	1454,00	0,17	0,45		0,04	0,43	0,33	0,04	
<i>alloaromadendrén</i>	25,39	1462,07	0,08	0,21	0,06	0,17	0,11	0,16	0,18	0,15
<i>germakrén-D</i>	26,18	1482,00	0,84	1,68	1,24	1,15	1,53	1,31	2,01	1,01
<i>β-szelinén</i>	26,38	1486,45	0,05	0,21		0,14	0,06	0,15	0,25	0,17
<i>α-szelinén</i>	26,75	1495,57	0,25	0,50	0,19	0,14	0,15		0,16	0,21
<i>biciklogermakrén</i>	26,81	1497,00			0,25	0,32		0,23		0,15
<i>transz-béta-guajén</i>	26,89	1499,04		0,05		0,02	0,05			
<i>α-bulnezén (δ-guajén)</i>	27,16	1506,00	1,88	3,17	1,99	1,15	3,00	2,02	1,91	0,84
<i>cisz-γ-kadinén</i>	27,49	1515,00	2,59	3,63	1,61	2,22	2,42	2,34	2,26	2,29
<i>δ-kadinén</i>	27,8	1523,93	0,16	0,41	0,05	0,06	0,21	0,27		
<i>spatulénol</i>	29,98	1584,00	0,10	0,46		0,01	0,10	0,21		
<i>1,10-di-epi-kubenol</i>	31,36	1621,00	0,17	0,50	0,33	0,33	0,43	0,55	0,42	0,24
<b>tau-kadinol</b>	<b>32,31</b>	<b>1645,61</b>	<b>6,36</b>	<b>8,07</b>	<b>6,13</b>	<b>6,14</b>	<b>7,48</b>	<b>7,18</b>	<b>7,91</b>	<b>6,03</b>
<i>α-kadinol</i>	32,77	1657,64	0,06	0,17	0,11	0,06	0,16	0,19	0,15	
<b>Összesen:</b>			<b>99,955</b>	<b>100,01</b>	<b>100,02</b>	<b>99,47</b>	<b>100,06</b>	<b>99,99</b>	<b>100,01</b>	<b>99,245</b>

Jelmagyarázat: RT=retenciós idő, LRI= lineáris retenciós index.



**8. sz. melléklet Az eltérő vízellátás hatása a konténerben nevelt *O. basilicum* 'Genovese' fajta illóolaj összetételére (Konténeres kísérlet, 2010)**

Komponens	RT	LRI	1. vágás		2. vágás	
			Öntözött	Öntözetlen	Öntözött	Öntözetlen
<i>α-pinén</i>	5,56	938,00			0,02	
<i>szabinén</i>	6,52	976,10		0,09	0,03	
<i>β-pinén</i>	6,64	980,86	0,06	0,22	0,08	0,17
<i>β-mircén</i>	6,99	994,73	0,05	0,40	0,13	0,41
<i>limonén</i>	8,19	1028,53	0,05	0,24	0,12	0,21
<b>1,8-cineol</b>	<b>8,38</b>	<b>1034,00</b>	<b>5,80</b>	<b>10,70</b>	<b>6,76</b>	<b>11,23</b>
<i>(E)-ocimol (transz-béta-ocimol)</i>	8,85	1046,18			0,02	0,07
<i>γ-terpinén</i>	9,2	1055,53		0,04	0,06	0,20
<i>transz-szabinén-hidrát</i>	9,73	1069,71		0,13	0,06	
<b>linalool</b>	<b>10,76</b>	<b>1097,00</b>	<b>62,35</b>	<b>43,06</b>	<b>64,90</b>	<b>41,02</b>
<i>kámfor</i>	12,68	1144,00		0,09		
<i>izoborneol</i>	13,43	1162,00		0,08	0,05	
<i>α-terpineol</i>	14,55	1189,12	0,46	0,96	0,48	1,16
<i>oktanol-acetát</i>	15,38	1209,00		0,27	0,08	0,30
<i>izobornil-acetát</i>	18,41	1281,00	1,52	3,62	2,12	4,43
<i>karvakrol</i>	19,2	1299,53	0,21	1,41	0,91	
<i>α-kubebén</i>	20,97	1347,95			0,04	0,10
<i>eugenol</i>	21,44	1361,00	0,07	0,07	0,52	0,51
<i>α-kopaén</i>	22,03	1376,99	0,05	0,14	0,15	0,21
<i>β-kubebén</i>	22,47	1389,04		0,07	0,13	0,17
<i>β-elemén</i>	22,55	1391,23	0,64	0,58	0,29	0,44
<i>metil-eugenol</i>	23,31	1411,00	0,04	0,12		0,18
<i>béta-kariofillén</i>	23,68	1419,95	0,06	0,08	0,11	0,09
<i>β-gurjunén</i>	24,06	1429,31		0,06		
<i>transz-α-bergamotén</i>	24,36	1437,00	3,15	4,60	1,77	5,03
<i>α-guajén</i>	24,45	1439,00		0,51	0,58	1,20
<i>aromadendrén</i>	24,58	1442,12	1,08	0,55	0,30	
<i>α-humulén</i>	25,07	1454,00	0,70	0,98	0,32	0,69
<i>β-farnezén</i>	25,27	1459,11		0,25	0,24	0,26
<i>alloaromadendrén</i>	25,39	1462,07	0,32	0,55	0,28	0,48
<i>germakrén-D</i>	26,18	1482,00	3,13	3,41	2,22	3,28
<i>β-szelinén</i>	26,38	1486,45	0,09	0,28	0,08	0,28
<i>biciklogermakrén</i>	26,81	1497,00	1,02	1,13	0,52	1,01
<i>transz-béta-guajén</i>	26,89	1499,04	0,08	0,17	0,11	0,17
<i>α-bulnezén (δ-guajén)</i>	27,16	1506,00	4,30	4,23	3,26	4,75
<i>β-bizabolén</i>	27,23	1508,25		0,05	0,06	
<i>cisz-γ-kadinén</i>	27,49	1515,00	4,27	4,66	2,99	4,84
<i>δ-kadinén</i>	27,8	1523,93	0,46	0,60	0,27	0,57
<i>10-epi-kubenol</i>	28,16	1534,00		0,24	0,10	0,18
<i>ledol</i>	29,51	1570,96	0,06	0,12		
<i>spatulénol</i>	29,98	1584,00	0,44	1,01	0,42	0,71
<i>viridiflorol</i>	30,49	1598,05		0,05	0,08	
<i>1,10-di-epi-kubenol</i>	31,36	1621,00	0,58	1,17	0,73	1,22
<b>tau-kadinol</b>	<b>32,31</b>	<b>1645,61</b>	<b>8,76</b>	<b>11,94</b>	<b>8,20</b>	<b>13,63</b>
<i>β-eudezmol</i>	32,59	1652,82		0,14	0,12	0,21
<i>α-kadinol</i>	32,77	1657,64	0,21	0,44	0,24	0,42
<i>α-bizabolol</i>	33,84	1685,62		0,09	0,05	
<b>Összesen:</b>			<b>99,94</b>	<b>99,50</b>	<b>99,89</b>	<b>99,83</b>

Jelmagyarázat: RT=retenciós idő, LRI= lineáris retenciós index.

9. sz. melléklet A klímakamrában nevelt *S. hortensis* 'Budakalászi' fajta illóolaj összetételének változása az eltérő vízellátottság hatására (Fitotron, 2008)

Komponens	RT	LRI	K	S1	S2
$\alpha$ -tujén	5,31	928,14	0,19	0,43	0,33
$\alpha$ -pinén	5,48	934,88	0,16	0,43	0,45
szabinén	6,52	976,10		0,19	0,15
$\beta$ -mircén	6,99	994,73	0,30	0,64	0,52
$\alpha$ -terpinén	7,79	1019,28	1,64	2,48	2,24
cimol	8,09	1027,95	1,15	1,45	1,62
limonén	8,19	1030,84		0,10	
$\gamma$ -terpinén	<b>9,20</b>	<b>1060,02</b>	<b>32,43</b>	<b>37,44</b>	<b>36,05</b>
<b>karvakrol</b>	<b>19,37</b>	<b>1317,71</b>	<b>64,14</b>	<b>56,69</b>	<b>58,55</b>
kariofillén	23,68	1422,97		0,13	
<b>Összesen</b>			100,01	99,98	99,91

Jelmagyarázat: RT=retenciós idő, LRI= lineáris retenciós index, K= TVK 70 %-a, S1= TVK 50 %-a, S2= TVK 30 %-a.

10. sz. melléklet A klímakamrában nevelt *S. hortensis* 'Budakalászi' fajta illóolaj összetételének változása az eltérő vízellátottság hatására (Fitotron, 2009)

Komponens	RT	LRI	K	S1	S2
$\alpha$ -tujén	5,31	928,14	0,98	0,88	0,43
$\alpha$ -pinén	5,48	934,88	1,09	1,00	0,61
$\beta$ -pinén	6,64	980,86	0,58	0,57	0,47
$\beta$ -mircén	6,99	994,73	1,14	1,15	0,89
$\alpha$ -fellandén	7,43	1008,87	0,18	0,17	0,12
$\alpha$ -terpinén	7,79	1019,28	3,04	2,78	2,26
cimol	8,09	1027,95	3,57	4,42	5,09
limonén	8,19	1030,84	0,29	0,30	0,26
$\gamma$ -terpinén	<b>9,20</b>	<b>1060,02</b>	<b>30,88</b>	<b>31,45</b>	<b>29,85</b>
<b>karvakrol</b>	<b>19,37</b>	<b>1317,71</b>	<b>57,26</b>	<b>56,28</b>	<b>59,04</b>
karvakrol-acetát	22,04	1382,00	0,34	0,35	0,34
kariofillén	23,68	1422,97	0,65	0,61	0,61
$\alpha$ -humulén	25,07	1457,78	0,03		
$\beta$ -bizabolén	27,23	1509,00		0,06	0,06
<b>Összesen:</b>			100,00	100,00	99,98

Jelmagyarázat: RT=retenciós idő, LRI= lineáris retenciós index, K= TVK 70 %-a, S1= TVK 50 %-a, S2= TVK 30 %-a.

11. sz. melléklet A klímakamrában nevelt *S. hortensis* 'Budakalászi' fajta illékony komponenseinek változása az eltérő vízellátottság hatására (Fitotron, SPME, 2009)

Komponens	RT	LRI	K	S1	S2
<i>α</i> -tujén	5,31	928,14	2,56	2,31	1,71
<i>α</i> -pinén	5,48	934,88	5,14	5,14	4,73
kamfén	5,87	95	0,07	0,10	0,13
szabinén	6,52	976,10	0,38	0,39	0,37
<i>β</i> -pinén	6,64	980,86	3,75	3,71	4,17
<i>β</i> -mircén	6,99	994,73	1,97	1,68	2,38
<i>α</i> -fellandrén	7,43	1008,87	0,52	0,49	0,51
<i>α</i> -terpinén	7,79	1019,28	7,12	6,24	7,05
cimol	8,09	1027,95	14,77	14,61	5,77
limonén	8,19	1030,84	0,88	0,82	0,92
(E)-ocimol	8,85	1049,91	0,06	0,06	0,15
<i>γ</i> -terpinén	9,20	1060,02	55,71	49,65	61,82
karvakrol-metiléter	16,61	1236,00		0,05	0,66
karvakrol	19,37	1317,71	5,26	8,61	5,11
karvakrol-acetát	22,04	1382,00	0,11	0,04	0,68
kariofillén	23,68	1422,97	1,50	5,74	3,55
<i>α</i> -humulén	25,07	1457,78		0,05	
<i>β</i> -bizabolén	27,23	1509,00	0,10	0,29	0,29
<b>Összesen:</b>			99,91	99,96	100,00

Jelmagyarázat: RT=retenciós idő, LRI= lineáris retenciós index, K= TVK 70 %-a, S1= TVK 50 %-a, S2= TVK 30 %-a.

12. sz. melléklet A klímakamrában nevelt *S. hortensis* 'Budakalászi' fajta illóolaj összetételének változása az eltérő vízellátottság hatására (Fitotron, 2010)

Komponens	RT	LRI	K	S1	S2
<i>α</i> -tujén	5,31	928,14	0,88	0,63	0,50
<i>α</i> -pinén	5,56	938,00	0,90	0,59	0,60
<i>β</i> -pinén	6,64	980,86	0,50	0,32	0,42
<i>β</i> -mircén	6,99	994,73	1,22	1,06	0,98
<i>α</i> -fellandrén	7,43	1008,21	0,22	0,17	0,15
<i>α</i> -terpinén	7,79	1017,83	3,20	2,65	2,42
<i>p</i> -cimol (para)	8,09	1025,86	2,45	2,67	3,50
limonén	8,19	1028,53	0,34	0,30	0,31
<i>γ</i> -terpinén	9,20	1055,53	32,30	29,67	30,06
transz-szabinén-hidrát	9,73	1069,71			0,03
terpinén-4-ol	13,96	1174,81			0,02
timol	18,81	1290,28			0,02
karvakrol	19,20	1299,53	56,66	60,65	59,82
karvakrol-acetát	22,04	1377,26	0,07	0,10	0,03
béta-kariofillén	23,68	1419,95	0,90	0,81	0,76
<i>β</i> -bizabolén	27,23	1508,25	0,32	0,39	0,38
<b>Összesen:</b>			99,93	100,00	100,00

Jelmagyarázat: RT=retenciós idő, LRI= lineáris retenciós index, K= TVK 70 %-a, S1= TVK 50 %-a, S2= TVK 30 %-a.

13. sz. melléklet A szabadföldön nevelt *S. hortensis* 'Budakalászi' fajta illóolaj összetételének változása a kiegészítő öntözés hatására (Soroksár, 2009)

Komponens	RT	LRI	2008		2009		2010	
			Öntözött	Öntözetlen	Öntözött	Öntözetlen	Öntözött	Öntözetlen
<i>α-tujén</i>	5,31	928,14	0,51	0,69	0,64	0,75	0,72	0,60
<i>α-pinén</i>	5,48	934,88	0,87	1,14	1,17	1,47	0,71	0,65
kamfén	5,95	952,00					0,03	0,00
<i>β-pinén</i>	6,64	980,86	0,38	0,49	0,61	0,69	0,34	0,28
<i>β-mircén</i>	6,99	994,73	0,96	1,13	1,21	1,42	1,27	1,05
<i>α-fellandré</i> n	7,43	1008,87	0,15	0,17	0,20	0,23	0,21	0,15
delta-3-karén	7,55	1011,00					0,03	0,00
<i>α-terpinén</i>	7,79	1019,28	2,49	2,92	3,27	3,43	2,92	2,65
cimol	8,09	1027,95	5,67	6,03	3,24	3,86	3,19	3,27
limonén	8,19	1030,84	0,31	0,31	0,34	0,40	0,36	0,28
( <i>E</i> )-ocimol	8,85	1046,18					0,04	0,00
<b><i>γ-terpinén</i></b>	9,20	1060,02	<b>30,05</b>	<b>34,85</b>	<b>35,76</b>	<b>34,96</b>	<b>28,83</b>	<b>31,37</b>
transz-szabinén-hidrát	9,73	1069,71					0,12	0,00
<i>α-terpinolén</i>	10,29	1084,68					0,03	0,00
linalool	10,76	1097,25					0,10	0,00
terpinén-4-ol	13,96	1174,81					0,05	0,00
timol	18,81	1290,28					0,04	0,00
<b>karvakrol</b>	19,37	1317,71	<b>57,52</b>	<b>51,57</b>	<b>50,97</b>	<b>50,74</b>	<b>59,90</b>	<b>59,18</b>
karvakrol-acetát	22,04	1382,00	0,17	0,16	1,63	1,06		
<i>béta-kariofillén</i>	23,68	1419,95			0,83	0,82	0,86	0,46
<i>kariofillén</i>	23,68	1422,97	0,92	0,54				
<i>β-bizabolén</i>	27,23	1508,25			0,13	0,17	0,22	0,08
<b>Összesen:</b>			100,00	100,00	100,00	100,00	99,95	100,00

Jelmagyarázat: RT=retenciós idő, LRI= lineáris retenciós index.

14. sz. melléklet A konténerben nevelt *S. hortensis* 'Budakalászi' fajta illóolaj összetételének változása a kiegészítő öntözés hatására (Konténeres kísérlet, 2010)

Komponens	RT	LRI	Öntözött	Öntözetlen
<i>α-tujén</i>	5,31	928,14	0,71	0,60
<i>α-pinén</i>	5,56	938,00	1,35	1,00
kamfén	5,95	952,00		0,02
<i>β-pinén</i>	6,64	980,86	0,69	0,59
<i>β-mircén</i>	6,99	994,73	1,23	1,18
<i>α-fellandré</i> n	7,43	1008,21	0,18	0,19
<i>α-terpinén</i>	7,79	1017,83	3,15	3,06
<i>p-cimol (para)</i>	8,09	1025,86	3,34	3,38
limonén	8,19	1028,53	0,35	0,35
<b><i>γ-terpinén</i></b>	<b>9,20</b>	<b>1055,53</b>	<b>36,67</b>	<b>34,00</b>
transz-szabinén-hidrát	9,73	1069,71	0,04	0,10
<b>karvakrol</b>	<b>19,20</b>	<b>1299,53</b>	<b>51,44</b>	<b>54,68</b>
<i>béta-kariofillén</i>	23,68	1419,95	0,79	0,65
<i>β-bizabolén</i>	27,23	1508,25	0,09	0,20
<b>Összesen:</b>			100,00	99,97

Jelmagyarázat: RT=retenciós idő, LRI= lineáris retenciós index.

## 10. KÖSZÖNETNYLVÁNÍTÁS

Köszönettel tartozom témavezetőmnek, *Zámboriné Dr. Németh Évának*, a kutatásban és munkában nyújtott segítségéért, valamint az éveken át tartó türelméért.

Köszönöm Bernáth Jenő Professzor Úrnak, hogy a kutatói pályán elindított és munkánk kezdetén megteremtette a kutatás feltételeit.

Külön köszönettel tartozom Dr. Inotai Katalinnak, akivel „*stresszes*” kísérleteinket közösen kezdtük és fejeztük be: tématársakként.

A szabadföldi kísérletek sikeres lebonyolítása a Soroksári Kísérleti Üzem dolgozói nélkül nem valósulhatott volna meg, így hálás köszönettel tartozom munkájukért, segítségükért.

Az illóolaj-tartalom és összetétel meghatározásáért hálás vagyok Ruttner Klárának és Dr. Tavaszi-Sárosi Szilviának.

Az adatok statisztikai értékelésében nyújtott önzetlen segítségért hálával tartozom Dr. Ladányi Mártának.

A növények feldolgozásában nyújtott segítségért hálás vagyok egykori hallgatóimnak: Kiss Eszternek és Iman Seyed Mirmazlounnak.

A Növényélettan és Növényi Biokémia-, valamint a Szőlőtermesztési Tanszékeknek a műszerek rendelkezésemre bocsátásáért köszönettel tartozom.

Végül, de nem utolsó sorban nagy hálával tartozom a családomnak, akik mindig támogattak és türelemmel viselték, amikor dolgoztam.

A munka az OTKA K68550 számú projekt támogatásával készült.